

EVALUASI PUPUK HAYATI DAN NPK TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN ALPUKAT (*Persea americana* Mill.) DI KEBUN SUPERAVO, SUBANG

*Evaluation of Biofertilizers and NPK on the Growth of Avocado Plants (*Persea americana* Mill.) at Superavo Orchard, Subang*

Fahrizal Hazra^{1)*}, Dwi Andreas Santosa¹⁾, Kholis Tanuwijaya¹⁾, Deni Sukmana²⁾

¹⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

²⁾ PT. Perkebunan Buah Subang, Jl. Batu Kowak Desa Sukamelang, Kecamatan Kasomalang, Subang 41289

ABSTRACT

Increasing the amount of avocado production is influenced by the effectiveness of fertilization. Fertilization is the most important thing in agricultural cultivation to increase plant nutrition, achieve high yields, and increase the diversity and population of microbes in the soil. The use of biofertilizers and preventing land degradation can also increase the availability of nutrients for avocado plants. The purpose of this study was to evaluate biofertilizers with various combinations of doses of NPK fertilizer on the growth of avocado plants and their effects on the chemical and biological properties of the soil. The experimental design used was a randomized block design (RBD) with a single factor in fertilization. This RAK has nine treatments, namely: 1) control (without NPK and biofertilizers), 2) 100% NPK fertilizer, 3) 50% NPK fertilizer, 4) 100% NPK fertilizer + 100% biofertilizer, 5) 100 NPK fertilizer % + 50% biofertilizer, 6) 50% NPK fertilizer + 100% biofertilizer, 7) 50% NPK fertilizer + 50% biofertilizer, 8) 100% biofertilizer, 9) 50% biofertilizer. This treatment was repeated five times. The treatment was a combination of NPK fertilizer and biofertilizer. The basic fertilizer used, namely manure as much as 1.25 kg tree⁻¹. Overall, the best treatment was the P3 treatment, which was a combination of 100% NPK (50 grams of urea, 12 grams of TSP, and 14 grams of KCL) and 100% biofertilizer (10 ml). Significant results occurred in the rate of plant height, number of tertiary branches, total N, and soil invertase activity, so applying the P3 treatment could increase plant growth compared to other treatments, especially for Hass avocado varieties.

Keywords: Effectiveness, biofertilizer, soil chemical properties analysis, soil biological analysis

ABSTRAK

Peningkatan produksi alpukat dipengaruhi oleh salah satunya efektivitas pemupukan. Pemupukan adalah hal terpenting dalam budidaya pertanian untuk meningkatkan nutrisi tanaman, mencapai tinggi hasil, dan meningkatkan keanekaragaman serta populasi mikroba yang terdapat didalam tanah. Penggunaan pupuk hayati selain untuk mencegah degradasi lahan, juga dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara untuk tanaman alpukat. Tujuan penelitian ini mengevaluasi pupuk hayati dengan berbagai kombinasi dosis pupuk NPK terhadap pertumbuhan tanaman alpukat serta pengaruhnya terhadap sifat kimia dan sifat biologi tanah. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan faktor tunggal berupa pemupukan. RAK ini mempunyai sembilan perlakuan, yaitu: 1) kontrol (tanpa pupuk NPK dan hayati), 2) pupuk NPK 100%, 3) pupuk NPK 50%, 4) pupuk NPK 100% + pupuk hayati 100%, 5) pupuk NPK 100% + pupuk hayati 50%, 6) pupuk NPK 50% + pupuk hayati 100%, 7) pupuk NPK 50% + pupuk hayati 50%, 8) pupuk hayati 100%, 9) pupuk hayati 50%. Perlakuan ini diulang sebanyak lima ulangan. Perlakuan merupakan kombinasi pupuk NPK dan pupuk hayati. Pupuk dasar yang digunakan, yaitu pupuk kandang sebanyak 1.25 kg pohon⁻¹. Secara keseluruhan perlakuan terbaik adalah perlakuan P3, yaitu kombinasi antara NPK 100% (50 gram urea, 12 gram TSP, dan 14 gram KCL) dan pupuk hayati 100% (10 ml). Hasil signifikan terjadi pada laju tinggi tanaman, jumlah cabang tersier, N-total, dan aktivitas invertase tanah, sehingga dengan menerapkan perlakuan P3 ini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan perlakuan lainnya khususnya untuk tanaman alpukat varietas Hass.

Kata kunci: Analisis biologi tanah, analisis sifat kimia tanah, efektivitas, pupuk hayati

PENDAHULUAN

Alpukat secara luas ditemukan di Amerika, Afrika, dan daerah tropis yang bentuknya sederhana, mengkilap, dan berwarna hijau (Oyeyemi dan Oyeyemi, 2015). Alpukat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu Meksiko, Guatemala, dan *West Indian*. Tanaman ini sangat adaptif sehingga dapat tumbuh dan berkembang baik di iklim tropis terutama di Indonesia yang ditunjukkan oleh produksi alpukat yang meningkat tiap tahunnya karena peningkatan

konsumsi, khususnya tahun 2008-2020, yaitu dari 244.215 ton hingga 609.053 ton (BPS 2020). Peningkatan jumlah produksi alpukat dipengaruhi oleh penggunaan pupuk. Namun, degradasi lahan akan terjadi apabila penggunaan pupuk tidak efektif, contohnya tidak mengombinasikan pupuk anorganik dengan pupuk hayati. Pemakaian pupuk NPK untuk alpukat yang direkomendasikan adalah sebesar 200-250 kg ha⁻¹ untuk N, 150 kg ha⁻¹ untuk P, dan 170-250 kg ha⁻¹ untuk K (CABI, 2013). Pemakaian pupuk anorganik secara berlebihan dan terus menerus menimbulkan

kerusakan lingkungan dan penurunan keanekaragaman hayati di dalam tanah serta membuat produksi tanaman menurun. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan pupuk hayati (Indris *et al.*, 2019). Pupuk hayati berfungsi untuk menambat atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman dan meningkatkan keanekaragaman mikroba tanah. Menurut Saraswati *et al.* (2004), fungsi mikroba secara umum terbagi atas empat fungsi, yaitu meningkatkan ketersediaan unsur hara tanaman dalam tanah, perombak bahan organik dalam tanah, memacu pertumbuhan tanaman, dan melindungi akar dari mikroba patogenik berupa bakteri rizosfir-endofitik. Penelitian ini menggunakan tanaman alpukat varietas Hass. Varietas Hass adalah varietas persilangan antara jenis Guatemala dan Meksiko (Cowan dan Wolstenholme, 2016). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pupuk hayati dengan berbagai kombinasi dosis pupuk NPK terhadap pertumbuhan tanaman alpukat serta pengaruhnya terhadap sifat kimia dan sifat biologi tanah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan dari Desember 2020 sampai September 2021 di lahan PT Perkebunan Buah Subang, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Tanah Institut Pertanian Bogor, Kimia dan Kesuburan Tanah Institut Pertanian Bogor, dan ICBB (*Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology*). Alat yang digunakan, yaitu *laminar air flow* (LAF) dan *spectrophotometer*. Selanjutnya, bahan yang digunakan, yaitu tanaman alpukat (*Persea americana* Mill.) jenis Hass umur satu tahun, pupuk Urea (46% N), pupuk TSP (46% P₂O₅), pupuk KCl (60% K₂O), pupuk kandang, pupuk hayati Provisio, *nutrient agar*, KOH 0.2N, HCl 1N, sukrosa (C₁₂H₂₂O₁₁), dan glukosa anhidrat (C₆H₁₂O₆).

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK). Perlakuan pemupukan terdiri dari sembilan perlakuan, yaitu: 1) kontrol, 2) pupuk NPK 100%, 3) pupuk NPK 50%, 4) pupuk NPK 100% + pupuk hayati 100%, 5) pupuk NPK 100% + pupuk hayati 50%, 6) pupuk NPK 50% + pupuk hayati 100%, 7) pupuk NPK (19-4-7) 50% + pupuk hayati 50%, 8) pupuk hayati 100%, 9) pupuk hayati 50%. RAK ini diulang sebanyak lima ulangan sehingga total tanaman percobaan berjumlah 45 tanaman.

Analisis tanah diawali dengan pengambilan *top soil* sebagai sampel secara komposit dari seluruh petakan pada kedalaman 0-20 cm. Hal ini dilakukan pada setiap kelompok ulangan dan sampel tanah akhir dilakukan pada setiap percobaan yang dilakukan. Lahan yang digunakan adalah lahan PT. Perkebunan Buah Subang yang berada pada 500-700 meter di atas permukaan laut (MDPL) dengan titik koordinat -6.670300° S, 107.774105° T.

Pemupukan NPK pada tanaman alpukat menggunakan perbandingan 19:4:7 yang dilakukan sebanyak satu bulan sekali. Perbandingan ini mengacu dari CABI (2013). Tanaman ini diberikan NPK dan dikombinasikan dengan pupuk hayati. Pupuk NPK 100% terdiri dari urea (50 g pohon⁻¹), TSP (12 g pohon⁻¹), KCl (14 g pohon⁻¹). Pupuk hayati terdiri dari pupuk hayati Provisio 10 ml pohon⁻¹ (100%) dan 5 ml pohon⁻¹ (50%), sedangkan pupuk dasar berupa pupuk kandang (1.25 kg pohon⁻¹).

Selanjutnya, pengukuran tanaman alpukat dilakukan untuk melihat pertumbuhan vegetatif, seperti diameter batang, tinggi tanaman, jumlah pucuk daun/daun baru, dan jumlah cabang (primer, sekunder, dan tersier) yang dilakukan setiap dua minggu sekali. Pengukuran diameter batang menggunakan caliper dengan kondisi 10 cm di atas permukaan tanah, tinggi tanaman diukur dari batang bawah hingga batang tertinggi dengan menggunakan meteran, jumlah pucuk daun dihitung dengan keadaan daun sudah membuka sepenuhnya, dan jumlah cabang dihitung dari batang bawah hingga batang atas secara keseluruhan.

Analisis laboratorium dilakukan terhadap total mikroba, respirasi tanah, aktivitas invertase tanah, C-organik, N-total, P-tersedia, K-tersedia, dan C/N rasio dengan menggunakan metode cawan hitung, Verstraete, Schinner dan Mersi, Walkley dan Black, Kjeldahl, Bray 1, ekstraksi NH₄OAc 1M pH 7.0, serta dengan menggunakan perhitungan. Selanjutnya, data percobaan diolah dengan uji *Analysis of Variances* pada *Microsoft Excell 2016* dan *SPSS v25*. Hasil uji tersebut dilanjutkan dengan perbandingan antar perlakuan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* pada taraf uji 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Pupuk Anorganik, Organik, dan Hayati terhadap Pertumbuhan Fase Vegetatif Alpukat

Pertumbuhan vegetatif merupakan penambahan bentuk, ukuran, jumlah maupun volume dengan salah satu indikatornya adalah tinggi tanaman. Hasil penelitian menunjukkan pemupukan berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Berdasarkan Tabel 1, perlakuan P3 (NPK 100% dan pupuk hayati 100%) berbeda nyata dengan perlakuan yang lainnya kecuali perlakuan P8 (pupuk hayati 50%). Menurut Velez dan Osorio (2017), penggunaan pupuk hayati memicu peningkatan tinggi tanaman alpukat secara signifikan karena mempercepat dekomposisi bahan organik serta meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman. Salah satu mikroba yang terdapat pada pupuk hayati Provisio adalah *Azospirillum lipoferum*. *Azospirillum* merupakan bakteri tanah penambat nitrogen non simbiotik yang mampu menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman seperti IAA (*Indole Acetic Acid*), IBA (*Indole Butyric Acid*), dan GA (*Gibberelic Acid*) (Bashan dan Bashan 2010).

Diameter tanaman termasuk salah satu indikator dalam pertumbuhan vegetatif. Tabel 1 menunjukkan bahwa pupuk NPK dan hayati Provisio tidak berpengaruh nyata terhadap diameter tanaman, namun cenderung meningkat pada perlakuan P4 (NPK 100% + pupuk hayati 50%). Menurut Velez dan Osorio (2017), penggunaan pupuk hayati dapat membuat diameter tanaman alpukat meningkat. Walaupun hasil yang didapatkan tidak berpengaruh nyata, penggunaan pupuk hayati ini berperan dalam pertumbuhan diameter batang.

Berdasarkan Tabel 1, pemupukan tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan pucuk daun, namun cenderung meningkat pada perlakuan P3 (NPK 100% + pupuk hayati 100%). Menurut Mickelbart *et al.* (2012), penyebab tidak berpengaruhnya pemupukan terhadap pertumbuhan pucuk daun alpukat dapat disebabkan oleh cadangan karbohidrat, cuaca, ketersediaan

air, dan status nutrisi pohon. Walaupun tidak berpengaruh nyata, perlakuan kombinasi NPK dan pupuk hayati cenderung berpengaruh tinggi pada pertumbuhan pucuk daun. Penggunaan pupuk NPK dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara N, P, K dan penggunaan pupuk hayati mempercepat dekomposisi bahan organik karena pada komposisi pupuk hayati terdapat bakteri berupa *Lactobacillus sp.*. Menurut Walandow *et al.* (2020), bakteri *Lactobacillus sp.* memfermentasikan bahan organik menjadi asam laktat yang berfungsi mempercepat perombakan bahan organik, sehingga dapat mempercepat pertumbuhan pucuk daun.

Batang pohon alpukat memiliki tiga jenis cabang, yaitu cabang primer, sekunder, dan tersier. Pada Tabel 2 menunjukkan pemupukan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan jumlah cabang tersier dengan perlakuan terbaik terdapat pada P3 (NPK 100% + pupuk hayati 100%). Aplikasi NPK dapat memperkaya ketersediaan hara makro tanah untuk diserap oleh tanaman yang memicu

pertumbuhan. Kondisi ini telah diteliti oleh Orisajo dan Adejobi (2020) bahwa dengan penambahan NPK minimal 200 kg/ha dapat meningkatkan pertumbuhan jumlah cabang. Hal ini juga berlaku pada jumlah cabang primer dan sekunder walaupun tidak berpengaruh nyata akibat pemupukan akan tetapi nilainya cenderung naik pada perlakuan P3 karena kombinasi pupuk NPK dan hayati dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas tanaman pada masa vegetatif (Pangaribuan *et al.*, 2018).

Analisis Kimia Tanah

Analisis kimia tanah yang terdapat pada Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan NPK dan pupuk hayati berpengaruh terhadap parameter pengamatan sifat kimia tanah. Pemupukan berpengaruh nyata terhadap N-total sedangkan pemupukan tidak berpengaruh nyata terhadap C-organik, C/N rasio, P-tersedia, dan K-tersedia.

Tabel 1. Pengaruh pupuk NPK dan pupuk hayati terhadap laju tinggi, diameter, dan jumlah pucuk daun secara rata-rata selama 20 minggu

Perlakuan	Laju tinggi tanaman (cm per 2 minggu)	Laju diameter tanaman (cm per 2 minggu)	Laju jumlah pucuk daun per 2 minggu
P0 = kontrol (tanpa NPK dan pupuk hayati)	1.40 ^c	0.12 ^a	36.70 ^a
P1 = pupuk NPK 100%	2.15 ^{bc}	0.13 ^a	84.80 ^a
P2 = pupuk NPK 50%	2.57 ^{bc}	0.17 ^a	86.17 ^a
P3 = pupuk NPK 100% + pupuk hayati 100%	3.92^a	0.16 ^a	86.20^a
P4 = pupuk NPK 100% + pupuk hayati 50%	2.62 ^{bc}	0.21^a	75.62 ^a
P5 = pupuk NPK 50% + pupuk hayati 100%	1.97 ^{bc}	0.17 ^a	49.62 ^a
P6 = pupuk NPK 50% + pupuk hayati 50%	2.25 ^{bc}	0.16 ^a	64.17 ^a
P7 = pupuk hayati 100%	2.00 ^{bc}	0.18 ^a	58.30 ^a
P8 = pupuk hayati 50%	2.8 ^{ab}	0.13 ^a	73.42 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf = 5% dengan Uji Wilayah Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*). Laju pengukuran yaitu dihitung setiap dua minggu lalu dirata-rata kan selama 20 minggu.

Tabel 2. Pengaruh pupuk NPK dan pupuk hayati terhadap cabang primer, sekunder, dan tersier secara rata-rata selama 20 minggu

Perlakuan	Laju jumlah cabang per 2 minggu		
	Primer	Sekunder	Tersier
P0 = kontrol (tanpa NPK dan pupuk hayati)	0 ^a	0.82 ^a	2.75 ^b
P1 = pupuk NPK 100%	0 ^a	1.15 ^a	6.90 ^b
P2 = pupuk NPK 50%	0 ^a	1.70 ^a	4.72 ^b
P3 = pupuk NPK 100% + pupuk hayati 100%	0.17^a	2.75^a	12.47^a
P4 = pupuk NPK 100% + pupuk hayati 50%	0.02 ^a	0.85 ^a	4.17 ^b
P5 = pupuk NPK 50% + pupuk hayati 100%	0 ^a	0.90 ^a	3.85 ^b
P6 = pupuk NPK 50% + pupuk hayati 50%	0 ^a	2.60 ^a	4.52 ^b
P7 = pupuk hayati 100%	0 ^a	1.50 ^a	5.51 ^b
P8 = pupuk hayati 50%	0.10 ^a	1.50 ^a	4.32 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf = 5% dengan Uji Wilayah Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*). Laju pengukuran yaitu dihitung setiap dua minggu lalu dirata-rata kan selama 20 minggu.

Tabel 3. Pengaruh pupuk NPK dan pupuk hayati terhadap sifat kimia tanah setelah lima bulan pemupukan

Perlakuan	C- organik (%)	N-total (%)	C/N rasio	P tersedia (ppm)	K tersedia (cmol(+) kg ⁻¹ tanah)
P0 = kontrol (tanpa NPK dan pupuk hayati)	3.02 ^a	0.22 ^c	13.89^a	20.66 ^a	0.15 ^a
P1 = pupuk NPK 100%	3.54 ^a	0.36^a	10.14 ^a	39.80 ^a	0.17 ^a
P2 = pupuk NPK 50%	3.12 ^a	0.23 ^c	13.73 ^a	35.53 ^a	0.17 ^a
P3 = pupuk NPK 100% + pupuk hayati 100%	3.55^a	0.28 ^{abc}	11.87 ^a	39.13 ^a	0.20 ^a
P4 = pupuk NPK 100% + pupuk hayati 50%	3.42 ^a	0.30 ^{abc}	11.35 ^a	44.01 ^a	0.21^a
P5 = pupuk NPK 50% + pupuk hayati 100%	3.10 ^a	0.28 ^{abc}	12.54 ^a	44.88^a	0.15 ^a
P6 = pupuk NPK 50% + pupuk hayati 50%	3.30 ^a	0.28 ^{abc}	11.87 ^a	38.87 ^a	0.20 ^a
P7 = pupuk hayati 100%	3.09 ^a	0.34 ^{ab}	9.79 ^a	44.73 ^a	0.17 ^a
P8 = pupuk hayati 50%	2.83 ^a	0.25 ^{bc}	11.77 ^a	36.20 ^a	0.16 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf = 5% dengan Uji Wilayah Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*).

Nilai C-organik cenderung meningkat pada perlakuan P3 (NPK 100% + pupuk hayati 100%). Walaupun tidak berbeda nyata, pupuk hayati diduga menyebabkan tingkat dekomposisi terhadap bahan organik semakin tinggi dan meningkatkan serapan unsur hara lebih banyak dibandingkan dengan yang tidak. Kandungan bahan organik tanah dapat dipertahankan dengan menyeimbangkan dekomposisi dan menambahkan bahan organik ke dalam tanah (Yuniarti *et al.*, 2019).

Kadar N-total tertinggi terdapat pada perlakuan P1 (NPK 100%). Hal ini dikarenakan penambahan pupuk NPK 100% berupa urea dapat meningkatkan kadar N-total tanah. Penambahan pupuk N dengan dosis tinggi dapat menyebabkan N-total yang terdapat dalam tanah semakin tinggi. Menurut Roca *et al.* (2018), keberadaan N sangat penting dalam pertumbuhan tanaman karena erat kaitannya dengan proses biokimia tanaman sebagai unsur esensial dalam pembentukan sel, penyusunan protein, dan komponen sel lainnya. Kurang efektifnya pupuk hayati dalam meningkatkan kadar N-total dikarenakan tanaman berada di di kelerengan sehingga sangat mudah hilang melalui erosi. Hal ini didukung oleh penelitian Purwani *et al.* (2015), dimana total mikrob yang berada di teras bawah lebih banyak populasinya dibandingkan di teras atas dikarenakan adanya erosi dan pencucian.

Nilai C/N rasio cenderung meningkat pada perlakuan P0 (kontrol). Menurut Yuniarti *et al.* (2019), apabila C/N rasio tanah terlalu tinggi maka pertumbuhan tanaman akan terhambat. Hal ini dikarenakan karbon, yang merupakan sumber energi mikrob, lebih tinggi daripada N dalam tanah yang dimana N tersebut sumber makanan mikrob, dan sebaliknya.

Perlakuan pemupukan tidak berpengaruh nyata terhadap P-tersedia, namun cenderung meningkat pada perlakuan P5 (NPK 50% + pupuk hayati 100%). Menurut Schroder dan Hartmann (2003), salah satu faktor yang mempengaruhi ketersediaan P tanah adalah interaksi tanaman dan mikrob yang dikarenakan eksudat akar. Hal ini dapat dikaitkan dengan kadar C-organik dan N-total yang cukup tinggi sehingga dapat meningkatkan populasi mikrob di sekitar perakaran serta dengan adanya bakteri *azotobacter* dalam kandungan pupuk hayati dapat meningkatkan ketersediaan P. Bakteri *azotobacter* tidak hanya dalam meningkatkan fiksasi nitrogen tapi juga mempunyai kemampuan dalam meningkatkan ketersediaan P (Arshad dan Frankenberger, 1993).

K-tersedia tidak berpengaruh nyata terhadap pemupukan yang diduga karena perbedaan kecepatan serapan hara oleh akar tanaman. Kecepatan serapan unsur hara pada akar tanaman dipengaruhi oleh suhu, air, cahaya matahari, kecepatan tumbuh tanaman, fase tumbuh tanaman, kondisi fisik, dan kimia (Winarso, 2005). Selain itu, terdapat hubungan erat antara ketersediaan K dan pencucian. Semakin tinggi pencucian akan semakin berkurang K-tersedia dalam tanah (Widowati *et al.*, 2012). Adapun beberapa faktor yang berkontribusi tinggi terhadap hilangnya unsur hara tanah dalam penyerapan hara pada tanaman alpukat, yaitu kesehatan akar yang buruk, rendahnya KTK, dan pemupukan yang berlebihan (Kiggundu *et al.*, 2012). K-tersedia cenderung meningkat pada perlakuan P4 (NPK 100% + pupuk hayati 50%). Penggunaan pupuk hayati terhadap K-tersedia tidak

berpengaruh nyata. Hal ini seperti pada penelitian Junaedi *et al.* (1999) bahwa tidak ada perubahan signifikan K-tersedia, baik awal maupun akhir masa percobaan dengan menggunakan pupuk hayati. Salah satu sumber kalium adalah bahan organik. Kalium dari sumber bahan organik ini menyediakan sedikit sekali hara kalium dari kebutuhan pertumbuhan tanaman. Namun kalium yang berasal dari dekomposisi bahan organik, baik dari sisa tumbuhan maupun hewan, lebih cepat tersedia dibandingkan kalium yang berasal dari pelarutan mineral (Rosemarkam dan Yuwono, 2002; Prajapati dan Modi, 2012).

Analisis Biologi Tanah

Hasil penelitian berupa total mikrob dan respirasi tanah ditunjukkan pada Tabel 4. Pemupukan tidak berpengaruh nyata terhadap total mikrob, tetapi cenderung meningkat pada perlakuan P7 (pupuk hayati 100%). Populasi total mikrob di sekitar perakaran dipengaruhi oleh kesuburan tanah, reaksi tanah (pH), kondisi fisik, kimia, biologi lingkungan, ketersediaan energi, dan sumber hara (Purwaningsih *et al.*, 2004). Penggunaan pupuk hayati 100% dapat meningkatkan populasi total mikrob. Tanah yang diaplikasikan dengan kombinasi pupuk hayati dan anorganik dapat membuat tanah tersebut kaya akan mikrob (Su *et al.*, 2021). Ketersediaan serta konsentrasi unsur hara yang berasal dari aplikasi pupuk NPK saja menyebabkan unsur hara dalam tanah meningkat tetapi menurunkan populasi mikrob dalam tanah (Sofatin *et al.*, 2016).

Respirasi tanah merupakan suatu akibat dari adanya proses kehidupan mikrob yang melakukan aktivitas hidup dan berkembang biak pada suatu massa tanah (Cahyono *et al.*, 2013). Respirasi tanah diharapkan dapat dipengaruhi oleh penggunaan pupuk hayati karena dapat menambah populasi total mikrob sehingga meningkatkan aktivitas mikrob. Hasil penelitian menunjukkan bahwa respirasi tanah tidak berpengaruh nyata terhadap pemupukan, akan tetapi hasil respirasi tanah cenderung meningkat pada perlakuan P7 (pupuk hayati 100%). Hal ini berbanding lurus dengan jumlah total mikrob yang dihasilkan. Menurut Ardi (2010), aktivitas mikrob tanah dipengaruhi oleh bahan organik, kelembaban, aerasi, dan sumber energi serta pengaruh penggunaan pupuk. Penelitian ini menunjukkan bahwa pupuk hayati dapat meningkatkan aktivitas mikrob tanah.

Enzim invertase memiliki peranan yang penting dalam proses pertumbuhan, pembentukan, dan penyimpanan gula dalam tanaman. Menurut Nayak *et al.* (2007), aktivitas enzim invertase menggambarkan siklus karbon karena berperan dalam melepaskan gula sederhana sebagai sumber energi bagi mikrob. Berdasarkan Tabel 5, perlakuan P3 (NPK 100% + pupuk hayati 100) berbeda nyata dengan perlakuan P1 (NPK 100%) dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan P7 (pupuk hayati 100%). Hal ini disebabkan oleh peran invertase dalam memecah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa yang meningkatkan tekanan osmotik dalam sel sehingga mendorong pemanjangan sel dan proses pertumbuhan (Leite *et al.*, 2015). Hal ini terbukti pada pertumbuhan tinggi serta jumlah cabang dengan pertumbuhan terbaik terdapat pada P3 yang memiliki aktivitas invertase tanah tertinggi.

Tabel 4. Pengaruh pupuk NPK dan pupuk hayati terhadap total mikroba dan respirasi tanah setelah lima bulan pemupukan

Perlakuan	Total mikroba (x10 ⁴ SPK g ⁻¹ tanah)	Respirasi tanah (g C-CO ₂ per hari)
P0 = kontrol (tanpa NPK dan pupuk hayati)	7.43 ^a	1.01 ^a
P1 = pupuk NPK 100%	10.13 ^a	1.19 ^a
P2 = pupuk NPK 50%	9.26 ^a	1.05 ^a
P3 = pupuk NPK 100% + pupuk hayati 100%	8.26 ^a	1.02 ^a
P4 = pupuk NPK 100% + pupuk hayati 50%	8.80 ^a	1.13 ^a
P5 = pupuk NPK 50% + pupuk hayati 100%	8.76 ^a	1.06 ^a
P6 = pupuk NPK 50% + pupuk hayati 50%	10.04 ^a	1.13 ^a
P7 = pupuk hayati 100%	11.03^a	1.23^a
P8 = pupuk hayati 50%	9.99 ^a	1.06 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf = 5% dengan Uji Wilayah Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*).

Tabel 5. Pengaruh pupuk NPK dan pupuk organik hayati terhadap aktivitas invertase tanah setelah lima bulan pemupukan

Perlakuan	Aktivitas invertase tanah (mg glukosa g ⁻¹ tanah)
P1 = pupuk NPK 100%	2.30 ^b
P3 = pupuk NPK 100% + pupuk hayati 100%	4.00^a
P7 = pupuk hayati 100%	3.60 ^{ab}

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf = 5% dengan Uji Wilayah Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*).

SIMPULAN

Kombinasi pupuk NPK dan pupuk hayati memiliki pengaruh dalam peningkatan yang signifikan pada laju tinggi tanaman, laju jumlah cabang tersier, N-total, dan aktivitas invertase tanah. Walaupun ada beberapa hasil yang tidak berbeda nyata seperti jumlah pucuk daun, total mikroba, respirasi tanah, C-organik, K-tersedia, dan C/N rasio, akan tetapi peningkatannya cukup tinggi dibandingkan dengan perlakuan NPK saja. Perlakuan terbaik terdapat pada P3, yaitu kombinasi NPK 100% dan pupuk hayati 100% dengan komposisi pupuk urea 50 g pohon⁻¹, TSP 12 g pohon⁻¹, KCl 14 g pohon⁻¹, pupuk kandang 1.25 kg pohon⁻¹, dan pupuk hayati 10 ml pohon⁻¹. Hal ini menunjukkan perlakuan P3 ini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, sifat kimia tanah, dan sifat biologis tanah dibandingkan dengan perlakuan lainnya khususnya untuk diterapkan pada tanaman alpukat varietas Hass.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada PT Perkebunan Buah Subang yang telah membantu dan mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ardi, R. 2010. *Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah Pada Berbagai Kelerengan dan Kedalaman Hutan Alami*. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Arshad, M. and W.T. Frenkenberger Jr. 1993. Microbial production of plant growth regulators. in: meeting FB Jr (ed). *Soil microbial ecology*, 1: 307–347.

[BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayur-Sayuran Tahunan Indonesia*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.

Bashan, Y. and L.E.D. Bashan. 2010. How the plant growth-promoting bacteria *Azospirillum* promotes

plant growth – a critical assessment. *Adv Agron.*, 108: 77–136.

[CABI] Commonwealth Agricultural Bureaux International. 2013. *The Avocado: Botany, Production and Uses*. 2nd Edition. CABI. London.

Cahyono, B., S. Yusnaini, A. Niswati dan M. Utomo. 2013. Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi mulsa bagas terhadap respirasi tanah pada lahan pertanian tebu (*Saccharum officinarum* L.) PT gunung madu plantations. *Jurnal Agrotek Tropika*, 1(2): 209-212.

Cowan, A.K. and B.N. Wolstenholme. 2016. *Avocado*. In Caballero B, Finglas PM, Toldrá F. *Encyclopedia of Food and Health*. Academic Press. Oxford.

Indris, M.H., I. Halid dan S. Sapareng. 2019. Pengaruh pupuk hayati terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elais guineensis* jacq.) pada pembibitan awal. *Indonesia Journal of Fundamental Sciences*, 5(2): 131-137.

Irfan, M. 2013. Respon bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap zat pengatur tumbuh dan unsur hara. *Jurnal Agroteknologi*, 3(2): 35-40.

Junaedi, A., A. Wachjar dan A. Rahman. 1999. Pengaruh penggunaan pupuk hayati terhadap pertumbuhan tanaman belum menghasilkan (TBM I) kopi robusta (*coffea canephora* Pierre ex Froehner). *Bul. Agron.*, 27(2):12-17.

Kiggundu, N., K.W. Migliaccio, B. Schaffer, Y. Li and J.H. Crane. 2012. Water savings, nutrient leaching, and fruit yield in a young avocado orchard as affected by irrigation and nutrient management. *Irrigation Science*, 30: 275–286.

Leite, G.H.P., C.A.C. Crusciol, G.F. de Siqueira and M.D.A Silva. 2015. Plant regulators and invertase activity in sugarcane at the beginning of the harvest season. *Ciência Rural*, 45(10): 1788–1794.

- Mickelbart, M.V., P.W. Robinson, G. Witney and M.L. Arpaia. 2012. 'Hass' avocado tree growth on four rootstocks in California. II. shoot and root growth. *Scientia Horticulture*, 143: 205-215.
- Nayak, D.R., Y.J. Babu and T.K. Adhya. 2007. Long-term application of compost influences microbial biomass and enzyme activities in a tropical Aeris Endoaquept planted to rice under flooded condition. *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 1897-1906.
- Orisajo, S.B. and K.B. Adejobi. 2020. Fertilizer application enhances establishment of cacao seedlings in plant parasitic nematodes infected soil. *Acta agriculturae Slovenica*, 115(2): 417-428.
- Oyeyemi, A.O. and R.B. Oyeyemi. 2015. Effect of the aqueous extract of the leaves and seeds of avocado pear (*Persea americana*) on some marker enzymes and cholesterol in the albino rat tissues. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 9(3): 15- 18.
- Pangaribuan, D.H., K. Hendarto, S.R. Elzhivago dan A. Yulistiani. 2018. The effect of organic fertilizer and urea fertilizer on growth, yield and quality of sweet corn and soil health. *Asian J. Agri. and Biology*, 6(3): 335-344.
- Prajapati, K. and H.A. Modi. 2012. The importance of potassium in plant growth – a review. *Indian Journal of Plant Sciences*, 1: 02-03.
- Purwani, J, I. Juarsah dan U. Haryati. 2015. Pengaruh posisi teras dan tanaman penguat teras terhadap populasi mikroba tanah pada pertanaman kacang hijau di vertisols, Lombok Timur. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2015; 2015 Mei 19; Malang, Indonesia. Bogor: Balai Penelitian Tanah. hlm 498-506 [diakses 2022 Maret 9]. (<https://balitkabi.litbang.pertanian.go.id>)
- Purwaningsih, S, R. Hardiningsih, Wardah dan A. Sujadi. 2004. Populasi bakteri dari tanah di desa Tudu-Aog, Kecamatan Passi, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara. *Biodiversitas*, 5(1): 13-16.
- Roca, L.F., J. Romero, J.M. Bohórquez, E. Alcántara, R. Fernández-Escobar and A. Traperó. 2018. Nitrogen status affects growth, chlorophyll content and infection by *Fusicladium oleagineum* in olive. *Crop Protection*, 109(1): 80- 85.
- Rosemarkam, A. dan N.W. Yuwono. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta.
- Saraswati, R., T. Prihatini dan R.D. Hastuti. 2004. *Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Schröder, P. and A. Hartmann. 2003. New Developments in Rhizosphere Research. *J. Soils & Sediments*, 3(4): 227.
- Sofatin, S., B.N Fitriati dan Y. Machfud. 2016. Pengaruh kombinasi pupuk NPK dan pupuk hayati terhadap populasi total mikroba tanah dan hasil jagung manis (*zea mays L. Saccharata*) pada inceptisols jatiningor. *Soilrens*, 14(2): 33- 37.
- Su, L., T. Bai, X. Qin, H. Yu, G. Wu, Q. Zhao, and L. Tan. 2021. Organic manure induced soil food web of microbes and nematodes drive soil organic matter under jackfruit planting. *Applied Soil Ecology*, 166: 103994.
- Velez, A.T. and N. Osorio. 2017. Co-inoculation with an arbuscular mycorrhizal fungus and a phosphate-solubilizing fungus promotes the plant growth and phosphate uptake of avocado plantlets in a nursery. *Botany*, 95: 539-545.
- Walindow, C.Y., Hariyadi, F. Montolalu dan N. Potalangi. 2020. Bioremediasi EM4 prodak PT. Songgolangit dan biakan sendiri air kelapa terhadap pengolahan air limbah pabrik tepung kelapa PT. Royal Coconut di Desa Ombulo Kec. Limboto Barat Gorontalo. *Majalah Info Sains*, 1(1): 16-23.
- Widowati, Asnah dan Sutoyo. 2012. Pengaruh penggunaan biochar dan pupuk kalium terhadap pencucian dan serapan kalium pada tanaman jagung. *Buana Sains*, 12(1):83-90.
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan Tanah: Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Gava media. Yogyakarta
- Yuniarti, A., M. Damayani dan D.M. Nur. 2019. Efek pupuk organik dan pupuk n,p,k terhadap c-organik, n-total, c/n, serapan n, serta hasil padi hitam pada inceptisols. *Jurnal Pertanian Presisi*, 3(2): 90-105.