



Penggunaan Kombinasi Bicomat dan Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi pada Tanah Pasca Galian-C

**Retno Wilujeng*, Widowati, Lea Kristiani, Imanuel Casparov Nenco,
Yurike Kurnia Sari Taba Leku, Yosep Lende**

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tribhuwana Tunggadewi,
Jln. Telaga Warna, Tlogomas Malang 65144, **Indonesia**

*Corresponding author: retno.wilujeng@unitri.ac.id

ABSTRACT

The Use of a Combination of Bicomat and Organic Fertilizer on the Growth of Mustard Plants in Post-C Excavation Soil. This study aims to evaluate the effect of the combination of bicomat (biochar coated humate) and organic fertilizer on the growth and yield of mustard greens (*Brassica juncea* L.). The study was conducted at the Green House-Science Techno Park, Tribhuwana Tunggadewi University, Malang, in October-December 2024. Post-mining C soil was combined with bicomat (biochar coated humate) and organic fertilizer tithonia/silkworms, which were divided into 5 treatment combinations, then planted with mustard greens. Plant height (4 weeks after planting), root length (4 weeks after planting), number of leaves (1-4 weeks after planting), and wet-dry weight after harvest were observed. The results showed that the application of the combination of bicomat and organic matter had a significant effect on the parameters of plant height, number of leaves, and wet-dry weight of mustard greens. The B2PT2 treatment (Bicomat 20t/ha+300g tithonia compost fertilizer) increased the growth results and the highest yield (plant height 4 weeks after planting, number of leaves, and dry weight) and the B1PU1 treatment (Bicomat 10t/ha+200g silkworm manure) increased the fresh weight yield of mustard greens.

Keywords: bicomat, kompos tithonia, pupuk ulat sutra, tanah galian C, sawi

PENDAHULUAN

Pertanian memegang peranan penting dalam perekonomian Indonesia, khususnya dalam hal penyediaan bahan pangan. Salah satu komoditas sayuran yang cukup banyak dibudidayakan adalah sawi. Sawi (*Brassica juncea* L.) merupakan tanaman hortikultura berumur pendek yang termasuk dalam famili *cruciferae* (Mardhiana *et al.*, 2018; Bhoki *et al.*, 2021). Bagian tanaman yang biasa dimanfaatkan adalah daun atau bunganya,

baik dalam keadaan segar maupun setelah diolah. Produksi sawi Kota Malang dan Batu mencapai 10,1 ton (Badan Pusat Statistik Kota Batu, 2023; Badan Pusat Statistik Kota Malang, 2023). Kebutuhan terhadap tanaman sawi terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya asupan gizi sehingga diperlukan upaya peningkatan produksi tanaman sawi guna memenuhi permintaan pasar (Mardhiana

et al., 2018). Data konsumsi pangan Kota Malang tahun 2023 menunjukkan peningkatan skor mutu Pola Pangan Harapan (PPH) (9,33 menjadi 9,47) dengan kenaikan energi, protein, serta konsumsi sayur dan buah sebesar 6 Kalori/kapita/hari.

Namun demikian, luas lahan subur untuk pertanian terus mengalami penurunan akibat alih fungsi lahan menjadi kawasan non-pertanian (Anggraini *et al.*, 2020), seperti pembangunan infrastruktur (Karini, 2013), maupun aktivitas pertambangan, termasuk lahan bekas Galian-C (Atmojo, 2006). Badan Pusat Statistik (2024), menyatakan luas lahan pertanian lahan kering menurun luasannya 15% dari tahun sebelumnya, sedangkan luasan lahan pertambangan meningkat 3% dari tahun sebelumnya. Berdasarkan peraturan pemerintah No. 37 Tahun 1960, bahan galian di Indonesia dibedakan menjadi tiga golongan: Golongan A, (bahan galian strategis seperti minyak bumi, gas alam, batubara, nikel, dan timah), Golongan B (bahan galian vital seperti tembaga, emas dan besi), serta Golongan C (bahan galian yang tidak strategis dan tidak vital, seperti fosfat, batu permata, bentonit, pasir kuarsa, granit, pasir, batu kapur dan marmer). Hal ini menunjukkan pemulihan lahan pasca tambang untuk pertanian penting untuk dilakukan.

Untuk memulihkan kesuburan lahan khususnya lahan pasca tambang, penggunaan bahan organik menjadi salah satu solusi. Bahan organik seperti biochar, humus dan pupuk kompos/kandang dapat memperbaiki kualitas tanah (Antonius *et al.*, 2018). Biochar telah menunjukkan potensinya untuk meningkatkan retensi air dan nutrisi tanah (Widowati *et al.*, 2025). Hasil penelitian Wilujeng *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa penambahan kombinasi biochar-kompos tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan fungi pelatur fosfat (FPF) dapat meningkatkan berat kering tanaman jagung 123% dibanding kontrol pada tanah Ultisol. Bicomat merupakan biocar yang dimodifikasi dengan

asam humat dan berfungsi untuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air, serta menyediakan unsur hara makro dan mikro (Hamzah *et al.*, 2021). Sementara itu, pupuk kompos dan atau pupuk kandang berfungsi sebagai sumber bahan organik yang kaya nutrisi dan mikroorganisme aktif yang mempercepat proses dekomposisi di dalam tanah (Rahmawati *et al.*, 2023; Simanungkalit *et al.*, 2006). Anggota keluarga *Asteraceae*, *tithonia* adalah gulma agresif tahunan yang tumbuh hingga ketinggian sekitar 2,5 m dan dapat beradaptasi dengan sebagian besar tanah (Olabode *et al.*, 2007). Kompos *tithonia* kaya akan nitrogen dan cepat terurai sehingga cocok untuk menunjang pertumbuhan tanaman (Lestari, 2016). Sementara itu, pupuk limbah ulat sutra mengandung bahan organik stabil dan mikroorganisme aktif yang mendukung kesuburan tanah secara berkelanjutan. Penggunaan pupuk limbah ulat sutra cair dengan pupuk anorganik NPK pelangi dapat meningkatkan hasil tanaman kedelai varietas sebesar 31,4% lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (Idaryani *et al.*, 2018). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemberian kompos dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi (Atari, 2016). Kombinasi antara kompos dengan asam humat juga terbukti efektif dalam meningkatkan tinggi tanaman sawi hijau (Saptiningsih *et al.*, 2024). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kombinasi bicomat (*biochar coated humate*) dan bahan organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.).

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Green House-*Science Techno Park* Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang pada Oktober-Desember 2024. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Tanah & Agronomi Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang. Sampel tanah galian C, dan tanah ambil di Trail Alas Babat Krajan, Dusun Ketindan Kecamatan

Lawang, Kota Malang, Jawa Timur dengan koordinat: 7° 50' 0,50" LS - 7112° 40' 53,61" BT dengan kedalaman olah 10 cm. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan menggunakan 5 perlakuan dan 3 ulangan (Tabel 1).

Tanah pasca Galian-C dikeringkan lolos ayak 2 mm, dan timbang masing-masing 4 kg. tanah kemudian dicampur kedalam polybag, ditambahkan bicomat dan bahan organik sesuai perlakuan, didiamkan selama 1 minggu dan dijaga kelembabannya. Benih tanaman sawi varietas Tosakan disemai selama 2 minggu. Pada saat *transplanting*, dilakukan pemberian pupuk dasar 150 kg/ha

N dengan pupuk ZA, P₂O₅ 150 kg/ha menggunakan pupuk SP36, K 100 kg/ha menggunakan pupuk KCl. Kandungan hara bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Pengamatan parameter pertumbuhan tanaman dilakukan seperti: tinggi tanaman (4 mst), panjang akar (4 mst), dan jumlah daun (1-4 minggu setelah *transplanting*/mst). Saat panen dilakukan pengamatan berat basah dan berat kering. Data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan selanjutnya akan di uji dengan menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dan uji lanjut beda nyata terkecil (BNT) taraf 5%.

Tabel 1. Perlakuan kombinasi Bicomat dan Pupuk

Kode	Deskripsi Perlakuan
PO	Kontrol(Tanpa bicomat dan pupuk)
B1PU1	Bicomat 10t/ha+Pupuk kandang ulat sutra 200g
B1PT1	Bicomat 20t/ha+Pupuk kompos tithonia 200g
B2PU2	Bicomat 20t/ha+Pupuk kompos ulat sutra 300g
B2PT2	Bicomat 20t/ha+Pupuk kompos tithonia 300g

Tabel 2. Karakteristik kimia bahan penelitian

Karakteristik	Tanah pasca Galian C*	Kompos ulat sutra	Kompos tithonia	Bicomat**
pH	5,66 (am)	8,18 (a)	8,7 (sa)	6,9 (n)
Total N (%)	0,18 (r)	5,92 (st)	1,47 (st)	0,68 (t)
Total-P (mg/100 g)	0,02 (sr)	260 (st)	440 (st)	700 (st)
Total K (mg/100g)	0,007 (sr)	2.650 (st)	830 (st)	400 (st)
C-Organik (%)	0,75 (sr)	7,70 (st)	24,4 (st)	7,69 (st)

Sumber: * Dea *et al.*, 2025, ** Hamzah & Priyadarshini 2023. Keterangan: st=sangat tinggi, t= tinggi, s= sedang, r=rendah, sr= sangat rendah, sa= sangat alkalis, a=alkalis, n= netral, m= masam, sm= sangat masam. Kriteria berdasarkan Eviati *et al.*, (2023).

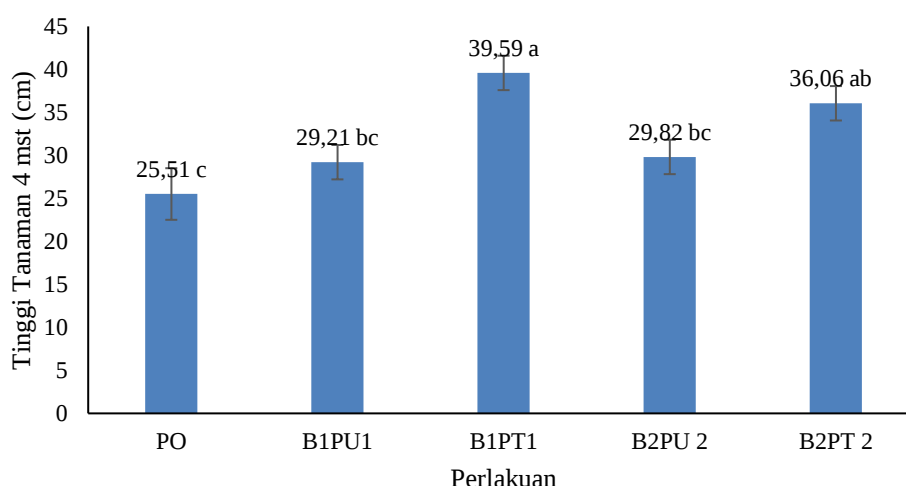
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Hasil uji BNT pada taraf 5% menunjukkan bahwa pemberian kombinasi bicomat dan pupuk organik berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman sawi 4 mst. Perlakuan B1PT1 berbeda nyata terhadap semua perlakuan sedangkan perlakuan P0 berbeda nyata dengan perlakuan-perlakuan berbasis bicomat-pupuk organik. Perlakuan B1PU2 dan B2PU2 menunjukkan hasil serupa (tidak berbeda nyata) namun lebih baik daripada perlakuan kontrol (Gambar 1). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan B1PT1 (bicomat 20 t/ha + pupuk kokmpos tithonia 200g) memberikan rata-rata tertinggi tanaman sawi (39,59 cm) pada 4 minggu setelah transplanting (mst), diikuti oleh B2PT 2 (36,06 cm) sedangkan perlakuan terendah didapatkan pada perlakuan kontrol (P0) yaitu 25,5 cm. Visual tanaman sawi ditunjukkan pada Gambar 2.

Tingginya pertumbuhan tanaman setelah 4 MST pada perlakuan B1PT1 diduga kuat karena adanya kombinasi bicomat 10 t /ha dengan kompos tithonia mampu

memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah secara optimal pada awal pertumbuhan. Biochar coated humate (bicomat) memiliki kemampuan meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) dan ketersediaan unsur hara, sementara kompos tithonia dikenal dengan mengandung hara makro-mikro dalam jumlah tinggi, terutama nitrogen dan kalium yang penting untuk fase vegetatif tanaman. Bicomat mampu melepaskan ikatan ion dalam tanah melalui asam-asam organik, terutama asam humat, sehingga unsur hara menjadi tersedia dan mudah diserap oleh tanaman (Hamzah *et al.*, 2021). Biomassa daun hijau tithonia memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, rata-rata sekitar 3,5% N, 0,37% P dan 4,1% K pada bahan kering (Jama *et al.*, 2000). Hal ini memberikan dukungan yang lebih baik terhadap pertumbuhan awal tanaman dibandingkan dengan pupuk ulat sutra. Aplikasi biochar maupun biochar yang dikombinasikan dengan pemupukan N dapat digunakan untuk memperbaiki parameter serapan tanah pada tanah masam (Šimanský *et al.*, 2018).



Gambar 1. Tinggi tanaman sawi 4 mst (cm)



Gambar 2. Visual tanaman sawi 4 mst

Perbedaan respon tanaman terhadap jenis pupuk kompos mengindikasikan bahwa kompos tithonia lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan awal dibandingkan pupuk kandang ulat sutra. Kemungkinan ini disebabkan oleh kandungan nutrisi tithonia yang lebih mudah terdekomposisi dan cepat tersedia bagi tanaman. Sumber P organik seperti Tithonia dapat memainkan peran penting dalam memasok P ke tanaman yang sedang tumbuh (Olabode *et al.*, 2007). Łochyńska & Frankowski (2019) mencatat bahwa periode vegetasi yang lebih panjang memainkan peran penting dalam peningkatan hasil karena penggunaan kotoran ulat sutra.

Interaksi antara bicomat dan jenis pupuk kompos juga berpengaruh pada penelitian ini. Perlakuan B1PT1 (10 t/ha bicomat+200 g kompos tithonia) menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan B2PT2 (20 t/ha bicomat+300 g kompos tithonia). Meskipun sama-sama menggunakan pupuk kompos tithonia, menunjukkan bahwa dosis pupuk yang terlalu tinggi belum tentu lebih efektif. Ini menunjukkan pentingnya kombinasi dosis yang seimbang antara pembenah tanah dan pupuk organik untuk memaksimalkan pertumbuhan tanaman. Pemakaian pupuk

yang terlalu banyak atau tidak sesuai dapat merusak kualitas tanah, hal ini bisa menimbulkan ketidakseimbangan zat hara, seperti penumpukan unsur nitrogen dan fosfor dalam jumlah berlebih (zheng *et al.*, 2024). Hasil ini sejalan dengan Agus *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa perlakuan bahan amelioran dengan dosis lebih tinggi tidak menyebabkan peningkatan tinggi dan diameter tanaman Kemiri sunan di Daerah Pasca Tambang Timah Tropis Pulau Bangka.

Panjang Akar

Panjang akar menunjukkan luas bidang penyerapan, sehingga semakin panjang akar maka semakin optimal penyerapan air dan unsur hara (Wahidurromdloni *et al.*, 2025). Pemberian bicomat dan bahan organik berpengaruh nyata terhadap panjang akar tanaman sawi 4 mst pada tanah pasca galian C (Gambar 3). Perlakuan B2PT2 (20 t/ha bicomat+300 g kompos tithonia) menunjukkan hasil tertinggi dengan rata-rata panjang akar mencapai 12,58 cm. Hasil ini berbeda nyata dibandingkan seluruh perlakuan lainnya, termasuk kontrol (P0) tanpa pemberian pupuk dan bicomat dengan panjang akar 8,68 cm. Sementara itu, perlakuan B1PT1 (10 t/ha bicomat+200 g kompos tithonia) tidak menunjukkan

perbedaan nyata dibanding kontrol yang mengindikasikan bahwa dosis pupuk organik yang belum optimal belum mampu memperbaiki kondisi pertumbuhan akar secara signifikan. Hal ini dikarenakan pupuk organik secara bertahap melepaskan unsur hara ke dalam larutan tanah (Shaji *et al.*, 2021).

Keadaan ini menyebabkan peran bicomat sangat penting karena kombinasi biochar dan humat dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Penerapan biochar ke tanah dapat menciptakan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan tanaman dan penyerapan nutrisi dengan meningkatkan sifat fisikokimia dan biologi tanah, seperti porositas, infiltrasi air, kapasitas menahan air, stabilitas agregat, densitas massal, kekerasan tanah, pH, kapasitas pertukaran kation, dan siklus nutrisi (Kavitha *et al.*, 2018; Adekiya *et al.*, 2020; Kabir *et al.*, 2023). Aplikasi asam humat telah terbukti meningkatkan aktivitas fosfatase oleh mikroorganisme tanah, sehingga meningkatkan solubilisasi P dalam tanah (Sharma *et al.*, 2013).

Kombinasi bicomat dengan kompos, khususnya kompos tithonia menunjukkan efek sinergis dalam memperbaiki kondisi tanah dan mendukung pertumbuhan akar tanaman. Kompos tithonia diketahui memiliki kandungan nitrogen dan fosfor yang tinggi (Jama *et al.*, 2000) dan sangat diperlukan tanaman pada fase awal pertumbuhan (Krouk & Kiba, 2020). Peningkatan dosis bicomat dari 10 t/ha menjadi 20 t/ha memberikan dampak positif terhadap panjang akar sebagaimana terlihat pada perbandingan perlakuan B1PU1 dan B2PU2 maupun B1PT1 dan B2PT2. Ini menunjukkan bahwa pada tanah yang terdegradasi akibat aktivitas galian, diperlukan dosis amelioran yang lebih tinggi untuk mengembalikan fungsi tanah secara optimal. Hasil ini sejalan dengan penelitian Novo *et al.*, (2024) peningkatan panjang akar tanaman sawi India tertinggi ditemui pada perlakuan teknosol (campuran

cangkang kerang, lumpur limbah, sisa kayu dan abu) 50% sebesar 50 % dibandingkan dengan dosis yang lebih rendah (teknosol 25% dan kompos 30%) pada tanah pasca tambang tembaga.

Jumlah Daun

Berdasarkan hasil analisis terhadap jumlah daun diketahui bahwa pemberian kombinasi bicomat dan bahan organik memberikan pengaruh yang nyata hanya pada minggu ke-2 dan minggu ke-4. pada minggu ke-1 dan minggu ke-3 tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan (Gambar 4). pada minggu ke 2, perlakuan B1PU1 dan B1PT1 menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan perlakuan lainnya. Ini menunjukkan bahwa kedua perlakuan tersebut mulai memberikan dampak besar positif terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman sejak fase awal.

Perbedaan ini bisa disebabkan oleh kandungan dari amelioran yang diberikan. Pada fase awal, tanaman membutuhkan unsur N untuk menunjang pertumbuhan (Jiaying *et al.*, 2022). Unsur tersebut dapat disediakan oleh keseluruhan bahan penelitian. Nitrogen yang terdapat dalam molekul asam humat yang tersedia bagi tanaman setelah aplikasi ke dalam tanah (Billingham, 2015). Metabolisme N pada tanaman bergantung pada enzim yang mereduksi bentuk N yang diserap tanaman menjadi produk asimilasi akhir (Ampong *et al.*, 2022).

Pada minggu ke-4 efek penambahan bicomat dan bahan organik semakin terlihat jelas. Perlakuan B2PT2, B1PU1 dan B1PT1 menunjukkan jumlah daun yang lebih tinggi dibandingkan dengan P0 dan B2PU2. diantara perlakuan tersebut, B2PT2 menghasilkan jumlah daun tertinggi, menunjukkan bahwa perlakuan bicomat 20 t/ha ditambah pupuk tithonia memiliki pengaruh jangka panjang yang lebih kuat terhadap pertumbuhan tanaman. Ini bisa disebabkan oleh kandungan hara yang lebih lengkap atau sistem pelepasan

unsur hara yang lebih stabil, sehingga tanaman tetap mendapatkan nutrisi secara konsisten selama fase pertumbuhan. Ketidakseimbangan nutrisi dalam kisaran tertentu akan memengaruhi pertumbuhan tanaman, dan ketidakseimbangan ini dapat berupa defisiensi atau toksisitas nutrisi (Karthika *et al.*, 2018). Hal ini dapat disebabkan oleh kurangnya pasokan nutrisi dari tanah akibat pemberian pupuk atau sumber nutrisi yang tidak tepat, tidak memadai, dan tidak seimbang (Mc Cauley *et al.*, 2011).

Berat basah

Hasil analisis terhadap berat basah tanaman sawi menunjukkan bahwa pemberian *biochar coated humate* (bicomat) dan jenis pupuk organik memberikan pengaruh yang berbeda nyata (Gambar 5). Perlakuan kontrol (P0) yang tidak mendapatkan bicomat dan pupuk organik menghasilkan nilai berat basah (10,43 g). Nilai statistik yang berbeda nyata dari seluruh perlakuan lain menunjukkan bahwa tanah pasca galian-C tanpa penambahan amelioran maupun bahan organik tidak memiliki cukup input untuk meningkatkan akumulasi biomassa tanaman. Proses penambangan dan penggalian seringkali menghilangkan lapisan tanah atas, yang kaya akan bahan organik dan nutrisi penting (Gunathunga *et al.*, 2023). Kondisi ini menghambat pertumbuhan tanaman, yang pada gilirannya memengaruhi biomassa yang dihasilkan saat panen (Li *et al.*, 2021).

Perlakuan B1PU1 dan B1PU2 menunjukkan nilai berat basah yang tinggi, masing-masing 125,12 g dan 91,156 g. Perbedaan berat basah yang cukup besar antara kedua perlakuan menunjukkan adanya variasi kandungan air dalam tanah pada saat pengamatan. Nitrogen berperan terhadap pembentukan organ vegetatif tanaman, sehingga semakin meningkat kandungan nitrogen pada tanaman, maka kandungan air akan meningkat pula (Mariay *et al.*, 2022;

Hidayat *et al.*, 2024). Berat segar tanaman memiliki kaitan dengan kadar air juga ketersediaan kalium pada tanaman karena memiliki pengaruh terhadap tekanan turgor dan osmosis (Hidayat *et al.*, 2024).

Perlakuan B2PT2 memberikan hasil yang paling tinggi pada berat basah (104,85 g). Peningkatan ini diduga oleh adanya sinergi antara dosis bicomat dan pupuk organik yang digunakan. Kandungan lignin yang rendah (16,90%) dan selulosa yang tinggi (52,99%) pada tithonia mempercepat proses dekomposisi dan mineralisasi unsur hara karena mudah melapuk (Gusnidar & Prasetyo, 2008). Penggunaan dosis tithonia dalam perlakuan campuran dengan pupuk P dapat meningkatkan hasil panen 14-28% pada tanaman jagung (Nziguheba *et al.*, 2002).

Berat kering

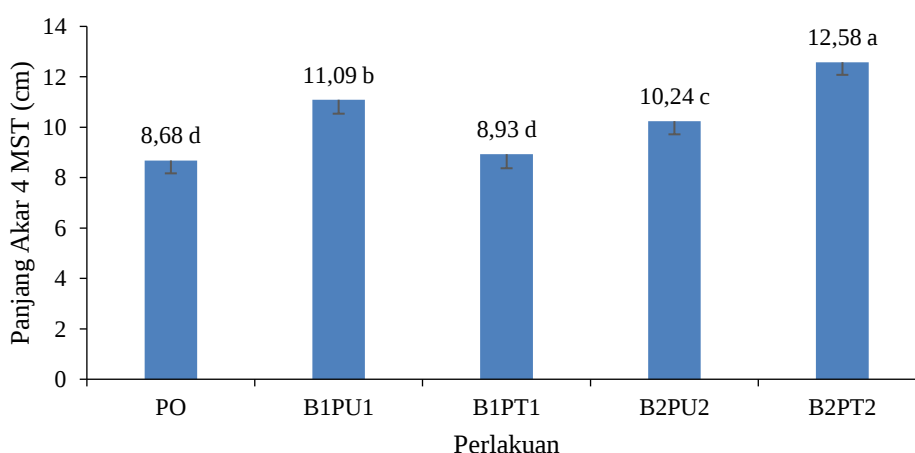
Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian *biochar coated humate* (bicomat) dan jenis pupuk organik memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap berat kering tanaman sawi pada tanah pasca Galian-C (Gambar 6). Perlakuan kontrol (P0) yang tidak mendapatkan bicomat dan pupuk organik menghasilkan nilai berat kering paling rendah (1,33 g). rendahnya nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah pasca tambang yang padat dan miskin hara menghambat perkembangan akar sehingga penyerapan hara dan air yang terbatas, hal tersebut akan mempengaruhi berat kering tanaman.

Perlakuan B1PU1 dan B1PU2 menunjukkan rerata nilai berat kering yang berdekatan (5,76 g dan 5,66 g). Ini menunjukkan bahwa penambahan bicomat dosis rendah (10 t/ha) baik dikombinasikan dengan pupuk ulat sutra maupun tithonia mampu meningkatkan akumulasi biomassa kering dibandingkan kontrol, namun peningkatannya relative sama dan belum signifikan antar keduanya. Kesamaan hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan pupuk

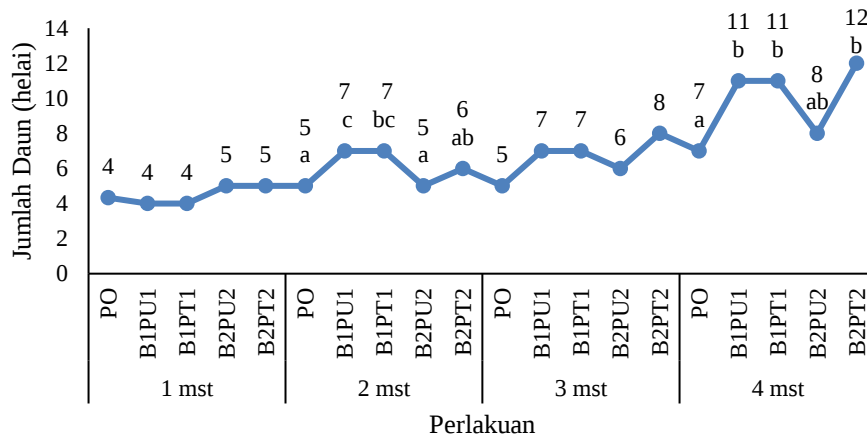
organik sudah melampaui kebutuhan minimal hara tanaman, sehingga tanaman mampu tumbuh dengan baik, namun efek bicomat dosis rendah (10 t/ha) belum cukup kuat untuk membedakan hasil antara kedua jenis pupuk. Tanaman membutuhkan 16 unsur hara esensial dalam jumlah seimbang, dan jika kebutuhan minimal sudah terpenuhi, tambahan hara tidak selalu meningkatkan pertumbuhan yang nyata (Soerso *et al.*, 2021).

Perlakuan B2PT2 memberikan hasil yang paling tinggi pada berat kering (11,013 g). Ini menandakan bahwa kombinasi bicomat dosis tinggi (20 t/ha) dan pupuk kompos tithonia 300 g mampu meningkatkan bobot tanah tidak hanya saat masih mengandung air tetapi juga setelah pengeringan. Ini menandakan adanya sinergi antara biochar dan asam humat yang dicampurkan dalam bicomat. Senyawa humat dalam bicomat berperan dalam kompleksasi kation serta pembentukan struktur tanah yang lebih baik, sehingga mampu mengikat partikel tanah dan bahan organik menjadi massa yang lebih padat dan berat biomassa setelah proses pengeringan (Maffia *et al.*, 2025).

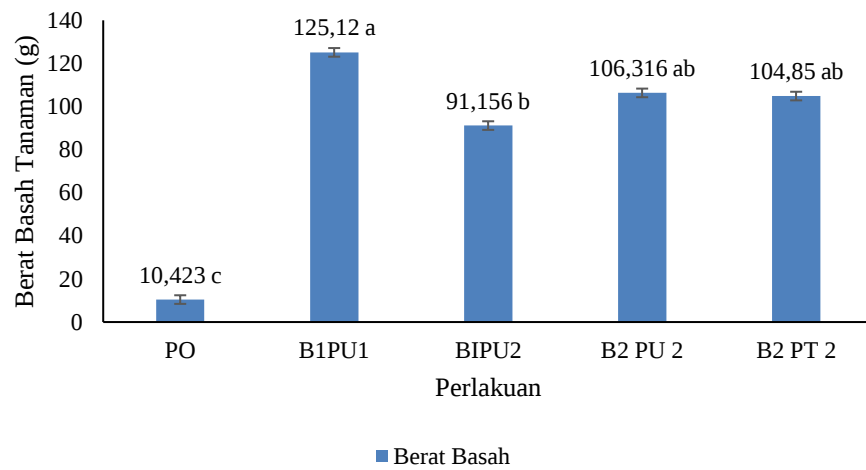
Perlakuan B2PU2 yang menggunakan dosis bicomat dan pupuk ulat sutra yang sama dengan perlakuan B2PT2, menghasilkan berat basah yang relatif tinggi (106,316 g) namun berat kering yang rendah (10,02 g). Ini menunjukkan bahwa peningkatan berat basah tidak diikuti oleh peningkatan berat kering. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh rasio C/N pada pupuk ulat sutra yang rendah (Tabel 2), sehingga mempercepat dekomposisi dan cenderung diserap tanaman pada fase vegetatif (Ikram *et al.*, 2025). Hasil ini sejalan dengan temuan Guo *et al.*, (2023) yang menunjukkan bahwa rasio tangkai (lamina) dan helaian daun terhadap luas helaian daun serta skala penambahan berat kering daun cenderung meningkat seiring pertambahan umur daun. Dengan demikian, dominasi biomassa berair pada daun dan batang muda dalam penelitian ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan tanaman lebih banyak terjadi pada fase awal vegetatif, sebelum terbentuknya jaringan daun yang lebih padat dan mengandung serat atau lignin sebagaimana ditemukan pada daun yang lebih tua.



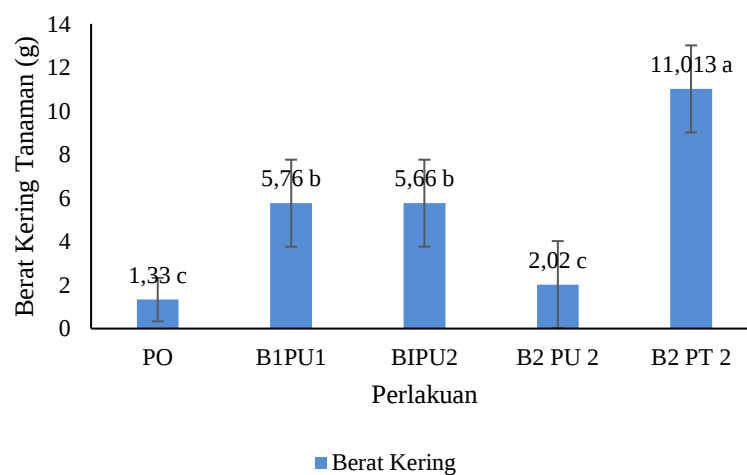
Gambar 3. Panjang akar tanaman sawi 4 mst



Gambar 4. Jumlah daun tanaman sawi



Gambar 5. Berat basah tanaman sawi



Gambar 6. Berat kering tanaman sawi

SIMPULAN

Kombinasi dari bicomat dan pupuk organik telah terbukti secara signifikan meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun tanaman sawi (2 dan 4 mst), bobot basah dan bobot kering pada tanaman sawi. Perlakuan B2PT2 (Bicomat 20t/ha+Pupuk kompos tithonia 300g) meningkatkan hasil pertumbuhan dan hasil tertinggi (tinggi tanaman 4 mst, jumlah daun, dan berat kering) dan perlakuan B1PU1 (Bicomat 10t/ha+Pupuk kandang ulat sutra 200g) meningkatkan hasil berat basah tanaman sawi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Desa Ketindan atas dukungan dan kesediaannya menyediakan tanah pasca tambang Galian C untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adekiya, A. O., Agbede, T. M., Olayanju, A., Ejue, W. S., Adekanye, T. A., Adenusi, T. T., et al. (2020). Effect of biochar on soil properties, soil loss, and cocoyam yield on a tropical sandy loam Alfisol. *Scie World J.* 2020, 1–9. doi:10.1155/2020/9391630
- Agus, C., Wulandari, D., Primananda, E., Hendryan, A., & Harianja, V. (2017, August). The role of soil amendment on tropical post tin mining area in Bangka Island Indonesia for dignified and sustainable environment and life. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 83, No. 1, p. 012030). IOP Publishing.
- Angraini, F., Selpiyanti, S., & Walid, A. (2020). Dampak alih fungsi lahan terhadap degradasi lingkungan: studi kasus lahan pertanian sawah menjadi lahan non pertanian. *Jurnal Swarnabhumi*, 5(2). <https://doi.org/10.31851/swarnabhumi.v5i2.4741>.
- Antonius, S., Sahputra, R. D., Nuraini, Y., & Dewi, T. K. (2018). Manfaat pupuk organik hayati, kompos dan biochar pada pertumbuhan bawang merah dan pengaruhnya terhadap biokimia tanah pada percobaan pot menggunakan tanah Ultisol. *Jurnal Biologi Indonesia*, 14(2), 243-250.
- Ampong, K., Thilakaranthna, M. S., & Gorim, L. Y. (2022). Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. *Frontiers in Agronomy*, 4, 848621.
- Atari, N. (2016). Pengaruh Pupuk Kompos Ub Dan Pupuk Nitrogen Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Sawi Bunga (*Brassica Juncea L.*). (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Atmojo, S. W. (2006). Degradasi lahan & ancaman bagi pertanian. *Solo Pos*, 7, 5-6.
- Badan Pusat Statistik Kota Batu. (2023). Produksi tanaman sayuran dan buah-buahan semusim menurut jenis tanaman di Kota Batu, 2023. <https://batukota.bps.go.id/id/statistics-table/3/VFV4MmQxaG9kakZrVUdWeEx6aDFUMnN6WmpocVp6MDkjMw==/produksi-tanaman-sayuran-dan-buah-buahan-semusim-menurut-jenis-tanaman-di-kota-batu--2023.html>
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. (2023). Produksi tanaman sayuran menurut kecamatan dan jenis tanaman di Kota Malang, 2023. <https://malangkota.bps.go.id/id/statistics-table/3/ZUhFd1JtZzJWVVPqWTJsV05XTllhVmhrSsZFoNFFUMDkjMw==/produksi-tanaman-sayuran-menurut-kecamatan-dan-jenis-tanaman-di-kota-malang--2023.html>
- Badan Pusat Statistik. (2024). Luas penutupan lahan Indonesia di dalam dan di luar kawasan hutan tahun 2014-2023 menurut kelas (ribu ha). Diakses 23 Agustus 2025, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjA4NCMx/luas-penutupan-lahan-indonesia-di-dalam-dan-di-luar-kawasan-hutan-tahun-2014-2023-menurut-kelas-ribu-ha>
- Bhoki, M., Jeksen, J., & Beja, H. D. (2021). Pengaruh pemberian pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi hijau (*Brassica juncea*

- L.). *Jurnal Agro Wiralodra*, 4(2), 64-68.
- Billingham, K. (2015). *Humic products: potential or presumption for agriculture*. NSW Agriculture.
- Dea, C., Handayanto, E. and Wilujeng, R., 2025. Penggunaan Komposisi Arang Sekam Padi dan Pupuk Kandang Kambing Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Tambang Galian C (Thesis, Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tunggadewi).
- Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kota Malang. (2023). Laporan akhir analisis pola konsumsi pangan Kota Malang – Provinsi Jawa Timur tahun 2023. Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kota Malang. <https://dispangtan.malangkota.go.id/wp-content/uploads/sites/15/2024/04/Laporan-Akhir-Analisa-Pola-Konsumsi-Pangan-Kota-Malang-2023.pdf>. (diakses 23 Agustus 2025).
- Eviati., Sulaeman., Herawaty, L., Anggria, L., Usman., Tantika, H.E., Prihatini, R., & Wuningrum, P., 2023. Petunjuk Teknis Edisi 3: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. 3rd ed. Bogor: Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk.
- Gunathunga, S. U., Gagen, E. J., Evans, P. N., Erskine, P. D., & Southam, G. (2023). Anthropedogenesis in coal mine overburden; the need for a comprehensive, fundamental biogeochemical approach. *Science of the Total Environment*, 892, 164515.
- Guo, X., Schrader, J., Shi, P., Jiao, Y., Miao, Q., Xue, J., & Niklas, K. J. (2023). Leaf-age and petiole biomass play significant roles in leaf scaling theory. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1322245.
- Hamzah, A., Priyadarshini, R., & Astutik, A. (2021). Penggunaan Biochar Coated Humat (Bicomat) Untuk Perbaikan Tanah Tercemar Dan Pertumbuhan Tanaman. In *Prosiding Virtual Seminar Rangkaian Milad 44 Perhimpunan Agronomi Indonesia* (pp. 236-243). Unpad Press.
- Hamzah, A., & Priyadarshini, R. (2023). The Use of Humic Acid-Coated Biochar (Bicomat) and Plant Spacing on Paddy Plant Production and the Reduction of Heavy Metal Content. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Agriculture (ICA 2022)* (Vol. 33, p. 29). Springer Nature.
- Hidayat, C., Rachmawati, Y. S., Utami, D. R., Hasani, S., Roosda, A. A., & Chandria, W. (2024). Growth and yield of bok choy (*Brassica rapa* L.) plants in post-rock excavation soils provided with phosphate-solubilizing bacteria and manure. *Kultivasi*, 23(3), 334-344.
- Idaryani, Rauf, A. W., & Amisnaipa. (2018). Pemanfaatan limbah ulat sutera sebagai pupuk hayati dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Dalam *Prosiding Seminar Nasional: Mewujudkan Kedaulatan Pangan melalui Penerapan Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi pada Kawasan Pertanian*. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/8856>
- Ikram, M., Mehran, M., Minhas, A., ur Rehman, H., Bakash, M. Z. M., Khan, M. W., ... & Rasheed, H. (2025). C: N ratio and its importance in developing effective bioenergy crops. In *Forage crops in the bioenergy revolution: from fields to fuel* (pp. 259-276). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Islam, M. D., Price, A. H., & Hallett, P. D. (2021). Contrasting ability of deep and shallow rooting rice genotypes to grow through plough pans containing simulated biopores and cracks. *Plant and Soil*, 467(1), 515-530.
- Jama, B., Palm, C. A., Buresh, R. J., Niang, A. L., Gachengo, C., Nziguheba, G., & Amadalo, B. (2000). *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: a review. *Agroforestry systems*, 49, 201-221. <https://doi.org/10.1023/A:1006339025728>.
- Jiaying, M. A., Tingting, C., Jie, L., Weimeng, F. U., Baohua, F., Guangyan, L., ... & Guanfu, F. (2022). Functions of

- nitrogen, phosphorus and potassium in energy status and their influences on rice growth and development. *Rice Science*, 29(2), 166.
- Kabir, E., Kim, K. H., & Kwon, E. E. (2023). Biochar as a tool for the improvement of soil and environment. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1324533.
- Karini, D., M. (2013). Dampak Alih Fungsi Lahan Persawahan Terhadap Produksi Beras Dalam Rangka Ketahanan Pangan (Studi Kasus di Kabupaten Tangerang). *Jurnal Ketahanan Nasional*, 19(1), 12-18.
- Karthika, K.S., Rashmi, I., Parvathi, M.S. (2018). Biological Functions, Uptake and Transport of Essential Nutrients in Relation to Plant Growth. In: Hasanuzzaman, M., Fujita, M., Oku, H., Nahar, K., Hawrylak-Nowak, B. (eds) *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_1
- Krouk, G., & Kiba, T. (2020). Nitrogen and phosphorus interactions in plants: from agronomic to physiological and molecular insights. *Current opinion in plant biology*, 57, 104-109.
- Lestari, S. A. D. (2016). Pemanfaatan Paitan (*Tithonia diversifolia*) sebagai pupuk organik pada tanaman kedelai: *The advantage of using 'Paitan' as organic manure for soybean*. *Iptek Tanaman Pangan*, 11(1), 35-44.
- Li, X., Cao, J., Huang, J., Xing, D., & Peng, S. (2021). Effects of topsoil removal on nitrogen uptake, biomass accumulation, and yield formation in puddled-transplanted rice. *Field Crops Research*, 265, 108130.s
- Lochyńska, M., & Frankowski, J. (2019). Impact of silkworm excrement organic fertilizer on hemp biomass yield and composition. *Journal of Ecological Engineering*, 20(10), 63-71.
- Maffia, A., Oliva, M., Marra, F., Mallamaci, C., Nardi, S., & Muscolo, A. (2025). Humic substances: Bridging ecology and agriculture for a greener future. *Agronomy*, 15(2), 410.
- Mardhiana, M., Murti laksono, A., & Kapsah, K. (2018). Pengaruh pemberian guano walet terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *J-PEN Borneo: Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(1).
- Mariay, I. F., Segoro, B. I., Amriati, B., & Hussein, R. (2022). Pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda (*Brassica narinosa* L.) akibat pemberian Pupuk Organik Cair Kascing, Papua Nutrient dan MA-11. *Agrotek*, 10(1), 33-43.
- McCauley, A., Jones, C., & Jacobsen, J. (2009). Plant nutrient functions and deficiency and toxicity symptoms. *Nutrient management module*, 9, 1-16.
- Novo, L. A., Covelo, E. F., & González, L. (2013). The use of waste-derived amendments to promote the growth of Indian mustard in copper mine tailings. *Minerals Engineering*, 53, 24-30.
- Nziguheba, G., Merckx, R., Palm, C. A., & Mutuo. (2002). Combining *Tithonia diversifolia* and fertilizers for maize production in a phosphorus deficient soil in Kenya. *Agroforestry systems*, 55, 165-174. <https://doi.org/10.1023/A:1020540411245>.
- Olabode, O. S., Sola, O., Akanbi, W. B., Adesina, G. O., & Babajide, P. A. (2007). Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray for soil improvement. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3(4), 503-507.
- Pemerintah Republik Indonesia. (1960). *Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 37 Tahun 1960 tentang Pertambangan*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1960 Nomor 119, Tambahan Lembaran Negara Nomor 2055. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/53563/perpu-no-37-tahun-1960>
- Prasetyo, T. B. (2008). Pemanfaatan *Tithonia Diversifolia* pada Tanah Sawah yang Dipupuk P Secara Starter terhadap Produksi serta Serapan Hara N, P, dan K Tanaman Padi. *Journal of Tropical Soils*, 13(3), 209-216.
- Rahmawati, T. D., Zainabun, Z., & Khalil, M. (2023). Pengaruh Pemberian Kompos Paitan (*Tithonia diversifolia*) dan

- Pupuk Kandang Kotoran Kambing terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung Manis (*Zea mays*) pada Tanah Andisol di Kecamatan Atu Lintang Kabupaten Aceh Tengah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(2), 444-452.
- Saptiningsih, E., Kurnianto, I. Z., & Suedy, S. W. A. (2024). Pengaruh Aplikasi Kompos dan Asam Humat Terhadap Produktivitas Tanah Pasir dan Pertumbuhan Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 9(1)
- Shaji, H., Chandran, V., & Mathew, L. (2021). Organic fertilizers as a route to controlled release of nutrients. In *Controlled release fertilizers for sustainable agriculture* (pp. 231-245). Academic Press.
- Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H., & Gobi, T. A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*, 2(1), 587.
- Šimanský, V., Horák, J., Igaz, D., Balashov, E., & Jonczak, J. (2018). Biochar and biochar with N fertilizer as a potential tool for improving soil sorption of nutrients. *Journal of Soils and Sediments*, 18, 1432-1440. <https://doi.org/10.1007/s11368-017-1886-y>.
- Simanungkalit, R. D. M., Suriadikarta, D. A., Saraswati, R., Setyorini, D., & Hartatik, W. (2006). Pupuk organik dan pupuk hayati. *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor*, 312
- Soeroso, B., Wijaya, I., Widiarti, W., Wahyudi, I., & Oktarina, O. (2021). Manajemen Nutrisi Si Dalam Peningkatan Pertumbuhan Dan Ketahananalami Tanaman Jagung (*Zea Mays*) Pada Berbagai Kondisi Media Tanah. *Agrotrop*, 19(2), 107-120. <https://doi.org/10.32528/agrotrop.v19i2.5993>.
- Valentine, T. A., Hallett, P. D., Binnie, K., Young, M. W., Squire, G. R., Hawes, C., & Bengough, A. G. (2012). Soil strength and macropore volume limit root elongation rates in many UK agricultural soils. *Annals of botany*, 110(2), 259-270.
- Wahidurromdloni, F., Budiastuti, S., & Theresia, M. (2025). Effectiveness of organic fertilizer on root performance and nutrient uptake of soybean in agroforestry system. *Journal of Ecological Engineering*, 26(4).
- White, R. G., & Kirkegaard, J. A. (2010). The distribution and abundance of wheat roots in a dense, structured subsoil—implications for water uptake. *Plant, cell & environment*, 33(2), 133-148.
- Widowati., Pudjiastuti, A. Q., Praseyorini, L., Wilujeng, R., & Cahya, U. T. W. (2025). Optimizing the application of biochar to improve irrigation efficiency and enhance the growth of chili plants in loam soil. *Journal of Ecological Engineering*, 26(1).
- Wilujeng, R., Ichriani, G. I., Fahrunsyah, F., Nuraini, Y., & Handayanto, E. (2020). The possible use of coal fly ash and phosphate-solubilizing fungi for improving the availability of P and plant growth in acid soil. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 8(1), 2471.
- Zheng, X., Wei, L., Lv, W., Zhang, H., Zhang, Y., Zhang, H., & Zhang, W. (2024). Long-term bioorganic and organic fertilization improved soil quality and multifunctionality under continuous cropping in watermelon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 359, 108721.