

Optimal growth conditions for avocado (*Persea americana* Mill.) seedlings using biofertilizer-based approach with biosurfactant diethanolamide palm olein and neem extract

Kondisi optimal pertumbuhan bibit alpukat (*Persea americana* Mill.) dengan menggunakan pupuk hayati dan kombinasi ekstrak mimba serta biosurfaktan dietanolamida olein kelapa sawit

Muhamad Sopian*, Nurmayulis, Abdul H. Sodik, Julio E. R. Rumbiak

Department of Agroecotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

ARTICLE INFO

Article History

Received: Sep 25, 2023

Accepted: Dec 11, 2023

Available Online: Dec 26, 2023

Keywords:

seedling development,
eco-friendly fertilization,
plant growth enhancers,
agricultural sustainability,
green farming

Cite this:

J. Ilm. Pertan., 2023, 20 (3) 258-270

DOI:

<https://doi.org/10.31849/jip.v20i3.16276>

ABSTRACT

Avocado is a much-loved fruit with high nutritional content. However, its current production has declined due to excessive and continuous use of chemical fertilizers. Biofertilizers can be applied to reduce the reliance on chemical fertilizers, promoting soil health and fertility by providing essential macro and micronutrients for better plant growth. This study aimed to determine the optimal dosage and method for the combined application of biofertilizer, biosurfactant diethanolamide (DEA) palm olein, and neem extract on avocado seedlings. The experimental design used was a factorial randomized complete block design with two factors. The first factor was the biofertilizer dosage (B) and the second factor was the application method (M). Results indicate that a 10 mL/L biofertilizer dosage, 5% DEA, and 35% neem extract show the best effects on plant height, leaf chlorophyll levels, stem diameter, and the number of avocado leaves. The application method of applying to the planting medium yields the best results for plant height, leaf count, and leaf chlorophyll levels. There was an interaction between treatments regarding plant height at 10 weeks after transplanting (WAT) and leaf count at 8 WAT. Biofertilizer application by pouring is recommended as an alternative to inorganic fertilizers for promoting healthy avocado seedling growth.

ABSTRAK

Alpukat merupakan buah yang banyak digemari dan memiliki kandungan gizi yang tinggi, namun produksi alpukat saat ini telah mengalami penurunan yang disebabkan oleh penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dan terus menerus. Pupuk hayati dapat diaplikasikan untuk mengurangi penggunaan pupuk kimia yang dapat berdampak pada kesehatan dan kesuburan tanah dengan menyediakan unsur-unsur hara makro dan mikro sehingga pertumbuhan tanaman dapat lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis dan metode terbaik dalam aplikasi kombinasi pupuk hayati, biosurfaktan dietanolamida olein kelapa sawit, dan ekstrak mimba terhadap pertumbuhan bibit alpukat. Rancangan percobaan pada penelitian ini adalah rancangan acak kelompok faktorial yang terdiri dari dua faktor. Faktor pertama yaitu dosis pupuk hayati (B) dan faktor kedua yaitu metode aplikasi (M). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis 10 mL/L biofertilizer, 5% DEA, dan 35% ekstrak mimba memberikan pengaruh terbaik terhadap tinggi tanaman, tingkat klorofil daun, diameter batang, dan jumlah daun alpukat. Metode aplikasi dengan cara dikocor pada media tanam memberikan hasil terbaik terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan tingkat klorofil daun. Terdapat interaksi antarperlakuan terhadap tinggi tanaman umur 10 MSPT dan jumlah daun umur 8 MSPT. Pemberian pupuk hayati dengan cara dikocor mampu memberikan pertumbuhan bibit alpukat yang baik dan dianjurkan sebagai alternatif sebagai pengganti pupuk anorganik.

Corresponding author

E-mail: sofyanh151@gmail.com

PENDAHULUAN

Alpukat (*Persea americana* Mill.) merupakan buah yang banyak diminati oleh masyarakat Indonesia karena mempunyai kandungan gizi yang tinggi dan bernilai ekonomis (Marlina & Pratama, 2018). Kandungan gizi dan senyawa aktif dalam buah ini di antaranya karotenoid, asam lemak, fenol, mineral, protein, phytosterol, dan vitamin (Rahman, 2019) yang mampu membantu memenuhi kebutuhan nutrisi harian tubuh (Hartati et al., 2022). Senyawa fenolik yang terkandung pada alpukat sebesar 13,150 mgGAE/g ekstrak (Majid et al., 2023). Produksi alpukat di Provinsi Banten pada 2021 berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2021) mengalami penurunan yang cukup signifikan, yaitu mencapai 28.48% dari produksi alpukat di tahun sebelumnya. Hal tersebut terjadi disebabkan oleh beberapa faktor, seperti petani yang cenderung hanya menggunakan pola tanam monokultur, terdapat gangguan organisme pengganggu tanaman (OPT), pestisida dan pupuk kimia yang digunakan secara berlebih sehingga berdampak pada berkurangnya kesehatan serta kesuburan tanah (Sommuruga & Eldridge, 2020).

Salah satu upaya efektif dan ramah lingkungan yang dapat dilakukan yakni dengan penggunaan pupuk hayati sebagai pengganti pupuk anorganik (Purnama et al., 2023; Ando et al., 2023; Lidar & Purnama, 2021; Hartanti et al., 2014) serta pestisida nabati sebagai pengganti pestisida sintetis (Purnama & Mutamima, 2023; Mulyati, 2020) dalam pengendalian OPT. Menurut Alami et al. (2017) pupuk hayati merupakan pupuk dengan kandungan mikroba yang menguntungkan dan bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman. Pemberian pupuk hayati ini bertujuan untuk menyediakan atau memberikan unsur-unsur hara esensial yang dapat menyuburkan tanah (Aulia et al., 2016) sehingga dapat memaksimalkan pertumbuhan tanaman budidaya (Susanti et al., 2023). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Cahyadi & Widodo (2017) bahwa pemberian pupuk hayati secara berkelanjutan dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kandungan hara sehingga dapat mempengaruhi ketersediaan unsur hara tanaman.

Hama yang kerap kali hadir dalam usaha budidaya tanaman tentu saja harus dikendalikan agar tidak memengaruhi hasil produksi petani. Langkah alternatif yang efektif dilakukan adalah dengan memanfaatkan tanaman yang memiliki kandungan zat khusus yang tidak disukai oleh hama sebagai pestisida alami (Rizal & Susi, 2023) salah satunya tanaman mimba (Triani, 2021). Terdapat kandungan senyawa yang memiliki efek penghambat perkembangan serangga (Su'ud et al., 2019) dan *antifeedant* (penghambat makan) pada daun dan biji mimba (Wibawa, 2019). Kandungan zat aktif dalam daun dan biji mimba di antaranya azadiractin (Dewi et al., 2017), salanin dan meliantriol (Rusdi et al., 2017), serta nimbin dan nimbidin (Agustin et al., 2016). Hasil penelitian Mastura & Nuriana (2018) ekstrak 100% daun mimba memberikan hasil terbaik terhadap pengendalian hama kutu putih (*Planococcus minor*) pada tanaman kakao. Hal tersebut terjadi dikarenakan kandungan alkaloid pada daun mimba berperan sebagai racun sehingga menyebabkan sistem pencernaan hama terganggu.

Pemberian pupuk hayati dan ekstrak mimba dalam formulasinya memerlukan senyawa surfaktan agar pupuk tersebut pada tanah dapat tersebar merata dan jika terkena oleh air tidak mudah tercuci. Surfaktan sebagai bahan perekat, agen pembasah, zat koagulasi, agen penetrasi, pembusa, pengemulsi, dan pendispersi (Siregar et al., 2017). Surfaktan yang banyak dikenal adalah dietanolamida (DEA) (Yusriah et al., 2017), dimana dietanolamina dan metil ester minyak-minyak nabati seperti minyak kelapa dan minyak biji bunga matahari disintesis melalui reaksi amidasi (Khasanah et al., 2019). Penelitian terkait penambahan DEA olein kelapa sawit pada pupuk hayati telah dilakukan namun pada tanaman kakao (Nurmayulis et al., 2023). Penelitian yang diaplikasikan pada tanaman alpukat baru dilakukan sebagai penelitian lanjutan dari Nurmayulis et al. (2023).

Selain itu, pemupukan akan efektif apabila dilakukan dalam waktu, dosis, dan metode yang tepat (Suryani et al., 2021) sehingga tanaman dapat dengan mudah menyerap unsur hara yang diberikan (Rahmaniah et al., 2021). Pemupukan yang tepat perlu dimulai sejak fase pembibitan tanaman agar dapat menunjang pertumbuhan tanaman sehingga dihasilkan tanaman dewasa yang produktif (Firgianto et al., 2023). Saat ini pemupukan yang banyak dilakukan pada budidaya alpukat yaitu dengan pupuk anorganik. Umumnya metode aplikasi pupuk diberikan dengan cara dibuat lubang di sekitar tanaman

(Anisa & Ananto, 2021) dan atau pupuk disebar di sekitar area pertanaman (Singh et al., 2018). Faktor lain yang dapat menghambat penyerapan unsur hara di antaranya jenis pupuk yang diberikan (Rahmah et al., 2014), kondisi perakaran tanaman (Murtalaksono et al., 2020), media tanam yang digunakan (Fauziah et al., 2019), dan metode aplikasi yang digunakan (Suwirman et al., 2021). Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk cara pemberian pupuk di antaranya dengan cara dikocor, yang dapat dilakukan bersamaan dengan penyiraman, dan dapat memberikan hasil pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih baik (Kusumaningtyas et al., 2015). Teknik pemupukan lainnya dapat dilakukan dengan cara disemprot pada daun dan bagian tanaman lainnya. Pupuk yang diberikan dengan cara disemprot terjadi kontak langsung dengan daun sehingga pupuk dapat lebih mudah terserap oleh tanaman, namun penyemprotan dengan teknik ini sangat sulit untuk menentukan dosis dan konsentrasi yang efektif (Nadhira & Berliana, 2017).

Hasil penelitian oleh Hazra & Santosa (2022) menunjukkan bahwa penggunaan pupuk hayati dengan dosis 10 mL pada budidaya tanaman alpukat memberikan hasil yang pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Velez & Osorio (2016) mengemukakan bahwa penggunaan pupuk hayati dapat mempercepat penguraian bahan organik serta meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman sehingga peningkatan tinggi tanaman alpukat terjadi secara signifikan. Sukanto et al. (2014) melaporkan pemberian pupuk hayati memberikan hasil yang terbaik terhadap pertumbuhan diameter batang alpukat pada bulan ke-9 (44.39 mm) hingga bulan ke-17 (54.71). Mahbou et al. (2022) melaporkan pemberian pupuk hayati pada pembibitan alpukat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter luas daun dengan kandungan nitrogen yang dapat meningkatkan kloroplas dan luas daun. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui dosis dan metode aplikasi terbaik pada pertumbuhan bibit alpukat dari kombinasi penggunaan pupuk hayati, biosurfaktan dietanolamida olein kelapa sawit, dan ekstrak mimba.

BAHAN DAN METODE

Penelitian eksperimen ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai Agustus 2023 di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kampung Cikuya, Sindangsari, Kecamatan Pabuaran, Serang, Banten (6°12'08.1"S, 106°07'31.5"E). Bahan yang digunakan yaitu kombinasi pupuk hayati yang terdiri atas konsorsium *Bacillus* yang berasal dari isolat bakteri koleksi Laboratorium Tanah dan Agroklimat Untirta, dietanolamida (DEA) olein kelapa sawit yang didapatkan dari IPB University, dan ekstrak mimba 100% didapatkan melalui toko pertanian. Bibit tanaman alpukat yang digunakan adalah varietas YM label ungu yang merupakan hasil perbanyakan dengan metode sambung pucuk pada bulan Desember 2022. Bibit didapatkan dari Kelompok Tani LMDH Wanasari, Desa Buyut, Kecamatan Cileles, Kabupaten Lebak, Banten, Indonesia pada bulan Februari 2023. Pupuk NPK Mutiara 16-16-16 (PT. Meroke Tetap Jaya, Indonesia) digunakan sebagai pupuk dasar dalam percobaan ini.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) faktorial yang terdiri atas dua faktor. Faktor pertama yaitu dosis pupuk hayati (B) terdiri atas 4 taraf, yaitu B1 = 5 mL/L, B2 = 10 mL/L, B3 = 15 mL/L, dan B4 = 20 mL/L *biofertilizer* dengan masing-masing taraf dikombinasikan dengan DEA 5% dan ekstrak mimba 35%. Faktor kedua yaitu metode aplikasi (M), terdiri atas 3 taraf, yaitu M1 = aplikasi dikocor pada media tanam, M2 = aplikasi disemprot pada tanaman, dan M3 = aplikasi dikocor dan disemprot masing-masing pada media tanam dan tanaman.

Pelaksanaan penelitian diawali dengan pembuatan pupuk hayati asal tiga isolat bakteri *Bacillus* sp. melalui tahapan peremajaan isolat bakteri dengan media *nutrient agar* (Sarjono et al., 2022) dan perbanyakan dengan media *nutrient broth* (Herakasih & Ahda, 2019). Pembuatan ekstrak mimba dilakukan dengan 100 g biji mimba dihaluskan menggunakan *blender*, lalu dicampurkan dengan 1000 ml aquades dan dihomogenkan menggunakan *shaker* dengan waktu 15 menit kecepatan 180 rpm, didiamkan selama 24 jam kemudian disaring untuk mengambil ekstrak biji mimba 100% (Mastura & Nuriana (2018). Hasil perbanyakan tersebut kemudian dikombinasikan dengan dietanolamida olein kelapa sawit (Nurmayulis et al., 2023) dan ekstrak mimba hingga menjadi suatu produk pupuk hayati (Yusriah et al., 2017). Tahapan selanjutnya adalah pengaplikasian pupuk hayati dimulai dengan persiapan bibit alpukat varietas YM, pindah tanam bibit menggunakan *polybag* ukuran 40 × 40 cm dengan komposisi media tanam terdiri atas tanah dan arang sekam dengan

perbandingan 1:1 (Arum et al., 2022), serta diberikan pemupukan dasar NPK Mutiara sebanyak 0.25 g/polybag (Dewi et al., 2022). Pupuk hayati diaplikasikan sebanyak 5 kali selama penelitian berlangsung dengan pemberian pertama satu minggu setelah pindah tanam (MSPT) dan pemberian setelahnya dengan interval 2 minggu (Simbolon, 2022). Pemeliharaan bibit alpukat meliputi penyiraman yang dilakukan 1 kali setiap hari yang bergantung pada kondisi media tanam dan cuaca, pengendalian OPT, dan penyiangan gulma. Hasil pengamatan dianalisis dengan *software dsaastat ver. 1.514* (dikembangkan oleh Andrea Onofri, Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali (DSAA), Italia) dan diuji lanjut menggunakan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

Pengamatan dilakukan setiap dua minggu sekali pada 2, 4, 6, 8, dan 10 MSPT terhadap parameter respons berdasarkan Dewi et al. (2022), yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, dan tingkat kehijauan daun. Untuk pengukuran parameter tingkat kehijauan daun dilakukan dengan menggunakan alat *soil plant analysis development* (SPAD-502, WANT Balance Instrument Co. Ltd, China). Pengukuran dilakukan pada akhir pengamatan yakni 10 MSPT dengan memilih daun yang tampak hijau dan memiliki kualitas terbaik sebagai sampel uji. Pengukuran dengan alat tersebut menghasilkan nilai dengan satuan unit klorofil, kemudian nilai tersebut dikonversikan ke dalam satuan $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ dengan rumus yang dikutip dari Cerovic et al. (2012) sebagai berikut:

$$\text{Klorofil } (\mu\text{g}/\text{cm}^2) = \frac{(99 \times \text{SPAD (unit)})}{(144 - \text{SPAD (unit)})} \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi umum penelitian

Lokasi pelaksanaan penelitian berdasarkan data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dari Stasiun Maritim Serang pada bulan Juni hingga Agustus memiliki intensitas curah hujan minimum yaitu 0 mm dan intensitas curah hujan maksimum yaitu 84.2 mm dengan kelembapan udara rata-rata berkisar 70-94%. Lokasi penelitian berada pada ketinggian 125 meter di atas permukaan laut (mdpl) dengan suhu minimum yaitu 23.4 °C dan suhu maksimum mencapai 33.8 °C. Adapun lama penyinaran matahari berkisar antara 0-10 jam/hari. Penelitian ini dilaksanakan hingga 10 MSPT.

Kendala yang ditemukan selama penelitian berlangsung yaitu adanya serangan hama pada bibit alpukat. Hama yang ditemukan pada bibit alpukat ini di antaranya terdapat kutu dompolan putih (*Planococcus citri* Risso) dan ulat jengkal cokelat (*Hyposidra talaca* Wlk.). Kutu dompolan putih ditemukan pada saat tanaman berumur 2 MSPT. Gejala yang ditemukan adalah pada batang dan daun bagian bawah alpukat terlihat tampak pucat dan tertutup oleh tepung berwarna putih. Jika serangan hama ini dibiarkan maka akan menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat hingga akhirnya tanaman mengering. Hama tersebut memiliki tubuh berwarna cokelat kekuningan sampai merah jingga, elips, dan tertutup tepung putih. Pengendalian terhadap serangan hama dilakukan secara manual dengan mengambil hama tersebut dan membuangnya. Sementara itu, ulat jengkal cokelat ditemukan pada saat tanaman berumur 3-4 MSPT. Gejala yang ditemukan yakni pada daun alpukat menimbulkan bercak dan terkikis bekas gigitan ulat. Hama ini terlihat menggantung dan berada pada pinggir daun. Ulat ini berwarna cokelat dan terdapat garis-garis putih di sepanjang tubuhnya. Pengendalian hama ini juga dilakukan secara manual dengan mengambil dan membuangnya.

Pengendalian lain yang dilakukan yaitu dengan pemberian pupuk hayati yang memiliki kandungan ekstrak biji mimba sebanyak 35%. Ekstrak biji mimba tersebut terbukti dapat memberikan pengaruh terhadap serangan hama-hama yang muncul pada tanaman alpukat. Pupuk hayati setelah diaplikasikan sebanyak dua kali, hama tersebut tidak ditemukan lagi pada tanaman alpukat hingga penelitian berakhir pada 10 MSPT. Biji mimba memiliki kandungan senyawa azadiractin yang berperan sebagai penghambat kerja hormon ecdison pada serangga. Menurut Hidana (2017) dalam biji mimba terdapat kandungan azadiractin yang bersifat insektisida alami dan berfungsi menghambat proses metamorfosis pada serangga. Sehingga proses perubahan dari telur menjadi larva dapat terganggu dan dapat menyebabkan kematian pada serangga.

Tinggi tanaman

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil analisis berupa kombinasi antar kedua perlakuan dosis pupuk hayati dan metode aplikasi memberikan pengaruh interaksi terhadap pertumbuhan tinggi tanaman alpukat umur 10 MSPT (hasil analisis disajikan pada Tabel 1). Hasil terbaik ditunjukkan pada kombinasi perlakuan B3M1, yaitu 15 mL/L *biofertilizer*, 5% DEA, dan 35% ekstrak mimba per tanaman dengan metode aplikasi pupuk dikocor pada media tanam. Hasil pertumbuhan rata-rata tinggi tanaman terbaik tersebut mencapai 60.33 cm.

Pupuk hayati, yang di dalamnya terkandung konsorsium *Bacillus* sp., merupakan pupuk hayati dengan kandungan bakteri pelarut fosfat (BPF) yang dapat membantu proses mineralisasi senyawa P organik dan meningkatkan ketersediaan fosfat tersedia dalam tanah. Peranan lain dari bakteri tersebut yaitu dapat mengikat nitrogen bebas (Mukamto et al., 2015) sehingga pertumbuhan tinggi tanaman dapat lebih optimal karena bakteri tersebut mampu mendorong pertumbuhan akar untuk menyerap lebih banyak hara dan mineral (Haryuni et al., 2015). Pemberian pupuk hayati akan efektif apabila diberikan dalam waktu, konsentrasi, dan metode yang tepat sehingga pertumbuhan dan produksi tanaman dapat optimal (Rahmaniah et al., 2021).

Tabel 1. Pengaruh interaksi kombinasi antarkedua perlakuan dosis pupuk hayati dan metode aplikasi terhadap tinggi tanaman alpukat pada umur 10 MSPT

Umur Tanaman (MSPT)	Dosis Pupuk Hayati (B)	Metode Aplikasi			Rata-rata
		M1	M2	M3	
		cm.....		
10	B1	49.67 bcde	48.00 cde	47.33 e	48.33
	B2	58.67 a	55.00 ab	54.33 abcd	56.00
	B3	60.33 a	54.67 abcd	47.00 e	54.00
	B4	51.33 bcde	49.67 bcde	55.00 abc	52.00
	Rata-rata	55.00	51.83	50.92	52.58

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada baris atau kolom menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Tabel 2. Pengaruh mandiri dosis pupuk hayati dan metode aplikasi terhadap tinggi tanaman alpukat

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm) pada umur (MSPT)				
	2	4	6	8	10
Dosis pupuk hayati:					
B1 (5 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	37.50 b	39.72 c	42.67 b	44.33 b	48.33 c
B2 (10 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	42.50 a	45.61 a	50.67 a	52.56 a	56.00 a
B3 (15 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	41.33 a	43.56 ab	48.11 a	50.11 a	54.00 ab
B4 (20 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	40.33 a	42.83 b	47.22 a	49.56 a	52.00 bc
Metode aplikasi:					
M1 (aplikasi dikocor pada media tanam)	41.42	44.83 a	50.50 a	52.33 a	55.00 a
M2 (aplikasi disemprot pada tanaman)	40.42	42.42 b	45.92 b	48.08 b	51.83 b
M3 (aplikasi dikocor dan disemprot pada media tanam dan tanaman)	39.42	41.54 b	45.08 b	47.00 b	50.92 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada baris atau kolom menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Perlakuan mandiri yang diberikan memberikan hasil pertumbuhan tinggi tanaman alpukat yang baik dan disajikan pada Tabel 2. Perlakuan dosis pupuk hayati berpengaruh sangat nyata pada semua umur pengamatan dengan perlakuan terbaik terdapat pada B2, yaitu dosis 10 mL/L *biofertilizer*, 5% DEA, 35% ekstrak mimba. Pada akhir pengamatan 10 MSPT

diperoleh rata-rata tinggi tanaman alpukat mencapai 56 cm yang berbeda nyata dengan perlakuan B4 (52 cm) dan B1 (48.33 cm) serta berbeda tidak nyata dengan perlakuan B3 (54 cm). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati dengan dosis 10 mL/L telah memberikan hasil yang baik dan efisien dalam dosis yang diberikan karena memberikan hasil berbeda tidak nyata pada perlakuan B3 (15 mL/L) serta B4 (20 mL/L) pada 2, 6, dan 8 MSPT. Dosis pupuk yang diberikan akan memberikan hasil yang efektif apabila kebutuhan tanaman akan unsur hara serta kandungan unsur hara dalam tanah dan pupuk tercukupi, sehingga tanaman akan tumbuh dengan baik dan memberikan pertumbuhan tinggi yang signifikan. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Hazra & Santosa (2022) bahwa pemberian 10 mL pupuk hayati memberikan laju pertumbuhan yang signifikan terhadap tinggi tanaman alpukat. Menurut Velez & Osorio (2016) bahan organik tanah dapat terurai dengan cepat dan produktivitas tanah dan tanaman dapat meningkat dengan pemberian pupuk hayati pada budidaya alpukat.

Perlakuan metode aplikasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman alpukat umur 4, 6, 8, dan 10 MSPT. Perlakuan terbaik yang dihasilkan terdapat pada M1, yaitu aplikasi dengan dikocor pada media tanam. Rata-rata tinggi tanaman pada akhir pengamatan mencapai 55 cm yang berbeda nyata dengan perlakuan M2 (51.83 cm) dan M3 (50.92 cm). Hal ini dapat diduga pemupukan dengan metode dikocor yang lebih mudah dilakukan dan pupuk hayati dapat lebih mudah terserap oleh tanaman. Pemupukan dengan cara dikocor umumnya dilakukan dengan tujuan efisiensi waktu, dimana pemupukan dapat dilakukan berbarengan dengan penyiraman. Hal ini sejalan dengan Kusumaningtyas et al. (2015) bahwa aplikasi pupuk organik cair dengan cara dikocor memberikan hasil pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih baik. Aplikasi pupuk hayati akan efektif diserap oleh tanaman apabila diberikan dalam dosis, waktu dan frekuensi, serta metode aplikasi yang tepat. Rahmaniah et al. (2021) menyatakan bahwa produksi tanaman dapat meningkat apabila pemupukan diaplikasikan dengan tepat dan unsur hara akan mudah terserap oleh tanaman.

Jumlah daun

Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa terdapat pengaruh interaksi perlakuan dosis pupuk hayati dengan metode aplikasi terhadap pertumbuhan jumlah daun umur 8 MSPT (hasil analisis disajikan pada Tabel 3). Interaksi perlakuan yang memberikan hasil terbaik terdapat pada kombinasi perlakuan B3M1, yaitu 15 mL/L *biofertilizer*, 5% DEA, dan 35% ekstrak mimba per tanaman dengan metode aplikasi pupuk dikocor pada media tanam. Pemberian pupuk hayati memberikan pasokan nitrogen dan fosfor dalam jumlah yang cukup, sehingga pertumbuhan jumlah daun pada pembibitan alpukat ini dapat meningkat.

Tabel 3. Pengaruh interaksi kombinasi antarkedua perlakuan dosis pupuk hayati dan metode aplikasi terhadap jumlah daun alpukat pada umur 8 MSPT

Umur Tanaman (MSPT)	Dosis Pupuk Hayati (B)	Metode Aplikasi			Rata-rata
		M1	M2	M3	
		helai.....		
8	B1	34.67 ab	49.33 a	27.33 b	37.11
	B2	51.67 a	44.67 ab	41.67 ab	46.00
	B3	54.67 a	26.67 b	26.00 b	35.78
	B4	46.33 ab	27.67 b	42.00 ab	38.67
	Rata-rata	46.83	37.08	34.25	39.39

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada baris atau kolom menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%

Hal ini sejalan dengan Hutagalung et al. (2013) bahwa kandungan unsur hara seperti N, P, K, dan Mg dalam pupuk hayati dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan jumlah daun. Pupuk hayati yang diberikan dengan cara dikocor dapat merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman dan memungkinkan kontak langsung antara pupuk dan tanah, sehingga tanaman dapat mengakses nutrisi yang diberikan pupuk dengan lebih baik. Aplikasi pupuk hayati dengan

cara dikocor dapat menjadi salah satu strategi yang efektif dalam mengoptimalkan jumlah daun dan pertumbuhan vegetatif tanaman alpukat.

Tabel 4. Pengaruh mandiri dosis pupuk hayati dan metode aplikasi terhadap jumlah daun alpukat

Perlakuan	Jumlah daun (helai) pada umur (MSPT)				
	2	4	6	8	10
Dosis pupuk hayati:					
B1 (5 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	25.78	32.78	38.44	37.11	43.00 b
B2 (10 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	32.11	42.00	49.11	46.00	62.56 a
B3 (15 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	23.33	32.78	37.56	35.78	45.44 b
B4 (20 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	25.89	30.22	35.56	38.67	44.22 b
Metode aplikasi:					
M1 (aplikasi dikocor pada media tanam)	27.58	38.83	47.33 a	46.83 a	49.92
M2 (aplikasi disemprot pada tanaman)	28.92	34.17	37.50 ab	37.08 b	45.83
M3 (aplikasi dikocor dan disemprot pada media tanam dan tanaman)	23.83	30.33	35.67 b	34.25 b	50.67

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada baris atau kolom menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%

Perlakuan mandiri terhadap parameter jumlah daun disajikan pada Tabel 4. Terlihat bahwa perlakuan dosis pupuk hayati hanya berpengaruh pada umur 10 MSPT terhadap pertumbuhan jumlah daun. Perlakuan terbaik terdapat pada B2 yaitu 10 mL/L *biofertilizer*, 5% DEA, 35% ekstrak mimba. Pada akhir pengamatan 10 MSPT diperoleh rata-rata jumlah daun alpukat mencapai 62.56 helai yang berbeda nyata dengan semua taraf perlakuan dosis pupuk hayati. Hal ini dapat diduga pupuk hayati dengan dosis 10 mL setelah diencerkan dalam 1000 mL air tidak mengubah kandungan bakteri di dalamnya. Kandungan konsorsium bakteri *Bacillus* sp. yang terkandung dalam pupuk hayati dapat merangsang perkembangan daun tanaman dan menghasilkan pertumbuhan daun yang lebih optimal. Puspita et al. (2018) menyatakan bahwa tinggi tanaman kakao yang terus meningkat akibat aplikasi *Bacillus* sp. sangat berkaitan dengan peningkatan jumlah daun. Jumlah daun akan semakin meningkat seiring pertumbuhan tinggi tanaman karena ruas-ruas tempat tumbuhnya daun semakin banyak.

Perlakuan metode aplikasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan jumlah daun pada umur 6 dan 8 MSPT dengan perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan aplikasi dikocor pada media tanam. Aplikasi pupuk hayati lebih efektif diberikan dengan cara dikocor pada media tanam dibandingkan dengan cara disemprot. Hal tersebut dikarenakan pupuk hayati yang digunakan memiliki kepadatan populasi bakteri *Bacillus* sp. yang tinggi dimana berjumlah 1.66×10^9 CFU. Kalay et al. (2020) menyatakan bahwa pupuk hayati yang mengandung konsorsium *Bacillus* sp. jika diberikan dalam konsentrasi yang tinggi, maka erat hubungannya dengan kepadatan populasi *Bacillus* sp.

Diameter batang

Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa dosis pupuk hayati dengan metode aplikasi tidak terjadi interaksi pada parameter diameter batang pada semua umur pengamatan, namun terdapat pengaruh yang nyata pada faktor mandiri. Dosis pupuk hayati memberikan hasil yang berpengaruh nyata terhadap diameter batang alpukat umur 4, 8, dan 10 MSPT, sedangkan perlakuan metode aplikasi memberikan hasil yang berpengaruh tidak nyata. Hasil analisis lengkap disajikan pada Tabel 5.

Perlakuan dosis pupuk hayati yang memberikan hasil terbaik terdapat pada perlakuan B2, yaitu dosis 10 mL/L *biofertilizer*, 5% DEA, 35% ekstrak mimba. Pada akhir pengamatan 10 MSPT diperoleh rata-rata diameter batang pada dosis B2 mencapai 10.27 mm, hasil tersebut berbeda nyata dengan perlakuan B1 (9.07 mm) dan B3 (8.78 mm) serta berbeda tidak nyata dengan perlakuan B4 (9.26 mm). Hal ini dapat diduga pupuk hayati dengan dosis 10 mL/L dapat merangsang

pertumbuhan batang tanaman dengan lebih baik dibandingkan dosis yang lebih tinggi atau lebih rendah. Hal ini sejalan dengan pernyataan Velez & Osorio (2016) bahwa pemberian pupuk hayati pada pembibitan alpukat dapat menghasilkan diameter batang yang bertambah. Aplikasi pupuk hayati dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi dan aktivitas mikroba yang menguntungkan tanaman. Pupuk hayati dapat meningkatkan keseimbangan nutrisi dalam tanah dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui aktivitas mikroba yang positif.

Tabel 5. Pengaruh mandiri dosis pupuk hayati dan metode aplikasi terhadap diameter batang alpukat

Perlakuan	Diameter batang (mm) pada umur (MSPT)				
	2	4	6	8	10
Dosis pupuk hayati:					
B1 (5 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	6.66	7.27 b	7.93	8.26 b	9.07 b
B2 (10 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	7.93	8.69 a	9.09	9.51 a	10.27 a
B3 (15 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	6.46	7.06 b	7.70	8.20 b	8.78 b
B4 (20 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	7.27	7.96 ab	8.40	8.69 ab	9.26 ab
Metode aplikasi:					
M1 (aplikasi dikocor pada media tanam)	7.17	7.93	8.53	8.93	9.81
M2 (aplikasi disemprot pada tanaman)	6.78	7.38	7.82	8.20	8.74
M3 (aplikasi dikocor dan disemprot pada media tanam dan tanaman)	7.29	7.92	8.49	8.87	9.48

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada baris atau kolom menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Sukanto et al. (2014) dalam penelitiannya melaporkan bahwa pemberian pupuk hayati Mega Rhizo memberikan hasil yang terbaik terhadap pertumbuhan diameter batang alpukat pada bulan ke-9 (44.39 mm) hingga bulan ke-17 (54.71). Analisis sampel tanah pada pemberian pupuk hayati Mega Rhizo menunjukkan bahwa kandungan nitrogen dalam tanah meningkat secara signifikan dari 0.17% menjadi 0.24%, sehingga pemberian pupuk ini tepat dan dapat meningkatkan laju pertumbuhan diameter batang alpukat. Menurut Kurniawan et al. (2020) menyatakan bahwa pupuk hayati Mega Rhizo merupakan pupuk yang berperan dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta dapat menyuburkan perakaran tanaman. Dalam kemasan pupuk Mega Rhizo (PT. THS Govarindo Lestari, Klaten, Indonesia) terkandung beberapa mikroorganisme diantaranya *Aspergillus niger*, *Actinomycetes* sp., *Lactobacillus* sp., *Acetobacter*, dan *Streptomyces*.

Perlakuan metode aplikasi memberikan hasil berpengaruh tidak nyata pada semua umur pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa metode aplikasi pupuk hayati yang diberikan pada pembibitan alpukat memberikan hasil yang relatif sama terhadap parameter diameter batang. Meskipun konsorsium bakteri *Bacillus* sp. memiliki potensi untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman, namun hasil yang diperoleh dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor. Beberapa faktor seperti dosis pupuk, frekuensi aplikasi, dan interaksi dengan lingkungan dapat memengaruhi hasil dari aplikasi pupuk hayati. Menurut Fina (2013) menyatakan bahwa kualitas tanah dan umur tanaman dapat mempengaruhi perkembangan diameter batang. Tanah yang memiliki kualitas yang baik dan umur tanaman yang sudah tua dapat memberikan perkembangan diameter batang yang semakin besar.

Tingkat kehijauan daun

Berdasarkan hasil analisis pada parameter tingkat kehijauan daun menunjukkan tidak terjadi interaksi antarperlakuan dosis pupuk hayati dengan metode aplikasi. Pengaruh yang nyata hanya terdapat pada perlakuan mandiri. Hasil analisis lengkap disajikan pada Tabel 6. Perlakuan dosis pupuk hayati memberikan hasil berpengaruh sangat nyata dengan perlakuan terbaik pada perlakuan B2 yaitu 10 mL/L *biofertilizer*, 5% DEA, 35% ekstrak mimba. Kadar klorofil pada perlakuan tersebut menghasilkan rata-rata 50.55 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ yang berbeda sangat nyata dengan perlakuan B4 (42.89 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$).

Hal ini dapat diduga pupuk hayati dengan dosis 10 mL/L, DEA 5%, dan kandungan ekstrak mimba 35% memberikan kombinasi yang baik sehingga tidak mengubah populasi konsorsium bakteri *Bacillus* sp. yang terkandung dalam pupuk hayati. Pupuk hayati yang di dalamnya terkandung konsorsium bakteri *Bacillus* sp. memiliki kemampuan untuk mengikat N₂ di udara, melarutkan fosfor dan kalium, serta menghasilkan zat pemacu pertumbuhan. Kalay et al. (2020) menyatakan bahwa bakteri *Bacillus* dapat meningkatkan ketersediaan unsur K melalui produksi dan sekresi asam organik batuan yang mengandung kalium. Selain itu, melalui mekanisme siderofor dapat membantu penyediaan unsur Fe dengan melibatkan asimilasi spesifik untuk mendapatkan senyawa Fe³⁺ dengan massa molekul rendah (siderofor) yang dapat digunakan oleh tanaman. Siderofor berfungsi dapat meningkatkan kadar klorofil pada daun.

Tabel 6. Pengaruh mandiri dosis pupuk hayati dan metode aplikasi terhadap tingkat kehijauan daun alpukat

Perlakuan	Tingkat kehijauan daun ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) pada umur (MSPT)
Dosis pupuk hayati:	
B1 (5 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	47.11 ab
B2 (10 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	50.55 a
B3 (15 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	48.37 a
B4 (20 mL/L <i>biofertilizer</i> , 5% DEA, 35% ekstrak mimba)	42.89 b
Metode aplikasi:	
M1 (aplikasi dikocor pada media tanam)	50.98 a
M2 (aplikasi disemprot pada tanaman)	43.48 c
M3 (aplikasi dikocor dan disemprot pada media tanam dan tanaman)	47.22 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada baris atau kolom menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Kadar klorofil daun sangat penting bagi tanaman untuk proses fotosintesis. Jumlah daun pada tanaman dapat mempengaruhi proses fotosintesis, dimana semakin banyak jumlah daun yang dimiliki oleh tanaman maka kandungan klorofil pada tanaman juga akan semakin banyak sehingga fotosintesis dapat terjadi lebih baik. Menurut Rajagukguk et al. (2014) daun tanaman yang memiliki kadar klorofil dalam jumlah cukup maka dapat meningkatkan kemampuan menyerap cahaya matahari oleh daun sehingga dapat terjadi proses fotosintesis. Tinendung et al. (2014) menyatakan bahwa *Bacillus* sp. dapat memicu pertumbuhan akar tanaman, sehingga pada fase vegetatif tanaman menghasilkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang terus mengalami peningkatan dan berdampak terhadap aktifitas fotosintesis.

Perlakuan metode aplikasi memberikan hasil yang berpengaruh sangat nyata dengan perlakuan terbaik pada perlakuan M1, yaitu aplikasi dengan cara dikocor pada media. Kadar klorofil pada perlakuan tersebut menghasilkan rata-rata 50.98 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ yang berbeda sangat nyata dengan perlakuan M2 (43.48 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) dan M3 (47.22 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Pemberian pupuk hayati dengan sistem kocor akan lebih mudah diaplikasikan dan dengan bantuan kandungan DEA oleh sawit pupuk hayati lebih mudah tersebar. Sehingga perakaran tanaman dapat lebih mudah menyerap pupuk hayati yang diberikan. Hal ini dapat disebabkan karena nilai tegangan pupuk hayati menjadi rendah dan mendekati sama dengan air. Fungsi akar sebagai organ tanaman lebih mudah menyerap air dibandingkan dengan unsur hara lainnya yang dibutuhkan oleh tanaman. Sehingga dengan menambahkan DEA olein kelapa sawit pada kombinasi pupuk hayati dapat membantu dan memudahkan tanaman menyerap nutrisi yang dibutuhkan. Hambali et al. (2013) menyatakan bahwa DEA yang dihasilkan dari sintesis biosurfaktan DEA dari metil ester olein kelapa sawit mampu menurunkan tegangan permukaan air. Nilai tegangan permukaan suatu larutan yang rendah akan menghasilkan gaya tarik antar partikel yang lemah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan, dapat disimpulkan bahwa pada perlakuan mandiri dosis pupuk hayati memberikan hasil yang berpengaruh nyata terhadap semua parameter pengamatan dengan dosis terbaik pada B2, yaitu

10 mL/L *biofertilizer*, 5% DEA, 35% ekstrak mimba per tanaman. Perlakuan metode aplikasi memberikan hasil yang berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah daun, dan tingkat kehijauan daun dengan metode aplikasi terbaik yaitu dengan cara dikocor pada media tanam. Kombinasi antar kedua perlakuan dosis dan metode aplikasi pupuk hayati memberikan pengaruh interaksi terhadap parameter tinggi tanaman umur 10 MSPT serta jumlah daun umur 8 MSPT. Kombinasi antar kedua perlakuan yang memberikan hasil terbaik ditunjukkan oleh B3M1, yaitu dosis 15 mL/L *biofertilizer*, 5% DEA, dan 35% ekstrak mimba per tanaman dengan metode aplikasi pupuk dikocor pada media tanam.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, S., Asrul., & Rosmini. (2016). Efektivitas ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss) terhadap pertumbuhan koloni *Alternaria porri* penyebab penyakit bercak ungu pada bawang wakegi (*Allium x wakegi* Araki) secara in vitro. *Agrotekbis: E-Jurnal Ilmu Pertanian*, 4(4), 419-424. <https://jurnal.faperta.untad.ac.id/index.php/agrotekbis/article/view/40>
- Alami, N. H., Ayu, S. A. T., Kuswyasari, N. D., Zulaika, E., & Shovitri, M. (2017). Effect of yeast based biofertilizer combined with bacteria on mustard plant growth. *International Journal of Applied Biology*, 1(2), 46-57. <https://doi.org/10.20956/ijab.v1i2.3093>
- Ando, J., Rizal, M., & Purnama, I. (2023). Interaksi Pemberian Pupuk Kandang Sapi dan Mulsa Organik Terhadap Pertumbuhan Produksi Tanaman Lengkuas Merah. *Jurnal Agrotela*, 3(1), 41-47. <https://journal.unilak.ac.id/index.php/Agrotela/article/view/13227/4786>
- Anisa, Z. M. & Ananto. 2021. Penggunaan pupuk majemuk (NPK) pada sambung pucuk tanaman alpukat (*Persea americana* Mill.). *Journal of Scientech Research*, 6(2), 162-169. <https://ojs.ekasakti.org/index.php/UJSR/article/view/388>
- Arum, J. S., Guniarti., & Sulistyono, A. (2022). Pengaruh jenis pupuk kandang pada media tanam dan konsentrasi ZPT urine kambing terhadap pertumbuhan stek tanaman alpukat (*Persea americana*). *Jurnal Pertanian Agros*, 24(3), 1357-1365. <https://e-journal.janabadra.ac.id/index.php/JA/article/view/2225>
- Aulia, F., Susanti, H., & Fikri, E. N. (2016). Pengaruh pemberian pupuk hayati dan mikoriza terhadap intensitas serangan penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*), pertumbuhan, dan hasil tanaman tomat. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 41(2), 250-260. <https://doi.org/10.31602/zmip.v41i2.428>
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Produksi tanaman buah-buahan dan sayuran tahunan di provinsi banten (ton) tahun 2019-2021*. Badan Pusat Statistik Provinsi Banten.
- Cahyadi, D. & Widodo, W. D. (2017). Efektivitas pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman caisim (*Brassica chinensis* L.). *Buletin Agrohorti*, 5(3), 292-300. <https://doi.org/10.29244/agrob.v5i3.16466>
- Cerovic, Z. G., Masdoumer, G., Ghozlen, N. B., & Latouche, G. (2012). A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. *Physiologia Plantarum*, 146, 251-260. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01639.x>
- Dewi, A. A. L. N., Wati, N. L. C., & Dewi, N. M. A. (2017). Uji efektivitas larvasida daun mimba (*Azadirachta indica*) terhadap larva lalat sarcophaga pada daging untuk upakara yadnya di Bali. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 6(1), 126-135. <https://doi.org/10.23887/jst-undiksha.v6i1.9233>
- Dewi, S., Hayati, E., & Kesumawati, E. (2022). Pertumbuhan bibit alpukat (*Persea americana* Mill) hasil sambung pucuk akibat jenis media tanam dan dosis pupuk NPK Phonska. *Jurnal Floratek*, 17(1), 36-46. <https://jurnal.usk.ac.id/floratek/article/view/25381>
- Fauziah, I., Proklamasiningsih, E., & Budisantoso, I. (2019). Pengaruh asam humat pada media tanam zeolit terhadap pertumbuhan dan kandungan vitamin c sawi hijau (*Brassica juncea*). *Bio Eksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 1(2), 17-21. <https://doi.org/10.20884/1.bioe.2019.1.2.1669>
- Fina. (2013). *Metode Inventori Hutan*. Pustaka Pelajar.
- Firgianto, R., Rohman, F., Siswadi, E., Dinata, G.F., & Fajar, R. T. (2023). Respon pertumbuhan bibit alpukat terhadap pemberian pupuk kandang sapi dan NPK. *Agropross: National Conference Proceeding of Agriculture*. <https://doi.org/10.25047/agropross.2023.514>

- Hambali, E., Suryani, A., Rivai, M., Sutanto, A. I., Nisya, F. N., & Nurkania, A. (2013). Pengembangan teknologi proses produksi surfaktan dietanolamida (DEA) dari metil ester olein sawit dan aplikasinya untuk personal care products. Laporan Akhir Penelitian untuk Kementerian Perindustrian. Institut Pertanian Bogor.
- Hartanti, I., Hapsoh., & Yoseva, S. (2014). Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza dan rock phosphate terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis (*Zea mays saccharat Sturt*). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*, 1(1), 1-14. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFAPERTA/article/view/2611>
- Hartati, S., Yunus, A., Nandariyah., Yuniastuti, E., Pujiasmanto, B., Purwanto, E., Samanhudi., Sulandjari., Ratriyanto, A., Prastowo, S., Manurung, I. R., Suryanti, V., Susilowati, A., Artanti, A. N., Mulyani, S., & Dirgahayu, P. (2022). Diversifikasi tanaman pekarangan dengan tanaman alpukat untuk meningkatkan gizi keluarga. *Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Seni bagi Masyarakat*, 11(2), 161-166. <https://doi.org/10.20961/semar.v11i2.61199>
- Haryuni., Tyas, S. K. D., & Nuryanti, T. (2015). Pengaruh dosis rhizoctonia binukleat (BNR) dan pupuk posfor terhadap pertumbuhan benih vanili (*Vanilla planifolia Andrew*). *The 2nd University Research Coloquium. Prosiding: Seminar Nasional dan Internasional*. Semarang. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/psn12012010/article/view/1480>
- Hazra, F. & Santosa, D. W. (2022). Evaluasi pupuk hayati dan npk terhadap pertumbuhan tanaman alpukat (*Persea americana Mill.*) di kebun superavo, Subang. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 24(1), 14-19. <https://dx.doi.org/10.29244/jitl.24.1.14-19>
- Herakasih, M. & Ahda, Y. (2019). Bioaugmentation effect of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp. isolates on lowering used lubricating oil- contaminated soil pH. *Serambi Biologi*, 4(1). <https://dx.doi.org/10.24036/5171RF00>
- Hidana, R. (2017). Efektifitas ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica*) sebagai Ovisida *Aedes aegypti*. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*, 17(1), 59-65. <https://doi.org/10.36465/jkbth.v17i1.190>
- Hutagalung, W. J., Siagian, B., & Silitonga, S. (2013). Respon pertumbuhan bibit kakao pada media subsoil ultisol dengan pemberian pupuk hayatibiokom dan kompos tks. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 1(2), 327-337. <https://doi.org/10.32734/jaet.v1i2.1552>
- Kalay, A. M., Kesaulya, H., Talahaturuson, A., Rehatta, H., & Hindersah, R. (2020). Aplikasi pupuk hayati konsorsium strain *Bacillus* sp. dengan berbeda konsentrasi dan cara pemberian terhadap pertumbuhan bibit pala (*Myristica fragrans Houtt*). *Agrologia*, 9(1), 30-38. <https://doi.org/10.30598/a.v9i1.1060>
- Khasanah, N., Daniel., & Marlina, E. (2019). Sintesis surfaktan dietanolamida dari metil ester minyak biji bunga matahari (*Helianthus annuus L.*) melalui reaksi amidasi. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 16(2), 83-89. <https://doi.org/10.30872/jkm.v16i2.875>
- Kurniawan, R., Nurhayati, D. R., & Bahri, Saiful. (2020). Kajian macam pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung hitam (*Black Aztec*). *Innofarm: Jurnal Inovasi Pertanian*, 22(1), 131-136. <https://doi.org/10.33061/innofarm.v22i2.3538>
- Kusumaningtyas, A., Nuraini, Y., & Syekhfani, S. (2015). Pengaruh kecepatan dekomposisi pupuk organik cair limbah tahu terhadap serapan N dan S tanaman jagung pada alfisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(2), 227-235. <https://jtsl.ub.ac.id/index.php/jtsl/article/view/133>
- Lidar, S., & Purnama, I. (2021). Growth of celery (*Apium graveolens L.*) in the red-yellow podzolic soils as inoculated by earthworms *Pontoscolex corethrus*. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 17(2), 67-73. <https://doi.org/10.31849/jip.v17i2.5742>
- Mahbou, S. T. G., Ntsefong, G. N., Fanche, A. M., Tchio, F., Dongmo, F., Etoga, G. O., Youmbi, E. (2022). Development of a technical itinerary for the production of avocado (*Persea americana Mill.*) seedlings with biofertilizers. *American Journal of Plant Sciences*, 13, 1209-1226. <https://doi.org/10.4236/ajps.2022.139082>
- Majid, T., Razak, R., & Abidin, Z. (2023). Penetapan kadar fenolik ekstrak etanol biji alpukat (*Persea americana Mill.*) menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. *BULLET: Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 2(2), 351-354. <https://www.jurnal.mediapublikasi.id/index.php/bullet/article/view/2671>
- Marlina, L. & Pratama, D. W. (2018). Pengambilan minyak biji alpukat dengan metode ekstraksi. *Jurnal TEDC UPPM Politeknik TEDC Bandung*, 12(1), 31-37. <https://ejournal.poltektedc.ac.id/index.php/tedc/article/view/128>

- Mastura & Nuriana. (2018). Potensi daun mimba (*Azadirachta indica*) sebagai pestisida alami terhadap hama pengisap pada tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia*, 1(2), 29-36. <https://ejournalunsam.id/index.php/katalis/article/view/2158>
- Mukanto., Ulfah, S., Mahalina, W., Syauqi, A., Istiqfaroh, L. & Trimulyono, G. (2015). Isolasi dan karakterisasi *Bacillus* sp. Pelarut fosfat dari rhizosfer tanaman leguminosae. *Sains dan Matematika*, 3(2), 62-68. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/sainsmatematika/article/view/221>
- Mulyati, S. (2020). Efektivitas pestisida alami kulit bawang merah terhadap pengendalian hama ulat tritip (*Plutella xylostella*) pada tanaman sayur sawi hijau. *Journal of Nursing and Public Health*, 8(2), 79-86. <https://doi.org/10.37676/jnph.v8i2.1190>
- Murtalaksono, A., Rika, F. N. U., & Hendrawan, F. N. U. (2020). Pengaruh pupuk organik cair babadotan (*Ageratum conyzoides*) terhadap pertumbuhan vegetatif akar hanjeli (*Coix lacrima Jobi*). *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 4(2), 164-170. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v4i2.378>
- Nadhira, A. & Berliana, Y. (2017). Respon cara aplikasi dan frekuensi pemberian pupuk organik cair yang berbeda terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Jurnal Warta Edisi*, 51. <https://doi.org/10.46576/wdw.v0i51.246>
- Nurmayulis., Samudra, T. R., Eris, F. R., & Sodik, A. H. (2023). Aplikasi pupuk hayati diperkaya biosurfaktan dietanolamida olein sawit dengan interval waktu yang berbeda pada bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agroekoteknologi*, 15(1), 80-91. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jav/article/view/19767>
- Puspita, F., Saputra, S. I., & Merini, J. (2018). Uji beberapa konsentrasi bakteri *Bacillus* sp. endofit untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia*, 46(3), <https://doi.org/10.24831/jai.v46i3.16342>
- Purnama, I., Susi, N., Ihsan, F., & Franseda, F. (2023). Optimizing the Growth of Porang Plants (*Amorphophalus Muelleri*) using a Combination of Market Waste Compost and Growmore Fertilizer. *Jurnal Pertanian*, 14(1), 39-44. <https://doi.org/10.30997/jp.v14i1.7333>
- Purnama, I., Mutamima, A. (2023). Pestisida dalam Produk Pertanian: Dampak, Analisis, dan Strategi Pengelolaan. Soega Publishing
- Rahmah, A., Izzati, M., & Parman, S. (2014). Pengaruh pupuk organik cair berbahan dasar limbah sawi putih (*Brassica chinensis* L.) terhadap pertumbuhan tanaman jagung manis (*Zea mays* L. var. *Saccharata*). *Anatomi Fisiologi*, 22(1), 65-71. <https://doi.org/10.14710/baf.v22i1.7810>
- Rahman, S. (2019). Effect of avocades to ldl cholesterol as a preventive risk of atherosclerosis. *International Journal of Multidisciplinary Current Research*, 7(1), 4-7. <https://doi.org/10.14741/ijmcr/v.7.1.2>
- Rahmaniah., Zulfida, I., & Oesman, R. (2021). Karakteristik status kesuburan tanah pada lahan pekarangan dan lahan usahan tani di kecamatan rantau selatan. *Journal Liaison of Academia and Society*, 1(1), 10-18. <https://doi.org/10.58939/j-las.v1i1.185>
- Rajagukguk, P., Siagian, B., & Lahay, R. R. (2014). Respon pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap pemberian pupuk guano dan kcl. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 3(1), 20-32. <https://doi.org/10.32734/jaet.v3i1.9341>
- Rizal, M. & Susi, N. (2023). Pemanfaatan tanaman sebagai bahan baku pembuatan pestisida nabati di Kelurahan Tangkerang Tengah Kota Kota Pekanbaru. *COMSEP: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 94-99. <https://doi.org/10.54951.comsep.v4i1.405>
- Rusdi., Purwati, T., Budijanto., & Riyanto. (2017). Pemanfaatan daun mimba sebagai pestisida organik di Kecamatan Kademangan Kota Probolinggo. *JPM PAMBUDI*, 1(1), 82-91. <https://doi.org/10.33503/pambudi.v1i1.11>
- Sarjono, P. R., Ismiyarto., Ngadiwijaya., & Prasetya, N. B. A. (2022). Bakteri endofit F4 dari daun pepaya (*Carica papaya* L.): potensinya sebagai penghasil enzim ekstraseluler. *Greensphere: Journal of Environmental Chemistry*, 2(1), 1-7. <https://doi.org/10.14710/gjec.2022.14794>

- Simbolon, J. H. (2022). Pengaruh pemberian beberapa dosis pupuk hayati ditambah biosurfaktan dietanolamida olein sawit dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan bibit tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). [Skripsi]. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Singh, A., Shukla, N., Kabadwal, B. C., Tewari, A. K., & Kumar, J. (2018). Review on plant-trichoderma-pathogen interaction. *International Journal off Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2), 2382-2397. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.291>
- Siregar, N. C., Loebis, E. H., & Ariningsih, S. (2017). Kinerja dietanolamida dengan scale-up reaktor amidasi dan perbaikan kondisi operasi. *Journal of Agro-based Industry*, 34(2), 65-71. <https://doi.org/10.32765/wartaihp.v34i2.3550>
- Sommuruga, R & Eldridge, H. M. (2020). Avocado production: water footprint and socio-economic implications. *EuroChoices*, 20(2), 48-53. <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12289>
- Su'ud, M., Suyani, I. S., & Maulana, A. (2019). Uji beberapa konsentrasi ekstrak biji dan daun mimba (*Azadirachta indica* L.) terhadap kematian dan perkembangan larva ulat grayak (*Spodoptera exigua* Hbn.). *Agrotechbiz: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 6(1), 26-37. <https://doi.org/10.51747/agrotechbiz.v6i1.444>
- Sukanto, L. A., Lestari, R., & Putri, W. U. (2014). The effect of bio-fertilizers on plant growth and growth rate of grafted avocado (*Persea americana* Mill.). *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 4(4), 1-10. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.4.4.402>
- Suryani, E., Galingging, R. Y., Widodo., & Marlin. (2021). Aplikasi pupuk daun untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil bawang dayak (*Eleutherine palmifolia* (L.) Merr). *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 23(1), 66-71. <https://doi.org/10.31186/jipi.23.1.66-71>
- Susanti, A., Muhibuddin, A., Yuiana, A. I., & Faizah, M. (2023). Optimalisasi lahan melalui pengenalan pupuk hayati untuk komoditi pertanian di Kecamatan Ngoro Kabupaten Jombang. *Jurnal Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 68-72. <https://doi.org/10.32764/abdimasper.v4i2.3886>
- Suwirnen., Noli, Z. A., & Putri, F. J. (2021). Pengaruh cara aplikasi dan konsentrasi ekstrak kelor (*Moringa oleifera* L.) terhadap pertumbuhan kubis singgalang (*Brassica oleracea* var. capitata L.). *Agro Bali: Agricultural Journal*, 5(1), 20-29. <https://doi.org/10.37637/ab.v5i1.806>
- Tinendung, R., Puspita, F., & Yoseva, S. (2014). Uji formulasi *Bacillus* sp. sebagai pemacu pertumbuhan tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian*, 1(2), 1-15. <https://jom.unri.ac.id/index.php/IOMFAPERTA/article/view/3024>
- Triani, N. (2021). Penyuluhan pembuatan pestisida nabati di Desa Jabung Kabupaten Ponorogo. *J-ABDI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(5), 695-702. <https://doi.org/10.53625/jabdi.v1i5.364>
- Velez, A. T. & Osorio, N. W. (2016). Co-inoculation with an arbuscular mycorrhizal fungus and a phosphatesolubilizing fungus promotes the plant growth and phosphate uptake of avocado plantlets in a nursery. *Botany*, 95(5), 539-545. <https://doi.org/10.1139/cjb-2016-0224>
- Wibawa, I. P. A. H. (2019). Uji efektivitas ekstrak mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.) untuk mengendalikan hama penggerek daun pada tanaman *Podocarpus neriifolius*. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 8(1), 20-31. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/IAT/article/view/47883>
- Yusriah., Hambali, E., & Dadang. (2017). Formulasi insektisida nabati minyak bungkil mimba dengan surfaktan dea. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 27(3), 310-317. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2017.27.3.310>