

Aplikasi limbah padat budidaya maggot terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica chinensis* L.)

Application of solid waste maggot cultivation on the growth and production of pakcoy (Brassica chinensis L.)

Listya Purnamasari^{1*}, Rina Anggraini², Wildan Muhlison², Irwanto Sucipto², dan Seong Gu Hwang³

¹Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jalan Kalimantan 37, Jember 68121

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jalan Kalimantan 37, Jember 68121

³School of Animal Life and Convergent Science, Faculty of Natural Science, Hankyong National University, 327, Jungang-ro, Anseong-si, Gyeonggi-do. 17579

*Email Koresponden: listyap.faperta@unej.ac.id

Abstrak. Biokonversi sampah organik dapat dilakukan dengan memanfaatkan agen larva lalat tentara hitam/*black soldier* (*Hermetia illucent*) atau maggot. Residu budidaya maggot dapat dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh aplikasi limbah padat budidaya maggot dan dosis optimal yang dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman pakcoy (*Brassica chinensis* L.). Penelitian dilakukan di *greenhouse* dengan desain rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan yaitu pemberian dosis (0, 90, 180, 270 dan 360 gram) pada media tanam dengan berat total 4180 gram per polybag. Masing-masing perlakuan terdiri atas 5 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian limbah padat budidaya maggot berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, berat segar tanaman, dan berat kering tanaman namun tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar. Pemberian dosis 180 gram pada media tanam memberikan rata-rata hasil tertinggi dibandingkan dengan dosis lainnya. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu limbah padat budidaya maggot dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk meningkatkan produktivitas tanaman.

Kata kunci: limbah organik, maggot, pakcoy

Abstract. Bioconversion of organic waste can use the agent of black soldier fly larvae (*Hermetia illucent*) or maggot. Maggot cultivation residue can be used as plant fertilizer. This study aimed to determine the effect of the application of maggot cultivation solid waste and the optimal dose that could be used to increase the growth and productivity of pakchoi (*Brassica chinensis* L.). The study was conducted in a greenhouse with a completely randomized design (CRD) with 5 treatments, namely the dose of maggot solid waste (0, 90, 180, 270, and 360 grams) on planting media with a total weight of 4180 grams per polybag. Each treatment consisted of 5 replications. The results showed that the application of solid waste of maggot cultivation had a significant effect on plant height, the number of leaves, plant fresh weight, and plant dry weight but had no significant effect on root length. Application of a dose of 180 grams on plant media gave the highest average yield compared to other doses. This study concludes that the solid waste of maggot cultivation can be used as organic fertilizer to increase plant productivity.

Keywords: organic waste, maggot, pakchoi

PENDAHULUAN

Peningkatan pertumbuhan penduduk di Indonesia, berkorelasi dengan meningkatnya jumlah sampah yang dihasilkan. Kurang optimalnya pengelolaan limbah ini akan berakibat pada pencemaran lingkungan. Data Badan Pusat Statistik tahun 2021, menunjukkan bahwa volume sampah yang dihasilkan di Indonesia tahun 2019 mencapai 406.387,76 m³/hari dan meningkat di tahun 2020 yaitu 412.037,64 m³/hari serta lebih dari 50% diantaranya merupakan sampah organik. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pengelolaan sampah organik yaitu teknik biokonversi yang melibatkan organisme dalam prosesnya (Niu et al., 2022). Larva lalat tentara hitam atau *black soldier* (BSF/*Hermetia illucent*) merupakan salah satu agen biokonversi limbah organik seperti sisa makanan, produk sampingan agribisnis, kotoran hewan hingga produk berbasis daging (Surendra et al., 2020). Pengolahan pupuk dengan teknik biokonversi menggunakan larva BSF lebih efisien dalam pengurangan biomassa dan siklus pengolahan dibandingkan dengan pengomposan baik aerobik maupun anaerobik (Parodi et al., 2021).

Residu yang dihasilkan dari proses pengelolaan sampah organik menggunakan larva BSF mengandung organik unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai pupuk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa limbah organik ampas tahu dan limbah sayur yang telah dibiokonversi dengan menggunakan larva BSF selama 15 hari menghasilkan nilai N, P, K, C/N, pH, dan KA yang sesuai dengan persyaratan SNI 19-7030-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik (Purnamasari, Muhlison & Sucipto, 2020).

Pengaplikasian pupuk padat limbah budidaya BSF dapat dilakukan diberbagai jenis tanaman seperti tanaman pakcoy (*Brassica chinensis* L.). Tanaman pakcoy memiliki banyak manfaat bagi Kesehatan karena kaya akan asam amino esensial, vitamin A, B, C, E dan K (Samec & Salopek-Sondi, 2019) serta antioksidan (Isabelle et al., 2010). Asam amino beberapa manfaat diantaranya yaitu menurunkan tekanan darah (Rose, 2019), mencegah penyakit kronis (Dinkova-Kostova dan Kostov, 2012), dan menurunkan resiko kanker (Rees et al., 2017). Tanaman pakcoy banyak digemari oleh masyarakat dengan harga yang terjangkau, kandungan gizi yang tinggi serta umur panen yang relative cepat sehingga tanaman ini berpotensi untuk ditingkatkan produktivitasnya.

Pemberian pupuk padat limbah budidaya cacing (kascing) pada tanaman pakcoy mampu meningkatkan tinggi, luas daun, bobot biomassa dan bobot segar tanaman (Limbong et al., 2014). Potensi pengaplikasian pupuk limbah padat larva BSF diharapkan akan meningkatkan produktivitas tanaman pakcoy sama halnya dengan pengaplikasian kascing. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian limbah padat budidaya maggot dan dosis yang optimal yang dapat digunakan dalam peningkatan produktivitas tanaman pakcoy.

MATERI DAN METODE

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu polybag 30 x 30 cm, timbangan digital, penggaris, dan sekop taman. Bahan yang digunakan yaitu benih pakcoy, media semai/polybag sosis, ampas tahu, larva BSF/maggot dan limbah padat budidaya maggot. Desain Rancangan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor perlakuan yaitu dosis limbah padat maggot sebagai berikut:

- P0 = Kontrol (tanpa limbah padat maggot)
- P1 = 90 gram/polybag
- P2 = 180 gram/polybag
- P3 = 270 gram/polybag
- P4 = 360 gram/polybag

Adapun total media tanam dalam satu polybag yaitu 4180 gram. Media tanam yang digunakan yaitu tanah yang dicampurkan dengan limbah padat maggot sesuai dengan masing-masing perlakuan. Komposisi limbah padat budidaya maggot yang digunakan dalam penelitian ini telah dipublikasikan dalam Purnamasari, Muhlison & Sucipto, (2020) yaitu kandungan nitrogen sebesar 0,42%; Phospor 0,63%; kalium 1,11%; C-Organik 12,41% dan C/N ratio 29,54.

Biokonversi Limbah Ampas Tahu Oleh Larva BSF

Limbah ampas tahu dengan pH 6 dan kadar air 87.6% dimasukkan ke dalam bak plastic sebanyak 1 kg kemudian ditambahkan larva BSF berumur 6 hari sebanyak 50 gram. Limbah ampas tahu ditambahkan setiap 3 hari ke dalam bak budidaya. Pemisahan maggot dengan limbah padat hasil budidaya maggot dilakukan setelah 15 hari. Hasil biokonversi berupa limbah padat kemudian digunakan sebagai campuran media tanam.

Penyemaian, Penanaman, dan Pemanenan

Tahap awal penyemaian yaitu seleksi benih yang dilakukan dengan memasukkan benih pakcoy ke dalam wadah yang berisi air. Benih yang tenggelam digunakan dalam penelitian. Benih direndam selama satu malam dengan tujuan merangsang hormone pertumbuhan benih. Setelah itu benih dimasukkan kedalam media semai (polybag sosis) dan disiram setiap pagi dan sore serta diletakkan di tempat dengan intensitas cahaya matahari yang cukup.

Setelah 14 hari, bibit pakcoy dipindahkan ke dalam media tanam polybag 30x30 cm sesuai perlakuan dan ulangan. Bibit yang digunakan memiliki helai daun sebanyak 4-5 helai. Penanaman dilakukan pada sore hari. Tanaman disiram setiap pagi dan sore atau sesuai dengan kondisi di lapangan dan ditempatkan pada tempat dengan intensitas cahaya matahari yang cukup. Pengendalian hama dan penyiangan gulma dilakukan secara manual. Tanaman pakcoy dipanen 28 hari setelah pindah tanam. Pemanenan dilakukan dengan cara mengambil seluruh bagian tanaman secara utuh dengan cara membongkar media tanam secara hati-hati untuk mencegah kerusakan tanaman yang dapat mengganggu produksi.

Pengamatan

Variable yang diukur mengikuti metode (Safitri, Dharma & Dibia, 2020) yaitu:

1. Tinggi Tanaman (cm) yang diukur dengan menggunakan penggaris mulai dari pangkal batang sampai ke ujung titik tumbuh tanaman dengan interval 1 minggu sekali sampai panen.
2. Jumlah daun (helai) dihitung dari daun yang telah membuka sempurna sampai daun yang paling tua dengan interval 1 minggu sekali sampai panen.
3. Berat basah tanaman (gram) ditimbang dengan timbangan digital setelah tanaman berumur 28 hari setelah pindah tanam tanpa akar tanaman.
4. Berat kering tanaman (gram) diukur setelah penimbangan berat basah dan Panjang akar tanaman, kemudian tanaman dimasukkan ke dalam amplop coklat dan di oven dalam suhu 70 °C selama 24 jam.
5. Panjang akar (cm) diukur dengan menggunakan penggaris pada akar tanaman pakcoy yang telah dibersihkan dan dicuci dengan menggunakan air mengalir.

Analisis Data

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan menggunakan analisis varian (ANOVA) dengan uji lanjut Berbeda nyata jujur (BNJ) pada taraf kepercayaan 5% dengan menggunakan software SPSS versi 24.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Media tanam yang digunakan yaitu tanah gumuk yang berada di Kecamatan Sukowono yang belum pernah ditanami sebelumnya. Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa unsur hara yang terdapat di dalamnya tergolong rendah. Kandungan air tanah sebesar 3,13%; nitrogen 0,05%; fosfor 25,86 ppm dan kalium 17,36 ppm dengan pH netral yaitu 6,6. Sedangkan kandungan nutrisi limbah padat maggot yang digunakan pada penelitian ini telah dipublikasikan dalam Purnamasari, Muhlison & Sucipto, (2020). yaitu kandungan nitrogen sebesar 0,42%; fosfor 0,63%; kalium 1,11%; C-Organik 12,41% dan rasio C/N 29,54. Tingginya rasio C/N pada limbah padat maggot menunjukkan bahwa dekomposisi masih belum sempurna. Proses biokonversi pada saat penelitian hanya dilakukan dalam jangka waktu 9 hari atau sampai larva berumur 15 hari. Menurut Oktavia & Firra, (2020), larva BSF (maggot) akan mampu

mendekomposisi limbah secara maksimal dalam waktu 10-27 hari. Selain itu, waktu yang diperlukan juga dipengaruhi oleh jumlah massa atau porsi makan yang diberikan selama proses biokonversi. Menurut Kahar et al. (2020), proses biokonversi sampah organik yang dilakukan menggunakan larva BSF (maggot) diperpanjang sampai dengan 1 siklus hidup larva. Hal ini bertujuan untuk menurunkan rasio C/N pada limbah maggot. Selama proses dekomposisi limbah organik, total konsentrasi nitrogen dan ammonium nitrogen menurun 11,8% dan 22,6% dan total nitrogen nitrat meningkat 18,7 kali (Ma et al., 2022).

Larva BSF dapat hidup di berbagai jenis limbah organik seperti limbah organik makanan, limbah organik pertanian, limbah rumah potong hewan, kotoran ternak bahkan kotoran manusia (Salam et al., 2022). Limbah organik yang berasal dari makanan seperti sayuran, buah dan sampah dapur merupakan substrat yang paling cocok digunakan untuk pertumbuhan larva BSF dengan kandungan nutrient yang tinggi (protein, selulosa, dan mineral) (Deng et al., 2022). Dibandingkan biokonversi limbah organik dengan agen serangga yang lain, larva BSF lebih banyak menghasilkan biomasa serangga dengan komposisi nutrient yang lebih tinggi (Wang et al., 2020). Efisiensi yang dihasilkan dari dekomposisi limbah organik mencapai 55%-80% (Beesigamukama et al., 2021). Kemampuan larva dalam mendegradasi sampah organik dipengaruhi oleh jumlah substrat yang dapat dikonsumsi. Dalam penelitian ini, dekomposisi substrat limbah ampas tahu mencapai 80,71% sehingga dapat dikatakan efisien sebagai media biokonversi. Jumlah substrat yang dikonsumsi dipengaruhi oleh ukuran partikel, nutrien dan kadar air (Muhlison et al. 2021)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian limbah padat maggot berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah dan berat kering tanaman namun tidak berbeda nyata terhadap panjang akar tanaman. Hasil analisis data pada setiap variabel pengamatan tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Rangkuman nilai F-Hitung seluruh variabel pengamatan

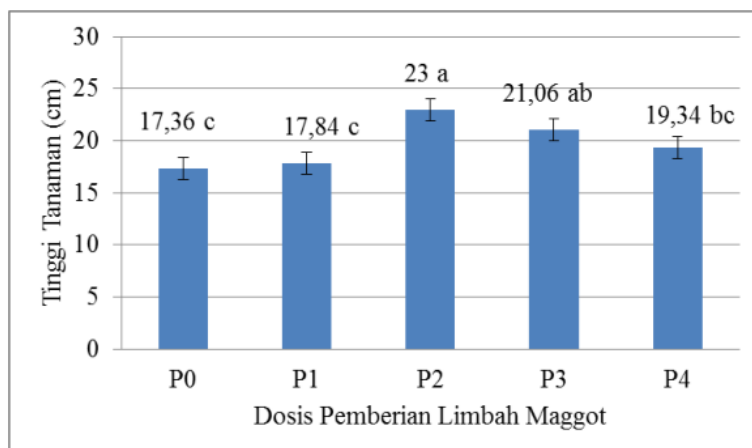
No.	Variabel pengamatan	Nilai F-Hitung
1.	Tinggi tanaman (cm)	16,19**
2.	Jumlah daun (helai)	17,00**
3.	Panjang akar (cm)	0.78 ^{ns}
4.	Berat basah tanaman (gram)	268,2**
5.	Berat kering oven tanaman (gram)	36,64**

Keterangan: **=berbeda sangat nyata, *=Berbeda nyata, ^{ns}=Tidak nyata

Pemberian limbah padat maggot dengan dosis 180 gram merupakan pemberian limbah terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Penurunan pertumbuhan terjadi pada dosis >180 gram disebabkan penggunaan pupuk berlebih dapat mengganggu mikroorganisme dalam tanah dan membuat tanah menjadi asam, keras dan tidak gembur (Hui et al. 2021). Panjang akar yang tidak berbeda nyata disebabkan perlakuan penyiraman atau aerasi pada perlakuan satu dengan yang lainnya sama. Panjang dan banyaknya akar tanaman akan meningkat apabila terdapat cekaman atai kekurangan air (Mooctava, Koesriharti, & Maghfoer, 2013).

Tinggi Tanaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian limbah padat maggot berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman antara kontrol dengan perlakuan. Perlakuan dosis 180 gram limbah padat maggot menghasilkan rerata tinggi tanaman tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

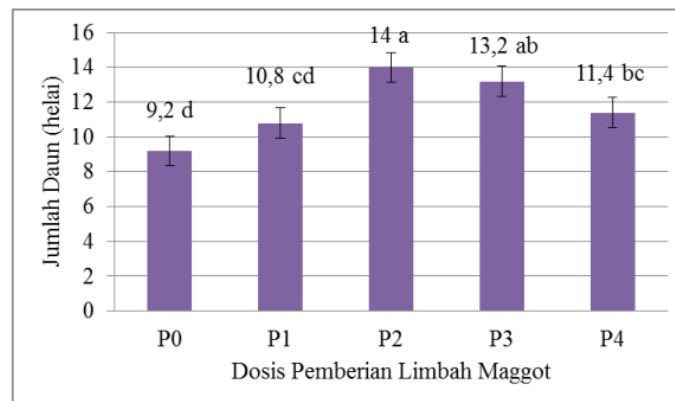


Gambar 1. Pengaruh dosis limbah padat maggot terhadap tinggi tanaman. Huruf yang berbeda pada kolom menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Pupuk padat limbah budidaya maggot memiliki unsur hara yang dapat menyuburkan tanaman. Unsur hara merupakan salah satu faktor utama yang menentukan pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman (Rahmina, Nurlaelah & Handayani, 2017). Adanya unsur hara yang terkandung di dalam media tanam mampu dijadikan sebagai salah satu pemenuhan tanaman dalam melanjutkan siklus hidupnya. Tanaman yang kekurangan atau kelebihan unsur hara akan menyebabkan terganggunya proses metabolisme dan menghambat pertumbuhan. Berdasarkan penelitian Purnamasari, Muhlison & Sucipto, (2020), kandungan nitrogen hasil dekomposisi larva BSF pada media ampas tahu yaitu 0,42%; fosfor 0,63%; kalium 1,11%; C-Organik 12,41% yang telah memenuhi syarat sebagai kompos berdasarkan SNI-19-7030-2004. Pemberian dosis yang sesuai mampu meningkatkan pertumbuhan pada tanaman. Unsur hara yang paling dibutuhkan di dalam proses pertumbuhan adalah unsur N. Unsur N tersebut merupakan unsur yang paling dibutuhkan dibandingkan dengan unsur lainnya pada saat fase vegetatif atau fase pertumbuhan (Sarif, Hadid & Wahyudi, 2015). Pertumbuhan tinggi tanaman ditentukan oleh adanya pertumbuhan dan perkembangan sel yang ada di dalam tanaman itu sendiri. Sel yang terdapat di dalam tanaman akan melakukan pembelahan dan pemanjangan sehingga akan meningkatkan pertumbuhan tinggi pada tanaman. Terjadinya pertambahan tinggi tanaman tersebut juga dipengaruhi oleh faktor eksternal yaitu berupa unsur hara yang tersedia pada media tanam (Dominiko, Setyobudi & Herlina, 2018).

Jumlah Daun

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian limbah padat maggot berpengaruh nyata terhadap jumlah daun antara kontrol dengan perlakuan. Perlakuan dosis 180 gram limbah padat maggot menghasilkan rerata jumlah daun tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Tercukupinya pasokan unsur hara yang diberikan pada tanaman, dapat meningkatkan jumlah daun yang dihasilkan utamanya kandungan nitrogen (N). Limbong et al., (2014) menyatakan bahwa unsur N merupakan salah satu unsur yang berperan penting dalam proses pertumbuhan vegetatif tanaman berupa tinggi, jumlah, serta luas daun yang berpengaruh pada bobot biomassa, bobot segar, serta indeks panen. Hal ini menunjukkan bahwa unsur N menjadi unsur terpenting yang dibutuhkan dalam fase vegetatif tanaman.

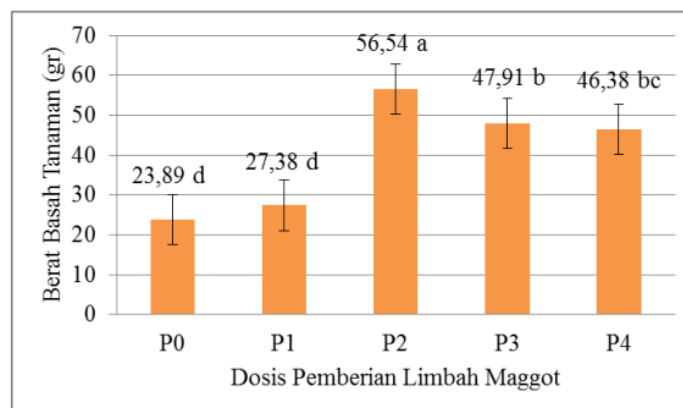


Gambar 2. Pengaruh dosis limbah padat maggot terhadap jumlah daun. Huruf yang berbeda pada kolom menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Nitrogen adalah penyusun bahan baku klorofil yang berguna dalam proses fotosintesis. Melalui klorofil tersebut energi matahari akan diserap dan digunakan untuk proses makro-molekul di dalam sel hingga menjadi cadangan makanan. Sebagian besar cadangan makanan yang dihasilkan dalam proses fotosintesis akan ditranslokasikan pada organ vegetatif tanaman sehingga dengan seperti itu jumlah daun akan meningkat (Noverita., 2005).

Berat Basah Tanaman

Berat basah tanaman merupakan berat segar yang dihitung atau dilakukan pengukuran pada saat setelah panen. Pengukuran berat basah perlu langsung dilakukan saat setelah panen, hal ini dikarenakan berat basah tanaman merupakan akumulasi total hasil fotosintat dan air yang terkandung di dalam tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian limbah padat maggot berpengaruh nyata terhadap berat basah tanaman antara kontrol dengan perlakuan. Perlakuan dosis 180 gram limbah padat maggot menghasilkan rerata berat basah tanaman tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya.



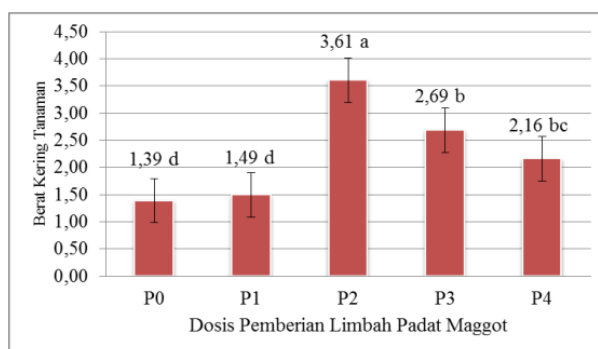
Gambar 3. Pengaruh dosis limbah padat maggot terhadap berat basah tanaman. Huruf yang berbeda pada kolom menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Hasil berat basah tanaman pada penelitian ini masih tergolong rendah dibanding penelitian Sukasana, Karnata & Irawan, (2019) yang menggunakan AB Mix pada tanaman pakcoy dengan berat basah tanaman mencapai 369,38 gram/tanaman dan penelitian Utami & Mieke (2018) dengan pengaplikasian kombinasi pupuk anorganik dan pupuk hayati dengan nilai rata-rata 73,5 gram/tanaman. Hal ini disebabkan kandungan unsur hara pada limbah maggot tergolong rendah yaitu Nitrogen 0.42% dan phosphor 0.63%. Kandungan pupuk organik limbah maggot sudah sesuai dengan persyaratan dari SNI SNI kompos 19-703-2004 namun kandungan C/N masih

terlalu tinggi yaitu 29,54 yang seharusnya maksimal 20. Kandungan air dan hasil fotosintat juga berpengaruh terhadap berat basah. Melalui terserapnya air dan CO₂ dalam jumlah yang cukup dan dibantu oleh cahaya matahari, proses fotosintesis akan berjalan sehingga akan menghasilkan karbohidrat. Dimana karbohidrat tersebut dibutuhkan dalam proses pembelahan sel. Adanya pembelahan sel yang terjadi pada tanaman menyebabkan jumlah dan volume sel semakin bertambah sehingga mampu meningkatkan berat basah tanaman (Vivonda, Armaini & Yosefa, 2016). Berat basah tanaman juga erat kaitannya dengan parameter pertumbuhan yang lain seperti tinggi tanaman, jumlah daun, akar dan kadar klorofil (Rizal, 2017).

Berat Kering Oven

Berat kering tanaman diperoleh melalui pengukuran berat tanaman yang telah dioven pada suhu 70°C selama 24 jam hingga menghasilkan berat kering mutlak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian limbah padat maggot berpengaruh nyata terhadap berat kering oven antara kontrol dengan perlakuan. Perlakuan dosis 180 gram limbah padat maggot menghasilkan rerata berat kering oven tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya.



Gambar 4. Pengaruh dosis limbah padat maggot terhadap berat kering oven. Huruf yang berbeda pada kolom menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Berat kering total dari hasil panen menjelaskan pertumbuhan pada bagian vegetatif tanaman. Pertumbuhan yang terjadi pada tanaman merupakan hasil akumulasi bahan organik yang dihasilkan dari proses fotosintesis (Bahar & Santosa, 2018). Peningkatan berat kering tanaman menunjukkan bahwa pertumbuhan vegetatif yang terjadi berjalan dengan baik. Selain itu, berat kering tanaman juga dipengaruhi oleh faktor dari lingkungan seperti energi matahari. Energi matahari sangat diperlukan oleh tanaman untuk melakukan fotosintesis sehingga semakin lama efisiensi energi matahari yang dimanfaatkan oleh tanaman maka akan meningkatkan berat kering tanaman (Perwatasari, Tripatmasari & Wasonwati, 2012). Berat basah dan berat kering tanaman menunjukkan adanya penyerapan air dan nutrisi secara optimal yang kemudian akan diakumulasi menjadi cadangan sumber energi (Wahyuningsih, Fajriani & Aini, 2016). Pemberian nutrisi yang berlebihan juga akan menyebabkan terjadinya kejenuhan pada tanaman, sehingga akan menurunkan serapan dan efisiensi serapan. Menurunnya serapan unsur hara akan berpengaruh terhadap berat kering tanaman (Mukti et al., 2017).

KESIMPULAN

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman pakcoy pada penelitian ini masih berada di bawah kriteria deskripsi dari varietas pakcoy tersebut. Tingginya rasio C/N pada limbah padat maggot menunjukkan bahwa dekomposisi masih belum sempurna. Pemberian limbah padat maggot berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah dan berat kering tanaman pakcoy. Namun, tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar tanaman pakcoy. Pemberian limbah padat maggot dengan dosis 180 gram merupakan pemberian limbah terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Saran dari penelitian ini yaitu perlunya dilakukan penambahan perlakuan, pertimbangan media/limbah yang digunakan serta waktu dekomposisi agar rasio C/N sesuai dengan SNI kompos 19-703-2004.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahzar, M.H., & Santosa, M. (2018). Pengaruh nutrisi dan media tanam terhadap pertumbuhan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa L. Var. Chinensis*) dengan sistem hidroponik sumbu. *Produksi Tanaman*, 6(7), 1273-1281
- Beesigamukama, D., Mochoge, B., Korir, N.K., Fiaboe, K. K. M., Nakimbugwe, D., Khamis, F. M., Subramanian, S., Wangu, M. M., Dubois, T., Ekesi, S., & Tanga, C. M. (2021). Low-cost technology for recycling agro-industrial waste into nutrient-rich organic fertilizer using black soldier fly. *Waste Management*, 119, 183-194. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.043>
- BPS. (2021). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2021*. Badan Pusat Statistik.
- Deng, B., Zhu, J., Wang, G., Xu, C., Zhang, X., Wang, P., & Yuang, Q. (2022). Effects of three major nutrient contents, compost thickness and treatment time on larval weight, process performance and residue component in black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) composting. *Journal of Environmental Management*, 307. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114610>
- Dinkova-Kostova, A. T., & Kostov, R. V. (2012). Glucosinolates and isothiocyanates in health and disease. *Trends in Molecular Medicine*, 18(6), 337–347. <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2012.04.003>
- Dominiko, T.A., Setyobudi, L., & Herlina, N. (2018). Respon tanaman pakcoy (*Brassica rapachinensis*) terhadap penggunaan pupuk kascing dan biourin kambing. *Produksi Tanaman*, 6(1), 188-193
- Hui, K., Tang, J., Cui, Y., Xi, B., & Tan, W. 2021. Accumulation of phthalates under high versus low nitrogen addition in a soil-plant system with sludge organic fertilizers instead of chemical fertilizers. *Environmental Pollution*, 291. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118193>
- Isabelle, M., Lee, B. L., Lim, M. T., Koh, W., Huang, D., & Ong, C. N. (2010). Antioxidant activity and profiles of common vegetables in Singapore. *Food Chemistry*, 120 (4), 993 – 1003. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.038>
- Kahar, A., Busyairi, M., Sariyadi, Hermanto, A., & Ristanti, A. (2020). Bioconversion of municipal organic waste using black soldier fly larvae into compost and liquid organic fertilizer. *Konversi*, 9(2), 35-40
- Limbong, B., Putri, L. A. P., & Kardhinata, E. H. (2014). Respon pertumbuhan dan produksi sawi hijau terhadap pemberian pupuk organik kascing. *Agroekoteknologi*, 2(4), 1458 – 1489.
- Ma, J., Jiang, C., Tao, X., Sheng, J., Sun, X., Zhang, T., & Zhang Z. (2022). Insights on dissolved organic matter and bacterial community succession during secondary composting in residue after black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) bioconversion for food waste treatment. *Waste Management*, 142, 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.01.034>
- Moctava, M. A., Koesriharti, K., & Maghfoer, M. D. 2013. Respon Tiga Varietas Sawi (*Brassica Rapa L.*) Terhadap Cekaman Air. *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(2), 90-98. <https://dx.doi.org/10.21176/protan.v1i2.23>
- Muhlison, W., Purnamasari, L. Sucipto, I., Saputra, T. W., & Ahmad, N. K. N. 2021. Study of the Bioconversion Process of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae in Decomposition of Various Variations of Organic Waste. *Techno: Jurnal Penelitian*, 10 (2), 115-124. <http://dx.doi.org/10.33387/tjp.v10i2.2803>
- Mukti, M.S., Wardiyati, T., & Islami, T. (2017). Pengaruh waktu pemberian pupuk kandang dan dosis urea terhadap hasil pertumbuhan dan kadar nitrogen tanaman kailan (*Brassica oleraceae L. var. Nova*). *Produksi Tanaman*, 5(2), 224-231.
- Niu, S. H., Liu, S., Deng, W. K., Wu, R. T. Cai, Y. F., Liao, X. D., & Xing, S. C. (2022). A sustainable and economic strategy to reduce risk antibiotic resistance genes during poultry manure bioconversion by black soldier fly *Hermetia illucens* larvae: Larval density adjustment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 232. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113294>
- Noverita, S. V. (2005). Pengaruh pemberian nitrogen dan kompos terhadap komponen pertumbuhan tanaman lidah buaya (*Aloe vera*). *Bidang Ilmu Pertanian*, 3(3), 95-105
- Oktavia, E., & Rosariawari, F. (2020). Rancangan unit pengembangbiakan Black Soldier Fly (BSF) sebagai alternatif biokonversi sampah organik rumah tangga (Review), 1(1), 65-75
- Parodi, A., Gerrits, W. J. J., Van Loon, J. J. A. De Boer I. J. M., Aarnink, A. J. A., & Van Zanten, H.

- H. E. (2021). Black soldier fly reared on pig manure: bioconversion efficiencies, nutrients in the residual material, greenhouse gas and ammonia emissions. *Waste Management*, 126, 674 – 683. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.001>
- Perwatasari, B., Tripatmasari, M., & Wasonowati, C. (2012). Pengaruh media tanam dan nutrisi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakchoi (*Brassica juncea* L.) dengan sistem hidroponik. *Agrovigor*, 5(1), 14-25
- Purnamasari, L., Muhlison M., & Sucipto, I. (2021). Biokonversi limbah ampas tahu dan limbah sayur dengan menggunakan agen larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *ANIMPRO: Conference of Applied Animal Science Proceeding Series*, 105–111. <https://doi.org/10.25047/animpro.2021.13>
- Rahmina, W., Nurlaelah I., & Handayani. (2017). Pengaruh perbedaan komposisi limbah ampas tahu terhadap pertumbuhan tanaman pakchoi (*Brassica rapa* L. Ssp. *Chinensis*). *Pendidikan dan Biologi*, 9(2), 32-38
- Rees, J. R., Morris, C. B., Peacock, J. L., Ueland, P. M., Barry, E. L., McKeown-Eyssen, G. E., Figueiredo, J. C., Snover, D. C., & Baron, J. A. (2017). Unmetabolized folic acid, tetrahydrofolate, and colorectal adenoma risk *Cancer Prevention Research*, 10(8), 451-458. <https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-16-0278>
- Rizal, S. (2017). Pengaruh nutrisi yang diberikan terhadap pertumbuhan tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang ditanam secara hidroponik. *Sainmatika*, 14(1), 38-44.
- Rose, A. J. (2019). Amino acid nutrition and metabolism in health and disease. *Nutrients*, 11 (11). <https://doi.org/10.3390/nu11112623>
- Safitri, K., Dharma, I P., & Dibia, I N. 2020. Pengaruh Komposisi Media Tanam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica chinensis* L.). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 9(4), 198-207.
- Salam, M., Shahzadi, A., Zheng, H., Alam, F., Nabi, G., Dezhi, S., Ullah, W., Ammara, S., Ali, N., & Bilal, M. (2022). Effect of different environmental conditions on the growth and development of Black Soldier Fly Larvae and its utilization in solid waste management and pollution mitigation. *Environmental Technology & Innovation*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102649>
- Samec, D., & Salopek-Sondi, B. (2019). Cruciferous (Brassicaceae) Vegetables. *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*, 195-202.
- Sarif, P., Hadid, A., & Wahyudi I. (2015). Pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) akibat pemberian berbagai dosis pupuk urea. *Agrotekbis*, 3(5), 585-591.
- Sukasana, I. W., Karnata, I.N., & Irawan B. (2019). Meningkatkan pertumbuhan dan hasil pakcoy (*Brassica juncea rapa* L.) dengan mengatur dosis nutrisi AB Mix Agrifarm dan umur bibit secara hidroponik sistem NFT. *Unmasmataram*, 13(2), 212-220.
- Surendra, K. C., Tomberlin, J. K., van Huis A., Cammack J. A., Heckmann H. L., & Khanal, S. K. (2020). Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). *Waste Management*, 117, 58–80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.050>
- Utami, K.P., & Setiawati M.R. (2018). Pengaruh pupuk hayati dan anorganik terhadap populasi bakteri pelarut fosfat, tinggi tanaman, dan hasil tanaman pakcoy pada nutrient film technique. *Penelitian Saintek*, 23(1), 1-9.
- Vivonda, T., Armaini., & Yoseva, S. (2016). Optimalisasi pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) melalui aplikasi beberapa dosis pupuk bokashi. *JOM Faperta*, 3(2), 1-11.
- Wahyuningsih, A., Fajriani S., & Aini, N. (2016). Kompisisi nutrisi dan media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) sistem hidroponik. *Produksi Tanaman*, 4(8), 595-601.
- Wang, S. Y., Wu, L., Li, B., & Zhang, D. (2020). Article Navigation Reproductive Potential and Nutritional Composition of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Prepupae Reared on Different Organic Wastes. *Journal of Economic Entomology*, 113(1), 527-537. <https://doi.org/10.1093/jee/toz296>