

Pengaruh Kompos Limbah Pertanian terhadap Populasi *Azotobacter* sp., C-Organik, N-Total, Serapan-N, dan Hasil Pakcoy pada Tanah Inceptisol Jatinangor

Mieke Rochimi Setiawati^{1*}, Camilla Salsabilla², Pujawati Suryatmana¹, Reginawanti Hindersah¹, dan Nadia Nuraniya Kamaluddin¹

¹Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21, Kampus Jatinangor, Jatinangor 45363

*Alamat korespondensi: m.setiawati@unpad.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 23-06-2022	
Direvisi: 29-07-2022	The Effect of Agricultural Waste Compost on <i>Azotobacter</i> sp. Population, C-organic, Total-N, N-Uptake, and Pakcoy Yield of Inceptisol Jatinangor
Dipublikasi: 12-08-2022	
Keywords: Agricultural waste compost, <i>Azotobacter</i> , C-organic, N-uptake, Pakcoy, Total-N	The use of agricultural land with less optimal nutrient status can inhibit plant growth, so it is necessary to add nutrients to the soil without causing environmental problems. One way that can be done is to provide organic fertilizer as compost. The abundant volume of agricultural waste can be used as raw material for compost. This study aimed to determine the effect of various types of agricultural waste compost with different dose levels on the population of <i>Azotobacter</i> sp., C-organic, N-total, N-uptake, and yield of pakcoy (<i>Brassica rapa</i> L.) on Inceptisol Jatinangor soil. The research was carried out in the greenhouse of Ciparanje, Jatinangor District using a randomized block design with ten treatments and three replications. The treatments consisted of control and three dose levels of each type of composts. The types of compost used were rice straw, sugar cane bagasse, and oil palm empty fruit bunches composts. The results showed that the application of agricultural waste compost had a significant effect on the total population of <i>Azotobacter</i> sp. and pakcoy yield. Meanwhile, the C-organic, N-total and N-uptake did not differ significantly between treatments and control. Application rice straw compost 20 tons/ha was the best treatment in producing 130.97 g of fresh weight with 8.46 g of dry weight per pakcoy plant. Utilization of agricultural waste can be an environmentally friendly alternative in increasing the yield of pakcoy plants, although the results of this study had no significant effect on C and N.
Kata Kunci: <i>Azotobacter</i> , C-organik, Kompos limbah pertanian, N-total, Pakcoy, Serapan-N	Penggunaan lahan pertanian dengan status hara kurang optimal dapat menghambat pertumbuhan tanaman, sehingga perlu upaya penambahan unsur hara ke dalam tanah tanpa menyebabkan permasalahan lingkungan. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan pupuk organik berupa kompos. Melimpahnya volume limbah pertanian dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kompos. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari berbagai jenis kompos limbah pertanian dengan taraf dosis yang berbeda terhadap populasi <i>Azotobacter</i> sp., C-organik, N-total, Serapan-N, dan hasil pakcoy (<i>Brassica rapa</i> L.) pada tanah Inceptisol Jatinangor. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca kebun percobaan Ciparanje, Kecamatan Jatinangor menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 10 perlakuan tiga ulangan. Perlakuan terdiri dari: satu

kontrol dan tiga taraf dosis dari setiap jenis kompos. Jenis kompos yang digunakan adalah kompos jerami padi, ampas tebu, dan tandan kosong kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kompos limbah pertanian berpengaruh nyata terhadap total populasi *Azotobacter* sp. dan hasil pakcoy. Parameter C-organik, N-total dan Serapan-N tidak berbeda nyata antar perlakuan dan kontrol. Pemberian kompos jerami padi 20 ton/ha merupakan perlakuan terbaik dalam menghasilkan 130,97 g bobot basah dengan 8,46 g bobot kering per tanaman pakcoy. Pemanfaatan limbah pertanian dapat menjadi alternatif yang ramah lingkungan dalam meningkatkan hasil tanaman pakcoy, walaupun hasil penelitian ini belum berpengaruh nyata terhadap C dan N.

PENDAHULUAN

Inceptisol merupakan salah satu ordo tanah di Indonesia yang kerap digunakan sebagai lahan pertanian. Luas tanah Inceptisol di Indonesia adalah 70,52 juta ha dan salah satu daerah sebarannya adalah di Jawa Barat yaitu sekitar 2,12 juta ha (PPTA, 2000). Secara umum, tanah Inceptisol Jatinangor memiliki kandungan kimia tanah dan kesuburan tanah yang relatif rendah (Sudirja dkk., 2019). Di antara unsur hara pada tanah Inceptisol, kandungan C-organik dan N-total yang tergolong rendah yaitu secara berturut-turut 1,67% dan 0,18%. Oleh sebab itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan kandungan C-organik dan N-total tersebut, antara lain dengan pemberian bahan organik ke dalam tanah. Salah satu sumber bahan organik yang bisa dimanfaatkan adalah kompos (Wawan, 2017).

Kompos adalah bahan organik yang telah didekomposisi oleh mikroba pengurai, sehingga bermanfaat untuk memperbaiki sifat-sifat tanah (Setyorini dkk., 2006). Kandungan hara makro (nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium dan belerang) serta hara mikro (besi, tembaga, mangan, molibdenum, seng, khlor dan brom) yang terdapat pada kompos dapat menyediakan kebutuhan nutrisi bagi tanaman, serta senyawa-senyawa organik (asam humat dan asam sulfat) yang terkandung di dalamnya dapat berfungi sebagai pemacu pertumbuhan (Wawan, 2017). Bahan baku yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan kompos dapat berasal dari limbah hasil pertanian dan limbah hasil non-pertanian seperti limbah kota dan limbah industri (Kurnia dkk., 2001).

Volume limbah pertanian yang tinggi di Indonesia dapat digunakan sebagai bahan baku dari pembuatan kompos. Sebanyak 25-26% (8.078.200 ton) dari total 31.070.000 ton produksi kelapa sawit

per tahunnya adalah produk samping (tandan kosong kelapa sawit/TKKS). Sebanyak 10% dari TKKS tersebut sudah dimanfaatkan untuk bahan bakar boiler dan sisanya (7.270.380 ton) masih menjadi limbah (BPS, 2015). Limbah TKKS tersebut dapat diolah menjadi kompos, karena kompos TKKS mengandung unsur hara C 42,8%, K₂O 2,90%, N 0,80%, P₂O₅ 0,22% dan MgO 0,30% (Hastuti, 2009).

Selain kelapa sawit, limbah pertanian berupa jerami padi pun dapat berpotensi dijadikan sebagai bahan baku pembuatan kompos. Berdasarkan data BPPP (2020) 1 ton gabah kering giling (GKG) dari pertanaman padi menghasilkan 1,5 ton jerami. Sebagian besar jerami tersebut dibakar menjadi abu tanpa dimanfaatkan kembali, sedangkan jerami tersebut dapat diolah menjadi hal yang lebih bermanfaat seperti menjadi bahan baku pembuatan kompos. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, kompos jerami padi memiliki kadar air 35,83%, pH 6,86, KTK 6,62 cmol/kg serta berbagai unsur hara diantaranya C 35,83%, N 1,57%, P 0,02%, Fe 4,04% dan Zn 0,09 ppm (BPTP Kaltim, 2011).

Limbah pertanian lainnya yang dapat dimanfaatkan yaitu limbah ampas tebu dari industri gula. Menurut Ditjenbun (2011) luas areal pertanaman tebu tahun 2010 adalah 418.259 ha dengan produksi tebu nasional 34.218.549 ton. Berdasarkan luasan tersebut, diperkirakan produksi limbah tebu dapat mencapai 17.793.645 ton (Murni dkk., 2008). Ampas tebu kering memiliki kandungan C 13,324%, N 0,422%, nisbah karbon nitrogen sebesar 31, kadar air 15,86% dan pH 7 (Guntoro dkk., 2003). Berdasarkan hal tersebut, aplikasi kompos dari berbagai bahan limbah pertanian perlu dilakukan untuk memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan tanaman.

Brassica rapa L. atau dikenal juga dengan sebutan pakcoy atau sawi sendok merupakan jenis tanaman sayuran yang termasuk ke dalam keluarga

Brassicaceae. Menurut Haryanto dkk. (2007) pakcoy sangat diminati oleh konsumen dikarenakan tingginya kandungan protein, lemak, kalsium, fosfat, zat besi, vitamin A, B, C, E, dan K yang baik untuk kesehatan. Selain itu, pakcoy juga diminati petani karena cara budidayanya yang mudah dan umur panennya yang relatif singkat berkisar 30-45 hari untuk mendapatkan produksi yang optimum (Yuniarti, 2018). Berdasarkan data dari Kementerian (2020) produktivitas sawi dari tahun 2015-2019 mengalami fluktuasi. Secara berturut-turut produktivitas sawi dari tahun 2015-2019 adalah 58,652 ha; 60,600 ha; 61,133 ha; 61,047 ha; dan 60,871 ha; serta pertumbuhannya yang menurun dari tahun 2018-2019 sebesar 0,29%. Data tersebut menunjukkan bahwa dari tahun 2018-2019 produktivitas sawi di Indonesia dan pertumbuhan sawi juga mengalami penurunan sebesar 0,29%.

Aplikasi bahan organik ke dalam tanah dapat dimanfaatkan untuk menyuplai kebutuhan unsur hara tanaman sekaligus sebagai penyedia sumber energi (karbon) bagi aktivitas mikroba tanah (Wawan, 2017). Selain itu, tersedianya unsur hara N bagi tanaman disebabkan fiksasi N_2 dari udara oleh bakteri penambat nitrogen, salah satunya yaitu *Azotobacter*. *Azotobacter* sp. mampu menambat N_2 , memfasilitasi unsur N bagi tanaman, serta dapat memproduksi hormon tumbuh seperti indol asam asetat (IAA) yang bermanfaat sebagai pemacu pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Widawati, 2016). Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan kesuburan tanah dan tanaman pakcoy dengan memanfaatkan kompos dari berbagai limbah pertanian sebagai bahan baku kompos dan yang akan memengaruhi peningkatan populasi *Azotobacter* sp., C-organik, N-total, serapan-N, dan hasil pakcoy pada tanah Inceptisol Jatinangor.

BAHAN DAN METODE

Percobaan ini dilaksanakan di rumah kaca yang berlokasi di Kebun Percobaan Ciparanje, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, dengan ketinggian tempat 829 meter di atas permukaan laut. Penelitian ini berlangsung pada bulan September 2019 hingga Januari 2020. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah Inceptisol asal Jatinangor. Sifat kimia Inceptisols Jatinangor mempunyai pH 6,71 (netral), mengandung C-organik 1,67% (rendah), N-total 0,18% (rendah), P total 40,90 mg/100g (sedang), P tersedia 2,79 ppm (sangat rendah) dan K total 61,14

mg/100 g (sangat tinggi), KTK 21,51 cmol/kg (sedang), kejenuhan basa 63,69 % (tinggi), sedangkan teksturnya liat. Benih pakcoy yang digunakan adalah varietas Nauli F1. Kompos berbahan limbah pertanian sebagai perlakuan yang terdiri dari berbagai jenis bahan baku yaitu kompos jerami, kompos ampas tebu, dan kompos tandan kosong kelapa sawit berturut-turut mengandung C-organik (%): 20,54, 24,46 dan 30,58; C/N: 25,67, 38,22 dan 28,85; serta N-Total (%): 0,80, 0,64 dan 1,06. Pupuk anorganik yang digunakan yaitu Urea, SP-36, dan KCl sebagai pupuk dasar. Medium Ashbys digunakan sebagai medium untuk menghitung populasi bakteri *Azotobacter* sp.

Percobaan ini dilakukan dengan metode Rancangan Acak Kelompok yang terdiri dari 10 perlakuan. Polybag yang digunakan berisi 5 kg tanah kering udara. Perlakuan yang dilakukan yaitu tanpa pemberian kompos dan tiga jenis kompos (jerami, ampas tebu, dan tandan kosong kelapa sawit) dengan masing-masing dosis 10 ton/ha (setara dengan 25,0 g/polybag), 15 ton/ha (setara dengan 37,5 g/polybag), dan 20 ton/ha (setara dengan 50,0 g/polybag). Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga terdapat 30 polybag.

Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berumur 27 hari setelah tanam (HST), parameter yang diamati adalah total populasi *Azotobacter* sp., kadar C-organik dalam tanah yang ditetapkan dengan metode Walkley & Black, kadar N-total dalam tanah dan serapan-N tanaman ditetapkan dengan metode Kjeldahl, dan bobot basah dan kering tanaman pakcoy.

Persiapan Benih Pakcoy dan Media Tanam

Benih pakcoy yang ditanam direndam terlebih dahulu menggunakan air hangat kuku sekitar 45° C selama 1 jam. Media tanam yang digunakan untuk media semai pakcoy yaitu campuran dari tanah, pupuk kandang/kotoran sapi, dan arang sekam (1:1:1). Campuran media tanam yang telah disiapkan dalam baki semai selanjutnya diberi air hingga air tersebut teresap merata. Setelah itu, benih pakcoy ditanam pada kedalaman 1 cm lalu kembali ditutup menggunakan campuran media tanam. Jenis kompos dan dosisnya diberikan sesuai dengan perlakuan berdasarkan berat tanah dalam polybag yang digunakan. Kompos diberikan ke dalam polybag dua minggu sebelum pindah tanam bibit pakcoy, dengan cara dicampurkan pada media tanam. Kelembaban tanah tetap dijaga dengan menyiram air ke dalam media tanam sesuai dengan

kapasitas air lapang. Setelah bibit berumur 2 minggu atau ketika tanaman telah berdaun 4–5 helai, bibit dipindah tanamkan ke polybag yang telah diisi media tanah dan perlakuan kompos sebanyak satu tanaman per polybag dengan jarak berkisar 20 cm x 20 cm.

Pupuk dasar yang digunakan yaitu Urea, SP-36, dan KCl yang diberikan ke dalam media tanam di dalam polybag pada saat bibit di pindah tanamkan dari persemaian ke polybag. Dosis pupuk Urea, SP-36, dan KCl diberikan sesuai dosis rekomendasi yang secara berturut-turut sebesar 300 kg/ha, 150 kg/ha, dan 150 kg/ha (Purnama dkk., 2018), atau berturut-turut setara dengan 0,75 g, 0,375 g dan 0,375 g untuk tiap polybag. Pupuk Urea diberikan dengan cara ditugal pada satu sisi tanaman dengan kedalaman 3 cm, sedangkan SP-36 dan KCl diberikan dengan cara dicampur pada satu lubang yang berada di sisi lainnya. Pupuk dasar diberikan sebanyak dua kali selama pertumbuhan, pada saat pindah tanam dan dua minggu sebelum panen.

Pemeliharaan dan Pengamatan

Pemeliharaan yang dilakukan yaitu penyiraman, penyulaman, penyangan, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Penyiraman dilakukan setiap hari sekali baik itu pada pagi hari maupun pada sore hari sesuai dengan kapasitas lapang. Penyulaman dilakukan ketika terdapat tanaman yang mati setelah dipindah tanamkan. Penyangan dilakukan setiap pengamatan, agar gulma tidak mengganggu pertumbuhan tanaman. Pengendalian OPT dilakukan secara manual, dan apabila keberadaan hama sudah di atas ambang batas kendali yaitu 0,5 larva *Plutella* sp. per tanaman (Winarto & Nazir, 2004) dan ambang batas ekonomi kutu yaitu 50 ekor kutu per tanaman (Mustikawati, 2012), maka diaplikasikan insektisida yang diantaranya mengandung bahan aktif proantosianidin yang bersifat menghambat makan serangga dan bersifat toksik (Suswando dkk., 2019).

Pengambilan Sampel Tanah dan Tanaman

Pengambilan sampel tanah untuk analisis akhir diambil setelah tanaman diperpanjang. Tanah dicampurkan secara merata (setiap polybag terpisah/sesuai perlakuan) agar tanah tersebut homogen, kemudian diambil sesuai kebutuhan untuk analisis dan dimasukkan ke dalam kantong plastik yang telah diberi label perlakuan. Pengambilan sampel tanaman dilakukan sesuai

dengan jumlah perlakuan. Sampel tanaman yang diambil merupakan daun pertama yang paling berkembang/luas (Jones *et al.*, 1991). Sampel tanaman ini diambil ketika waktu panen tepatnya pada fase akhir vegetatif tanaman. Sampel tersebut digunakan sebagai bahan untuk analisis serapan-N.

Pakcoy varietas Nauli F1 diperpanjang ketika tanaman berumur 27 HST. Panen pakcoy dilakukan pada waktu pagi hari saat keadaan tanaman masih segar. Pakcoy dicabut dan akarnya dibersihkan hingga tidak ada tanah yang menempel di perakarnya. Pakcoy yang telah dibersihkan ditimbang bobot basahnya. Pakcoy yang sudah ditimbang disimpan pada amplop kertas kemudian dilakukan pengeringan grafimetrik untuk mengetahui berat keringnya.

Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis dengan analisis varian (ANOVA) menggunakan aplikasi SPSS versi 25.0. Perbedaan di antara rata-rata perlakuan diketahui dengan melakukan uji lanjut menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Populasi *Azotobacter* sp.

Pemberian kompos berbahan limbah pertanian memberikan pengaruh terhadap total populasi *Azotobacter* sp. dibandingkan dengan tanpa pemberian kompos limbah pertanian. Di antara perlakuan kompos limbah pertanian yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap total populasi *Azotobacter* sp. (Tabel 1).

Berdasarkan hasil analisis, perlakuan tanpa pemberian kompos limbah pertanian (kontrol) memiliki total populasi *Azotobacter* sp. yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya, yaitu sebesar $4,87 \times 10^6$ CFU/g. Perlakuan dengan pemberian kompos limbah pertanian dapat mendukung pertumbuhan *Azotobacter* sp. lebih baik dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Perlakuan pemberian kompos limbah pertanian dengan dosis terendah (10 ton/ha) dari setiap jenis kompos sudah dapat memberikan hasil yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Meskipun total populasi *Azotobacter* sp. di antara perlakuan pemberian kompos tidak berbeda, namun dengan peningkatan dosis kompos yang diberikan ada kecenderungan meningkatkan populasi *Azotobacter* sp.

Tabel 1. Pengaruh kompos limbah pertanian terhadap total populasi *Azotobacter* sp.

Kode	Perlakuan	Populasi <i>Azotobacter</i> sp. (10^6 CFU/g)
K0	Tanpa pemberian kompos	4,87 a
K1	Kompos jerami padi 10 ton/ha	9,13 b
K2	Kompos jerami padi 15 ton/ha	9,82 b
K3	Kompos jerami padi 20 ton/ha	10,56 b
K4	Kompos ampas tebu 10 ton/ha	9,31 b
K5	Kompos ampas tebu 15 ton/ha	10,03 b
K6	Kompos ampas tebu 20 ton/ha	10,57 b
K7	Kompos TKKS 10 ton/ha	8,40 b
K8	Kompos TKKS 15 ton/ha	9,70 b
K9	Kompos TKKS 20 ton/ha	10,63 b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Total populasi *Azotobacter* sp. yang lebih tinggi didapat dari perlakuan pemberian kompos dengan dosis tertinggi (20 ton/ha). Perlakuan kompos TKKS 20 ton/ha cenderung menghasilkan total populasi *Azotobacter* sp. yang tinggi, yaitu sebesar $10,63 \times 10^6$ CFU/g dibandingkan dengan perlakuan kompos jerami padi dan kompos ampas tebu. Hal tersebut dapat disebabkan karena N total kompos TKKS mengandung 1,06 %, lebih tinggi daripada kandungan N ampas tebu dan jerami. Perlakuan kompos ampas tebu dengan dosis 20 ton/ha serta perlakuan kompos jerami padi dosis 20 ton/ha memberikan total populasi *Azotobacter* sp. yang tidak berbeda jauh yaitu $10,57 \times 10^6$ CFU/g dan $10,56 \times 10^6$ CFU/g.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa mikroba memerlukan sumber energi untuk dapat melakukan aktivitasnya. Sumber energi tersebut diperoleh dari bahan organik (Hardjowigeno, 2010), yaitu karbon yang digunakan oleh mikroba sebagai sumber energi sehingga keberadaan kandungan C-organik di dalam tanah akan memicu kegiatan mikroba yang mengakibatkan terjadinya peningkatan proses dekomposisi tanah serta peningkatan proses fiksasi N₂ dan pelarutan P (Afandi dkk., 2015). Hasil analisis awal kompos menunjukkan bahwa kompos TKKS memiliki kandungan C-organik yang paling tinggi yaitu 30,58% sedangkan kompos ampas tebu 24,46% dan

kompos jerami padi 20,54%. Disamping itu kompos TKKS mengandung N 1,06% sedangkan kompos ampas tebu dan jerami mengandung N di bawah 1%. Menurut Treseder (2008) ketersediaan nitrogen (N) sangat memengaruhi pertumbuhan dan kelimpahan organisme. Oleh karena itu, perlakuan kompos TKKS dapat memberikan total populasi *Azotobacter* sp. yang paling tinggi.

C-Organik Tanah

Pemberian kompos berbahan limbah pertanian tidak memberikan perbedaan yang nyata dalam meningkatkan kandungan C-organik tanah. Perbedaan kandungan C-organik tanah dari setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh kompos limbah pertanian terhadap C-organik tanah

Kode	Perlakuan	C-organik tanah (%)
K0	Tanpa pemberian kompos	1,82
K1	Kompos jerami padi 10 ton/ha	1,97
K2	Kompos jerami padi 15 ton/ha	1,82
K3	Kompos jerami padi 20 ton/ha	2,00
K4	Kompos ampas tebu 10 ton/ha	1,86
K5	Kompos ampas tebu 15 ton/ha	1,84
K6	Kompos ampas tebu 20 ton/ha	1,90
K7	Kompos TKKS 10 ton/ha	1,82
K8	Kompos TKKS 15 ton/ha	1,99
K9	Kompos TKKS 20 ton/ha	1,91

Keterangan: Perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap respon berdasarkan analisis ragam pada taraf nyata 5%, sehingga tidak dilakukan uji lanjut.

Perlakuan pemberian kompos limbah pertanian tidak memberikan hasil yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Meskipun demikian semua jenis perlakuan pemberian kompos limbah pertanian mempunyai kecenderungan untuk meningkatkan kandungan C-organik tanah. Pemberian kompos jerami padi dengan dosis 20 ton/ha menghasilkan kandungan C-organik tertinggi sebesar 2,00%. Adapun, kandungan C-organik tertinggi pada kompos ampas tebu berada pada dosis 20 ton/ha yaitu 1,90%. Sementara itu, pada perlakuan kompos TKKS yang dapat memberikan kandungan C-organik tertinggi yaitu pada dosis 15 ton/ha yaitu 1,90% dan tidak berbeda dengan dosis 20 ton/ha yaitu 1,91%.

Kehilangan C-organik tanah dapat disebabkan oleh adanya faktor yaitu respirasi tanah, respirasi tanaman, dipergunakan oleh mikroba tanah, dan terangkut saat panen (Yuniarti dkk., 2018). Hal ini sejalan dengan data suhu rumah kaca berkisar antara 19,0 – 42,7°C selama pertumbuhan tanaman pakcoy. Suhu pada siang hari yang tinggi tersebut dapat menyebabkan terjadinya proses penguapan yang lebih besar daripada jumlah air yang diserap oleh akar tanaman (Harsela dkk., 2020). Adapun, terjadinya penguapan karbon dikarenakan aktivitas mikroba pada proses dekomposisi bahan organik yang mentransformasi oksida karbon menjadi karbon dioksida (CO_2) yang selanjutnya dikembalikan ke atmosfer (Yuniarti dkk., 2018). Mikroba menggunakan bahan organik sebagai sumber energi dalam melakukan aktivitasnya (Hardjowigeno, 2010).

Sebagian besar mikroba dekomposer merupakan mikroba mesofilik yang dapat tumbuh pada kisaran suhu 20 – 40°C. Oleh karena itu suhu di rumah kaca pada penelitian ini merupakan suhu yang optimal untuk bakteri mesofil yang aktivitasnya merombak bahan organik.

N-Total Tanah

Pemberian kompos limbah pertanian dengan taraf dosis yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang berbeda dibandingkan dengan kontrol. Data kandungan N-total tanah dari semua perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh kompos limbah pertanian terhadap N-total tanah

Kode	Perlakuan	N-total (%)
K0	Tanpa pemberian kompos	1,82
K1	Kompos jerami padi 10 ton/ha	1,97
K2	Kompos jerami padi 15 ton/ha	1,82
K3	Kompos jerami padi 20 ton/ha	2,00
K4	Kompos ampas tebu 10 ton/ha	1,86
K5	Kompos ampas tebu 15 ton/ha	1,84
K6	Kompos ampas tebu 20 ton/ha	1,90
K7	Kompos TKKS 10 ton/ha	1,82
K8	Kompos TKKS 15 ton/ha	1,99
K9	Kompos TKKS 20 ton/ha	1,91

Keterangan: Perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap respon berdasarkan analisis ragam pada taraf nyata 5%, sehingga tidak dilakukan uji lanjut.

Secara umum, perlakuan yang berpotensi dalam meningkatkan kandungan N-total tanah adalah pemberian kompos jerami padi dengan dosis 20 ton/ha yaitu 0,47%. Menurut Dewi & Setiawati (2017), kandungan nitrogen di dalam tanah tidak hanya berasal dari pupuk nitrogen yang diberikan ke dalam tanah, tapi juga dipengaruhi oleh jumlah kehilangan nitrogen dari dalam tanah. Kehilangan nitrogen dari dalam tanah dapat disebabkan adanya penguapan, tercucinya nitrogen dalam bentuk nitrat oleh air hujan (*leaching*), diserapnya nitrogen oleh tanaman, dan digunakan oleh mikroba (Hardjowigeno, 2010). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Solihin dkk. (2018) yang menyatakan bahwa kandungan nitrogen total tanah setelah dilakukan penanaman dipengaruhi oleh adanya serapan nitrogen pada tanaman sebesar 92%. Adapun hasil penelitian Yulina & Ambarsari (2021) bahwa nitrogen total tanah berpengaruh terhadap berat segar pakcoy, hal ini dikarenakan unsur nitrogen berperan dalam merangsang pertumbuhan daun, batang, dan cabang tanaman, serta berperan penting terhadap pembentukan zat hijau daun (klorofil) yang sangat penting bagi proses fotosintesis. Selain itu, kehilangan nitrogen dari dalam tanah juga dapat disebabkan adanya penggunaan nitrogen oleh mikroba untuk kebutuhan hidupnya. Nitrogen berperan penting dalam fungsi fisiologis mikroba karena merupakan bagian dari terbentuknya protein, asam nukleat dan koenzim sehingga dapat menyokong perkembangbiakan mikroba (Mayasari dkk., 2015).

Kandungan-N Tanaman dan Serapan-N Tanaman

Perlakuan pemberian kompos limbah pertanian tidak memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap kandungan N dan serapan N tanaman dibandingkan dengan kontrol (Tabel 4). Kandungan N pada tanaman pakcoy pada semua perlakuan termasuk ke dalam kategori cukup. Menurut Jones *et al.* (1991) tanaman pakcoy yang memiliki kandungan N < 3,49% termasuk ke dalam kategori nitrogen yang rendah, sedangkan kandungan N yang berkisar pada nilai 3,5% – 4,0% termasuk ke dalam kategori nitrogen cukup (sedang), dan kandungan N > 4,0% termasuk ke dalam kategori nitrogen tinggi. Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa tanaman pakcoy tanpa pemberian kompos limbah pertanian (kontrol) memiliki kandungan N yang sama dibandingkan dengan semua perlakuan yang diberikan kompos. Hal ini diduga karena terjadinya mobilitas unsur nitrogen

dalam tanaman pada saat menjelang panen. Nitrogen merupakan unsur hara mobile (dapat ditranslokasikan) menuju bagian ujung tanaman terutama pada daun muda dengan sangat cepat (Kurniawan dkk., 2017). Ketika unsur hara dari tanah tidak mencukupi bagi pertumbuhan tanaman maka unsur nitrogen dan kalium akan ditranslokasikan dari jaringan tua ke jaringan muda, sehingga pada jaringan tua akan terlihat gejala defisiensi unsur hara (Tuhuteru, 2018). Hasil

pertumbuhan tanaman (tinggi dan jumlah daun) pada perlakuan kontrol memberikan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan pemberian kompos, hal ini yang turut mempengaruhi terhadap mobilisasi unsur nitrogen yang tidak terlalu cepat di dalam tanaman jika dibandingkan dengan perlakuan pemberian kompos. Oleh karena itu, sampel daun yang di analisis pada perlakuan kontrol memberikan nilai kandungan N yang sama di bandingkan dengan perlakuan lainnya.

Tabel 4. Pengaruh kompos limbah pertanian terhadap kandungan N tanaman

Kode	Perlakuan	N Tanaman (%)	Serapan N Tanaman (mg/tanaman)
K0	Tanpa pemberian kompos	5,06	26,44
K1	Kompos jerami padi 10 ton/ha	4,65	32,12
K2	Kompos jerami padi 15 ton/ha	4,10	30,44
K3	Kompos jerami padi 20 ton/ha	4,15	35,09
K4	Kompos ampas tebu 10 ton/ha	4,76	30,93
K5	Kompos ampas tebu 15 ton/ha	4,41	30,94
K6	Kompos ampas tebu 20 ton/ha	4,62	30,44
K7	Kompos TKKS 10 ton/ha	4,55	30,68
K8	Kompos TKKS 15 ton/ha	4,32	29,63
K9	Kompos TKKS 20 ton/ha	3,63	25,35

Keterangan: Perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap respon berdasarkan analisis ragam pada taraf nyata 5%, sehingga tidak dilakukan uji lanjut.

Berdasarkan data pada Tabel 4 pemberian kompos limbah pertanian tidak memberikan hasil serapan-N yang berbeda jika dibandingkan dengan kontrol. Namun, berdasarkan data tersebut dapat diketahui pula perlakuan yang berpotensi dalam meningkatkan serapan-N tanaman. Perlakuan kompos jerami padi dengan dosis 20 ton/ha diketahui dapat memberikan hasil serapan-N tertinggi, yaitu 35,09 mg/tanaman.

Ketersediaan unsur hara di dalam tanah dan kemampuan akar tanaman dalam menyerap unsur hara terutama nitrogen dapat mempengaruhi nilai serapan hara tanaman (Setiawati dkk., 2021). Hal ini pun sejalan dengan pendapat Firmansyah & Sumarni (2013) bahwa serapan-N tanaman ditentukan oleh nitrogen dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ yang keberadaannya dipengaruhi oleh N-total tanah. Kandungan nitrogen di dalam tanah dapat berkurang karena adanya pencucian oleh air hujan (*leaching*), penguapan (volatilisasi), digunakan oleh mikroba, dan diserap oleh tanaman (Hardjowigeno, 2010). Selain itu, ketersediaan unsur hara di dalam tanah dipengaruhi oleh rasio C/N yang terdapat pada

pupuk organik yang diberikan (Sugirahayu & Rusdiana, 2011). Tersedianya unsur hara di dalam tanah berbanding terbalik dengan nilai C/N tanah. Nilai C/N yang tinggi menunjukkan bahwa bahan organik yang terdapat di dalam tanah belum mengalami proses dekomposisi secara sempurna (Ismayana dkk., 2012), yang mengakibatkan kurang tersedianya unsur hara untuk diserap oleh tanaman (Surtinah, 2013).

Kompos jerami padi yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai C/N yang lebih rendah dibandingkan dengan kompos ampas tebu dan kompos TKKS. Selain itu, kompos jerami padi memiliki nilai C/N yang paling mendekati dengan nilai indikator kematangan kompos, yaitu <25 (Menteri Pertanian Republik Indonesia, 2011). Oleh karena itu, perlakuan kompos jerami padi dengan dosis 20 ton/ha dapat berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara yang lebih baik, sehingga unsur hara terutama nitrogen dapat diserap lebih banyak oleh tanaman.

Bobot Basah dan Kering Tanaman

Pemberian berbagai jenis dan dosis kompos limbah pertanian menghasilkan bobot basah dan bobot kering tanaman pakcoy berbeda dibandingkan dengan perlakuan kontrol (Tabel 5). Berdasarkan hasil analisis, pemberian kompos jerami padi dosis 20 ton/ha memberikan bobot basah tanaman pakcoy yang paling tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan semua perlakuan. Pemberian kompos jerami padi dosis 20 ton/ha menghasilkan bobot kering terbesar yaitu 8,46 g walaupun tidak berbeda dengan

pemberian kompos jerami padi dosis 15 ton/ha. Terlihat pada Tabel 5 bahwa pemberian kompos limbah pertanian mulai dari dosis 10 sampai 20 ton/ha menghasilkan bobot tanaman pakcoy yang lebih besar dibandingkan dengan tanpa pemberian kompos (kontrol). Hal tersebut menggambarkan bahwa limbah pertanian yang berasal dari tanaman pangan (padi) dan tanaman perkebunan (tebu dan kelapa sawit) dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik untuk tanaman sayuran daun khususnya tanaman pakcoy mulai dosis 10 ton/ha.

Tabel 5. Pengaruh kompos limbah pertanian terhadap bobot basah dan bobot kering tanaman pakcoy

Kode	Perlakuan	Bobot tanaman (g)	
		Bobot basah	Bobot kering
K0	Tanpa pemberian kompos	81,64 a	5,22 a
K1	Kompos jerami padi 10 ton/ha	108,55 bc	6,93 b
K2	Kompos jerami padi 15 ton/ha	110,67 bc	7,48 bc
K3	Kompos jerami padi 20 ton/ha	130,97 d	8,46 c
K4	Kompos ampas tebu 10 ton/ha	99,00 b	6,52 b
K5	Kompos ampas tebu 15 ton/ha	105,15 bc	7,09 b
K6	Kompos ampas tebu 20 ton/ha	107,96 bc	6,63 b
K7	Kompos TKKS 10 ton/ha	99,36 bc	6,77 b
K8	Kompos TKKS 15 ton/ha	106,19 bc	6,90 b
K9	Kompos TKKS 20 ton/ha	111,70 c	7,17 b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Penambahan kompos limbah pertanian sebagai pupuk organik ke dalam tanah dapat meningkatkan hasil tanaman pakcoy. Kompos memiliki kandungan unsur hara makro dan mikro yang lengkap yang dapat digunakan sebagai sumber nutrisi tanaman. Unsur hara makro terutama nitrogen penting bagi tanaman sebagai penyusun enzim yang sangat besar perannya dalam proses metabolisme tanaman. Enzim tersusun dari protein maka meningkatnya metabolisme tanaman akan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Tando, 2018). Yulina dan Ambarsari (2021) menyatakan bahwa nitrogen total tanah berpengaruh terhadap berat segar pakcoy, berperan dalam merangsang pertumbuhan batang, cabang, dan daun tanaman, serta berperan penting terhadap pembentukan zat hijau daun (klorofil) yang sangat penting bagi proses fotosintesis.

Pemberian pupuk organik ke dalam tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah karena dalam proses dekomposisi bahan organik di dalam tanah akan melepaskan senyawa organik berupa asam-asam organik ataupun kation-kation basa, yang akan mengakibatkan peningkatan pH tanah (Hamed, 2014). Peningkatan pH tanah dari masam menjadi netral berkaitan dengan ketersediaan unsur hara makro yang meningkat pada tanah sehingga hara menjadi tersedia dan mudah diserap tanaman (Ferrarezi *et al.*, 2022). Schnitzer (1991) menyebutkan bahwa asam-asam organik dapat mengikat ion H⁺ melalui gugus karboksil yang memiliki muatan negatif. Bayer *et al.* (2001) menyatakan bahwa bahan organik yang telah terdekomposisi akan menghasilkan ion OH⁻ yang dapat menetralisir aktivitas ion H⁺. Adanya senyawa humik yang dihasilkan bahan organik menyumbangkan koloid-koloid tanah sehingga

Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah akan meningkat. Meningkatnya KTK tanah disebabkan oleh bertambahnya muatan negatif koloid tanah. Muatan negatif ini berasal dari gugus karboksil (COOH) dan hidroksil (OH) yang terdapat dalam senyawa organik (Brady & Weil, 2002). Bila KTK tanah meningkat akan menyebabkan semakin besar tanah tersebut menahan/menyimpan unsur hara yang dibutuhkan tanaman.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pemanfaatan berbagai jenis dan dosis limbah pertanian sebagai pupuk organik pada tanaman pakcoy dapat disimpulkan bahwa pemberian berbagai jenis kompos limbah pertanian berpengaruh terhadap peningkatan total populasi *Azotobacter* sp., bobot basah dan bobot kering tanaman pakcoy, namun tidak memberikan pengaruh terhadap kandungan C-organik, N-total, dan serapan N tanaman. Pemberian kompos jerami padi dengan dosis 20 ton/ha menghasilkan pakcoy dengan bobot basah 130,97 g dan bobot kering 8,46 g, total populasi *Azotobacter* sp. $10,56 \times 10^6$ CFU/g merupakan perlakuan yang terbaik pada tanaman pakcoy.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Padjadjaran yang telah mendukung pendanaan pelaksanaan penelitian dan publikasi naskah melalui skim Riset Hibah Kompetensi Dosen Unpad (RKDU) Tahun Anggaran 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, FN, B Siswanto, dan Y Nuraini. 2015. Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. 2(2): 237–244.
[BPPP] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2020. Kondisi Ketahanan Pangan di Indonesia. Departemen Pertanian. Bogor.
[BPS] Badan Pusat Statistik. 2015. Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2015. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
[BPTP] Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Timur. 2011. Kompos Jerami. Direktorat Jendral Holtikultura Kementerian

Pertanian, Samarinda. Tersedia online pada <http://hortikultura.pertanian.go.id>. Diakses 17 Mei 2020.

- Bayer, C, LP Martin-Neto, J Mielniczuk, CN Pillon, and L Sangoy. 2001. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. Soil Science Society of America Journal. 65: 1473–1478.
Brady, NC, and RR Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13th Edition. Macmillan. New York.
Dewi, AK, dan MR Setiawati. 2017. Pengaruh pupuk hayati endofitik dengan *Azolla pinnata* terhadap serapan N, N-total tanah, dan bobot kering tanaman padi (*Oryza sativa* L.) pada tanah salin. Agrologia. 6(2): 54–60.
Ditjenbun. 2011. Swasembada Gula Nasional, Bimbingan Teknis Tebu. Direktorat Tanaman Semusim. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta.
Ferrarezi, RS, X Lin, AC Gonzalez Neira, F Tabay Zambon, H Hu, X Wang, J-H Huang, & G Fan. 2022. Substrate pH influences the nutrient absorption and rhizosphere microbiome of Huanglongbing-affected grapefruit plants. Frontiers in Plant Science. 13: 856937. doi: 10.3389/fpls.2022.856937.
Firmansyah, I, dan N Sumarni. 2013. Pengaruh dosis pupuk N dan varietas terhadap pH tanah, N-total tanah, serapan N, dan hasil umbi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) pada tanah entisols-Brebes Jawa Tengah. Jurnal Hortikultura. 23(4): 358–364.
Guntoro, D, Purwono, dan Sarwono. 2003. Pengaruh pemberian kompos bagase terhadap serapan hara dan pertumbuhan tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). Jurnal Agronomi Indonesia. 31(3): 112-119.
Hamed, MH, MA Desoky, AM Ghallab, and MA Faragallah. 2014. Effect of incubation periods and some organic materials on phosphorus forms in calcareous soils. International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research. 2(6): 2347–4289.
Hardjowigeno, S. 2010. Ilmu Tanah. Edisi Ke-7. Akademika Pressindo. Bogor.
Harsela, CN, E Sumarni, dan K Wijaya. 2020. Pertumbuhan pakcoy (*Brassica rapa* L) yang ditanam dengan floating hydroponics system dan non hidroponik. Jurnal Pertanian Indonesia. 1(2): 56–63.

- Haryanto, E, T Suhartini, E Rahayu, dan H Sunarjono. 2007. Sawi & Selada. Penebar Swadaya Jakarta.
- Hastuti, PB. 2009. Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai kompos pada tanaman selada. Buletin Ilmiah Instiper. 16(1): 6–14.
- Ismayana, A, NS Indrasti, AM Suprihatin, dan AF Tip. 2012. Faktor rasio C/N awal dan laju aerasi pada proses co-composting bagasse dan blotong. Jurnal Teknologi Industri Pertanian. 22(3): 173–179.
- Jones, JB, B Wolf, and A Harry. 1991. Plant Analysis Handbook; A Practical Sampling, Preparation, Analysis, And Interpretation Guide. Macro-Micro Publishing Inc. Georgia.
- Kementerian. 2020. Data Lima Tahun Terakhir Produktivitas. Kementerian Pertanian. Tersedia online pada <https://www.pertanian.go.id>. Diakses 2 Noverber 2020.
- Kurnia, U, D Setyorini, T Prihatini, S Sutono, dan H Suganda. 2001. Perkembangan dan Penggunaan Pupuk Organik di Indonesia. Direktorat Pupuk dan Pestisida. Direktorat Jendral Bina Sarana Pertanian. Jakarta.
- Kurniawan, A, T Islami, dan K Koesiharti. 2017. Pengaruh aplikasi pupuk N dan K terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica Rapa Var. Chinensis*) Flamingo F1. Jurnal Produksi Tanaman. 5(2): 281–289.
- Mayasari, E, B Ayuningih, dan R Hidayat. 2015. Pengaruh penambahan nitrogen dan sulfur pada ensilase jerami jagung terhadap kecernaan bahan kering dan bahan organik pada sapi potong (in vitro). Students e-Journal. 4(3): 1–11.
- Menteri Pertanian Republik Indonesia. 2011. Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/2011 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pemberian Tanah. Menteri Pertanian. Jakarta.
- Murni, R, S Akmal, dan BL Ginting. 2008. Teknologi Pemanfaatan Limbah untuk Pakan. Universitas Jambi. Jambi.
- Mustikawati, DR. 2012. Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman Sayuran. BPTP. Lampung.
- Solihin, E, R Sudirja, M Damayani, dan NN Kamaludin. 2018. Hubungan serapan N, P, dan K tanaman cabai terhadap residunya di dalam tanah yang diberi pupuk cair organik dengan NPK. Agrikultura. 29(2): 105–110.
- [PPTA] Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 2000. Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (BPPP). Bogor.
- Purnama, I, RST Wulan, dan NWD Dulur. 2018. Efek pemberian residu slurry biogas terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) serta ketersediaan unsur hara P dan S pada entisol. Crop Agro. 11(1): 14–24.
- Schnitzer, M. 1991. Soil organic matter - The next 75 year soil science. Soil Science. 151(1): 41–58.
- Setiawati, MR, DS Utami, R Hindersah, D Herdiyantoro, dan P Suryatmana. 2021. Pemanfaatan limbah pertanian dalam menurunkan dosis pupuk anorganik, meningkatkan populasi *Azospirillum* sp., nitrogen tanah, serapan nitrogen, dan hasil jagung pada Inceptisols Jatinangor. Soilrens. 19(1): 9–19.
- Setyorini, D, R Saraswati, dan EK Anwar. 2006. Kompos. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Sudirja, R, A Sandrawati, M Damayani, dan NN Kamaluddin. 2019. Pengaruh penambahan dosis pupuk fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea Mays L.*) pada Inceptisol asal Jatinangor. Soilrens. 17(1): 31–37.
- Sugirahayu, L, dan O Rusdiana. 2011. Perbandingan simpanan karbon pada beberapa penutupan lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur berdasarkan sifat fisik dan sifat kimia tanahnya. Jurnal Silvikultur Tropika. 2(3): 149–155.
- Surtinah, S. 2013. Pengujian kandungan unsur hara dalam kompos yang berasal dari serasah tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata*). Jurnal Ilmiah Pertanian. 11(1): 11–17.
- Suswando, R, Djamilah, dan E Suprijono. 2019. Pengaruh efikasi ekstrak biji pinang dalam mengendalikan ulat daun kubis pada pakcoy. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia. 21(2): 62–67.
- Tando, E. 2018. Upaya efisiensi dan peningkatan ketersediaan nitrogen dalam tanah serta serapan nitrogen pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa L.*). Buana Sains. 18(2): 171–180.
- Treseder, KK. 2008. Nitrogen additions and microbial biomass: a meta-analysis of

- ecosystem studies. *Ecology Letters.* 11: 1111–1120.
- Tuhuteru, S. 2018. Kajian fisiologis tanaman tomat terhadap penambahan unsur hara Fe dan N. *Jurnal Agroekoteknologi,* 10(2): 64–72.
- Wawan. 2017. Pengelolaan Bahan Organik. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Widawati, S. 2016. Uji bakteri simbiotik dan nonsimbiotik pelarutan Ca vs. P dan efek inokulasi bakteri pada anakan turi (*Sesbania grandiflora* L. Pers.). *Jurnal Biologi Indonesia.* 11(2): 295–307.
- Winarto, L, dan D Nazir. 2004. Teknologi pengendalian hama *Plutella xylostella* dengan insektisida dan agensi hayati pada kubis di Kabupaten Karo. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian.* 7(1): 27–33.
- Yulina, H, dan W Ambarsari. 2021. Hubungan kandungan N-total dan C-organik tanah terhadap berat panen tanaman pakcoy setelah dikombinasikan dengan kompos sampah kota dan pupuk kandang sapi pada aluvial, Indramayu. *Agro Wiralodra.* 4(1): 25–30.
- Yuniarti, A, A Suriadikusumah, dan JU Gultom. 2018. Pengaruh pupuk anorganik dan pupuk organik cair terhadap pH, N-total, C-organik, dan hasil pakcoy pada Inceptisols. Prosiding SEMNASTAN “Pertanian dan Tanaman Herbal Berkelanjutan di Indonesia”. Universitas Muhammadiyah Jakarta. Jakarta. Hlm. 213-219.