

Efek mikoriza arbuskula (MA) dan zat perangsang tumbuh (ZPT) akar terhadap pertumbuhan vegetatif bibit tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) asal stek batang

The effect of arbuscular mycorrhizal (am) and root plant growth stimulan (pgs) on vegetative growth of physic nut (jatropha curcas l.) derived from stem cutting

Irfan Maulana¹, Ina Darliana²

¹Fakultas Pertanian, Universitas Insan Cendekia Mandiri. Jl. Pasir Kaliki No 199 Bandung 40162, Indonesia

²Fakultas Pertanian, Universitas Winaya Mukti. Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 29, Tanjungsari, Sumedang, 45362, Indonesia

Korespondensi:
irfanmaulana@uicm.ac.id

Submit:
26 April 2025

Direvisi:
10 Juli 2025

Diterima:
27 Juli 2025

Abstract. *The Effect of Arbuscular Mycorrhizal (AM) and Root Plant Growth Stimulan (PGS) on Vegetative Growth of Physic Nut (Jatropha curcas L.) Obtained from Stem Cutting. Guided by Ely Darlina and Ina Darliana. This study aims to evaluate the effects of Arbuscular Mycorrhizal (AM) and Plant Growth Stimulan (PGS) on the early growth performance of Jatropha curcas seedlings. The objective was to determine the optimal dose of AM and concentration of PGRs that positively influence the seedling growth of Jatropha curcas. The experiment was conducted at the farm Bumi Herbal, Bandung, West Java with an altitude of $\pm 1,300$ m above sea level. Based on the classification by Schmidt and Ferguson (2020), the rainfall pattern in the research area falls under category type C. The experiment method used complete Randomized Block Design (CRDB) of nine treatments and three replications, therefore there are 27 experiment plots. Each treatment consists of 5 plants, so there are 135 plants total. The result showed there was significant interaction between AM and root Plant Growth Stimulan on growth Physic nut, FM 10 g/plant and root plant growth stimulan concentration 50 miligram per mililiter gave the best growth.*

Key words: *arbuscular mycorrhizal fungi, growth regulator, jatropha, stem cutting.*

Abstrak. Efek Mikoriza Arbuskula (MA) dan Zat Perangsang Tumbuh (ZPT) Akar Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Bibit Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) Asal Stek Batang. Dibimbing oleh Ely Darlina dan Ina Darliana. Maksud dari penelitian ini adalah untuk mempelajari efek Mikoriza Arbuskula (MA) dengan Zat Perangsang Tumbuh (ZPT) terhadap pertumbuhan bibit jarak pagar. Tujuannya adalah untuk mendapatkan dosis FM dan konsentrasi ZPT yang berefek baik terhadap pertumbuhan bibit jarak pagar. Percobaan dilakukan di kebun Bumi Herbal, Kabupaten Bandung, Jawa Barat dengan ketinggian ± 1.300 m dpl. Berdasarkan penggolongan Schmid dan Ferguson (2020), pola curah hujan di area penelitian berada pada kategori tipe C. Metode percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok pola faktorial yang terdiri atas sembilan perlakuan dan tiga ulangan, sehingga terdapat 27 plot percobaan. Setiap perlakuan terdiri dari 5 tanaman, sehingga jumlah seluruhnya 135 tanaman. Hasil percobaan menunjukkan terjadinya efek interaksi antara pemberian dosis FM dan ZPT terhadap pertumbuhan jarak pagar. Pemberian dosis FM 10 g/tanaman dan konsentrasi ZPT 50 miligram per mililiter pada tanaman jarak memberikan hasil pertumbuhan yang baik.

Kata kunci: mikoriza arbuskula, jarak pagar, zat perangsang tumbuh, stek batang.

PENDAHULUAN

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) berasal dari wilayah tropis di benua Amerika dan sering digunakan sebagai tanaman pembatas di pekarangan. Tanaman ini sering ditemukan tumbuh liar, dari dataran rendah sampai ketinggian sekitar 300 meter di atas permukaan laut. Jarak pagar mampu berkembang dengan baik di tanah kurang subur serta di daerah beriklim panas (Dalimartha, 2020). Jarak pagar pada mulanya dikenal masyarakat sebagai tanaman penghasil biodiesel (bahan bakar yang berasal dari material tumbuhan), selain jarak pagar tanaman yang sering digunakan untuk biodiesel adalah kelapa sawit, tebu, ketela pohon dan tanaman-tanaman lain (Nurcholis dan Sumarsih, 2020). Tanaman jarak pagar memproduksi biji yang memiliki kandungan minyak yang tergolong tinggi, yaitu sekitar 24 sampai 36%. Minyak yang diperoleh dari tanaman ini berpotensi tinggi untuk digunakan sebagai sumber energi pengganti (Nurcholis dan Sumarsih, 2020). Selain itu, minyak dari jarak pagar memiliki potensi untuk dijadikan bahan baku dalam produksi obat herbal.

Saat ini tanaman jarak pagar mulai dikenal di kalangan masyarakat sebagai tanaman yang memiliki khasiat sebagai tanaman obat. Banyak masyarakat yang sadar akan pentingnya mengonsumsi obat-obat herbal dibanding mengonsumsi obat-obat kimia, Sebab penggunaan obat herbal cenderung aman dan tidak menyebabkan reaksi yang dapat merugikan tubuh kita. Jarak pagar mulai banyak dibudidayakan oleh masyarakat dan tak jarang juga banyak industri yang mencoba untuk membudidayakan dan memanfaatkan tanaman jarak pagar sebagai sumber bahan utama dalam pembuatan obat berbasis herbal (Dalimartha, 2020).

Jarak pagar tidak sulit dalam membudidayakannya, dikarenakan jarak pagar merupakan sumber pangan yang mudah dibudidayakan di berbagai jenis lahan, termasuk di lahan marginal. Walau budidaya Tanaman jarak pagar dapat dibudidayakan dengan biaya yang relatif rendah dan memiliki biji yang mudah untuk dipanen, namun ketersediaan benihnya masih sangat terbatas (Nurcholis dan Sumarsih, 2020). Dalam rangka menyediakan bibit tanaman yang baik dilakukan beberapa upaya di antaranya dengan meningkatkan produksi dan kualitas tanaman jarak pagar, keadaan ini mendorong peneliti untuk mengkaji tanaman jarak pagar melalui aplikasi mikoriza arbuskula serta pemberian zat perangsang tumbuh dalam budidayanya.

Perbanyakan tanaman jarak pagar biasanya dilakukan dengan stek batang (Elizabeth, 2021). Dalam upaya pembiakan secara vegetatif, perlu peningkatan pertumbuhan akar, akar dari bibit tanaman yang ditanam menunjukkan kemampuan adaptasi yang lebih cepat dan efisien terhadap kondisi lingkungan yang baru. Selain itu, aplikasi mikoriza serta penggunaan hormon perangsang akar telah diuji melalui berbagai eksperimen untuk menentukan dosis optimalnya, dengan demikian dapat membantu tanaman tumbuh dan berkembang secara optimal (Elizabeth, 2021).

Keberadaan mikroorganisme dalam tanah berperan penting dalam menentukan tingkat kesuburan tanah. Mikroorganisme juga memiliki peran yang tak terpisahkan dalam mendukung proses pertumbuhan sebagai komponen utama dalam tanaman. Mikroorganisme tanah yang bermanfaat antara lain *Pseudomonas* sp, *Mikoriza* sp, *Rhizobium* sp, *Azotobacter* sp, *Lactobacillus* sp, dan *Actinomycetes* sp serta *Streptomyces* sp (Subiksa, 2018).

Mikoriza Arbuskula (MA) dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui perbaikan penyerapan nutrisi dari tanah, terutama unsur fosfor (P) yang ketersediaannya sering terbatas karena mudah terikat oleh partikel tanah. Kehadiran mikoriza memperluas daerah jelajah akar tanaman melalui hifa eksternal yang menyerap nutrisi lebih efisien, sehingga pemupukan menjadi tidak terlalu diperlukan, terutama pada tanah-tanah bermasalah atau miskin hara. Selain itu, mikoriza juga dapat berperan sebagai alternatif pengganti sebagian fungsi akar, karena membantu dalam penyerapan air dan

meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan (Setiadi, 2019). Kemungkinan ini terjadi karena mikoriza memiliki struktur hifa eksternal yang sangat luas dan berukuran lebih kecil dibandingkan rambut akar. Selain itu, mikoriza menghasilkan enzim fosfatase dan senyawa lain dari hifa, serta membentuk lapisan hifa pelindung yang secara fisik menjaga akar (Subiksa, 2018)

Mikoriza Arbuskula (MA) termasuk jenis endomikoriza yang mampu membentuk hubungan simbiotik saling menguntungkan dengan sistem perakaran tanaman (Riniarti, 2023). Dikaitkan dengan kegiatan budidaya tanaman, manfaat mikoriza pada budidaya tanaman dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam Menyerap nutrisi esensial bagi tanaman, di samping itu mikoriza juga memiliki kemampuan untuk meningkatkan ketahanan terhadap hama dan penyakit, mengurangi kematian bibit setelah dipindah ke lapangan dan dapat memperbaiki agregasi tanah. Tanaman bermikoriza akan lebih tahan terhadap kekeringan. Inokulasi Mikoriza Arbuskula menyebabkan tanaman akan mengalami perbaikan penyerapan unsur hara dan pertumbuhan yang mengakibatkan sistem perakaran tanaman mengalami peningkatan terutama dalam hal penyerapan air (Supriadi, 2018).

Mikoriza memberikan efek yang baik pada tanaman inangnya, Mikoriza memiliki peran penting dalam memperbaiki struktur tanah, mempercepat pelapukan bahan induk serta meningkatkan ketersediaan unsur hara. Selain itu, mikoriza turut berperan dalam memaksimalkan penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman, sekaligus melindungi dari serangan patogen akar serta zat-zat yang bersifat racun. (Subiksa, 2018).

Pembentukan struktur tanah ditentukan oleh beberapa faktor, termasuk adanya organisme, seperti hifa jamur yang berperan dalam menyatukan butiran-butiran partikel tanah. Mikoriza juga dapat memperluas permukaan akar dan memiliki sistem enzimatik sehingga nutrisi fosfor yang terdapat di dalam tanah dapat diserap secara optimal. Tanaman tanpa MA menunjukkan tingkat evapotranspirasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang memiliki MA (Setiadi, 2019).

Untuk mempercepat perkembangan akar, biasanya stek diberi zat perangsang tumbuh. Root up merupakan salah satu tipe hormon perangsang akar yang saat ini sering dimanfaatkan. Umumnya tersedia berupa bubuk berwarna putih, produk ini berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar baru secara lebih cepat dan melimpah. Efektivitasnya berasal dari kombinasi beberapa zat pengatur pertumbuhan akar, seperti IBA, IAA, dan NAA (Elizabeth, 2021).

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini berlangsung di area Bumi Herbal yang terletak pada area pegunungan dengan elevasi berkisar antara 1.200 hingga 1.350 meter di atas permukaan laut. Kondisi iklim bersuhu $<20^{\circ}\text{C}$, kelembaban udara mencapai 78% di saat memasuki musim hujan dan 70% pada saat musim kemarau, dengan rata-rata jumlah curah hujan tahunan antara 1.500 hingga 4.000 mm. Percobaan dilaksanakan pada bulan November sampai Desember 2012.

Material yang dipakai yaitu sebagai berikut:

1. Stek batang tanaman jarak pagar yang dipakai pada penelitian ini merupakan aksesori lokal dari koleksi kebun Bumi Herbal. Dengan kriteria stek yang digunakan berasal dari batang yang sehat bebas dari gangguan hama dan penyakit, umur batang induk sekitar 1 tahun, diameter batang stek antara 1,5-2,5 cm, Panjang batang stek sekitar 20-25 cm, memiliki 3-5 ruas dan bagian pangkal batang dipotong miring.

2. Mikoriza Arbuskula yang telah diinokulasi di Puslitbang Kehutanan Bogor dan memiliki kandungan spora sebanyak ± 300 spore per gram. MA diaplikasikan satu kali pada saat ditanam. Dosis MA yang digunakan Adalah 5 gram per lubang tanam, diletakan langsung pada bagian bawah stek di dalam media tanam.
3. Zat perangsang tumbuh akar (Root-up) diaplikasikan dengan cara perendaman ujung batang stek selama 10-15 menit sebelum penanaman, dengan konsentrasi sesuai petunjuk label (1 ml/liter air). Aplikasi ZPT hanya dilakukan satu kali sebelum tanam.
4. Media tanam yang dipakai terdiri dari campuran tanah berordo Inceptisol dan pupuk kandang ayam dengan komposisi 2:1. Ordo Inceptosol dipilih karena mempunyai kadar bahan organik yang cukup dan struktur tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman dari fase awal (Subardja dkk, 2014). Pupuk kandang ayam digunakan untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara, terutama nitrogen dan fosfor (Rosmarkam & Yuwono, 2002).
5. Polybag berukuran 15 cm \times 25 cm;
6. Label

Alat yang digunakan yaitu: cangkul, kored, golok untuk memotong batang dan cabang, ayakan dan ember untuk mencampur media tanam, selang dan ember untuk menyiram, gelas ukur, timbangan analitik untuk menimbang bobot kering, alat ukur tinggi tanaman, gelas ukur, oven untuk mengeringkan tanaman, alat tulis.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui metode eksperimen lapangan dengan rancangan acak kelompok pola faktorial. Faktor ke-1 yakni dosis Mikoriza Arbuskula (F), yang memiliki 3 tingkat perlakuan, yaitu:

f_1 : sebanyak 0 g tiap tanaman

f_2 : sebanyak 10 g tiap tanaman

f_3 : sebanyak 15 g tiap tanaman

Faktor ke-2 adalah konsentrasi ZPT akar (Z), terdiri dari 3 taraf, yaitu:

z_1 : sebanyak 25 miligram per mililiter

z_2 : sebanyak 50 miligram per mililiter

z_3 : sebanyak 75 miligram per mililiter

Percobaan ini melibatkan 9 kombinasi perlakuan antara dosis MA sebagai faktor I dan konsentrasi ZPT sebagai faktor II terhadap variable pertumbuhan tanaman, setiap percobaan diulang sebanyak tiga kali, sehingga totalnya terdapat 27 unit percobaan. Setiap unit perlakuan mencakup 5 tanaman, menghasilkan total 135 tanaman. Variable pengamatan yang dilakukan yaitu pengamatan penunjang meliputi analisis media tanam berupa komposisi campuran pupuk kandang ayam dan tanah, data lingkungan meliputi suhu, kelembaban, dan curah hujan yang dicatat harian sepanjang penelitian dan pengamatan hama, penyakit, dan gulma yang muncul selama masa penelitian. Sedangkan pengamatan utama dilakukan setiap dua minggu sejak penanaman hingga minggu ke-8 meliputi jumlah tunas (buah), jumlah daun (helai), panjang tunas (cm), volume akar (ml), bobot kering akar (g) yang diamati di akhir penelitian setelah pengeringan pada oven suhu 70 °C selama 48 jam dan jumlah akar lateral (buah).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah tunas umur 4 mst

Hasil uji analisis varians memperlihatkan adanya efek dari mikoriza arbuskula serta zat perangsang pertumbuhan akar terhadap jumlah tunas pada usia 4 minggu setelah penanaman. Analisis menunjukkan adanya interaksi antara mikoriza arbuskula serta hormon perangsang pertumbuhan akar, hasil uji efek sederhana menggunakan Uji Duncan Multiple Range Test pada tingkat signifikansi 5% ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah tunas per bibit tanaman akibat mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar umur 4 minggu setelah proses penanaman

MA (f)	ZPT (z)		
	Z ₁	Z ₂	Z ₃
f ₁	0.67 a	0.67 a	1.67 a
f ₂	1.67 a	2.67 b	0.67 a
f ₃	1.00 a	1.33 ab	2.33 b

Keterangan: Nilai rata-rata yang memiliki huruf kapital sama (secara horizontal) atau huruf kecil sama (secara vertikal) menandakan perbedaan yang tidak signifikan menurut uji Duncan Multiple Range Test pada tingkat signifikansi 5%.

Pada taraf f₁ dan f₃ tidak terdapat konsentrasi ZPT yang berbeda efeknya terhadap jumlah tunas, tetapi pada taraf f₂ konsentrasi ZPT z₂ (50 miligram per mililiter) berefek baik terhadap jumlah tunas. Pada taraf z₁ tidak terdapat dosis MA yang berbeda efeknya terhadap jumlah tunas, tetapi pada taraf z₂ dosis MA f₂ (10 g/tanaman) berefek baik terhadap jumlah tunas dan pada taraf z₃ dosis MA f₃ (15 g/tanaman) berefek baik.

Hasil interaksi menunjukkan bahwa kombinasi antara dosis MA dan konsentrasi ZPT berefek berbeda terhadap jumlah tunas tanaman jarak pagar di usia empat minggu setelah proses penanaman. Pada perlakuan f₂z₂ (10 g MA dan 50 mg/l ZPT) diperoleh jumlah tunas tertinggi (2.67 buah), yang berbeda nyata secara statistik jika dibandingkan dengan perlakuan berbeda. Kemungkinan besar karena pada taraf tersebut terjadi sinergi yang optimal antara inokulasi mikoriza dengan ketersediaan hormon auksin dari ZPT, yang mendorong pembentukan tunas lateral.

Mikoriza Arbuskula meningkatkan serapan unsur hara, khususnya fosfor, yang sangat dibutuhkan dalam proses pembelahan dan pembentukan jaringan baru. Sementara itu, ZPT berperan sebagai pemacu fisiologis yang mendukung pembelahan sel dan diferensiasi jaringan, khususnya pada titik tumbuh tunas. Konsentrasi Z₂ (50 mg/l) diperkirakan merupakan dosis optimum, karena pada konsentrasi lebih tinggi (Z₃), meskipun pada kombinasi f₃z₃ terlihat jumlah tunas meningkat (2.33 buah), perbedaannya tidak signifikan secara statistik dengan kombinasi lain (Smith, 2008).

Sebaliknya, pada dosis MA rendah (f₁) atau ZPT rendah (Z₁), respons jumlah tunas cenderung rendah karena rendahnya serapan nutrisi dan rangsangan hormonal. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanpa adanya dosis yang cukup dari salah satu faktor, peningkatan tunas tidak optimal (Smith, 2008).

a. Jumlah daun ketika berusia 4 minggu setelah penanaman (mst)

Analisis ragam menunjukkan efek mikoriza arbuskula serta hormon perangsang pertumbuhan akar terhadap jumlah daun pada umur 4 minggu pasca tanam (mst) yang disajikan dalam Lampiran 10. Analisis memperlihatkan bahwa tidak ditemukan adanya interaksi antara mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar; hasil uji efek mandiri menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf signifikansi 5% disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah daun per tanaman akibat efek mikoriza arbuskula serta zat prangsang pertumbuhan akar pada umur 4 minggu setelah proses penanaman

Perlakuan	Jumlah Daun Umur 4 mst
Mikoriza Arbuskuler	
$f_1 = 0$ gram per bibit	2.00 a
$f_2 = 10$ gram per bibit	2.11 a
$f_3 = 15$ gram per bibit	2.44 a
Zat Perangsang Tumbuh Akar	
$z_1 = 25$ miligram per mililiter	2.11 a
$z_2 = 50$ miligram per mililiter	2.11 a
$z_3 = 75$ miligram per mililiter	2.33 a

Keterangan: Rata-rata dengan huruf yang sama dalam kolom menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan menurut uji Duncan Multiple Range Test pada taraf nyata 5%.

Secara keseluruhan, penggunaan dosis MA serta konsentrasi ZPT tidak memberikan efek signifikan terhadap jumlah daun pada umur 4 minggu setelah tanam. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa baik perlakuan dosis Mikoriza Arbuskula (MA) maupun konsentrasi Zat Perangsang Tumbuh (ZPT) tidak memberikan efek yang signifikan terhadap jumlah daun tanaman jarak pagar pada umur 4 minggu setelah tanam. Nilai rata-rata jumlah daun yang diperoleh berkisar antara 2.00–2.44 helai, dan seluruh perlakuan berada dalam kelompok huruf yang sama menurut uji Duncan 5%, yang berarti tidak terjadi perbedaan nyata.

Tidak signifikannya efek MA dan ZPT pada jumlah daun pada tahap awal pertumbuhan (4 MST) dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti Mikoriza yang memerlukan waktu kolonisasi akar, pada fase awal (≤ 4 minggu), mikoriza belum sepenuhnya bersimbiosis secara aktif dengan sistem akar tanaman. Kolonisasi dan penetrasi hifa ke dalam korteks akar umumnya memerlukan waktu tertentu sebelum menunjukkan efek fisiologis yang nyata terhadap tanaman, termasuk pembentukan daun. Kemudian faktor dari efek ZPT belum maksimal pada tahap vegetatif awal, zat perangsang tumbuh seperti auksin dan sitokinin dalam konsentrasi sedang biasanya menunjukkan respons yang lebih nyata terhadap pertumbuhan tunas dan akar terlebih dahulu dibandingkan daun, terutama saat tanaman masih berada pada fase adaptasi terhadap media dan lingkungan. Lalu faktor Jumlah daun yang sangat diefeki oleh genetik dan faktor lingkungan, variabel jumlah daun sering kali tidak menunjukkan respon cepat terhadap perlakuan karena lebih stabil secara genetik dan baru menunjukkan variasi saat pertumbuhan lanjut, saat cadangan hara dan aktivitas enzimatis dalam jaringan meningkat. Faktor terakhir dari ukuran sampel dan selang waktu pengamatan yang pendek, pengamatan pada 4 minggu setelah tanam bisa jadi terlalu dini untuk menangkap efek perlakuan terhadap morfologi daun. Beberapa studi melaporkan bahwa efek mikoriza dan ZPT baru signifikan setelah 6 minggu atau lebih (Adisarwanto, 2005).

b. Jumlah daun pada usia 6 minggu setelah tanam

Hasil analisis menunjukkan tidak adanya interaksi antara mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar; hasil analisis efek mandiri berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan taraf nyata 5% disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah daun per bibit tanaman akibat mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar umur 6 minggu setelah proses penanaman

Perlakuan	Jumlah Daun Umur 4 mst
Mikoriza Arbuskuler	
$f_1 = 0$ gram per bibit	4.89 a
$f_2 = 10$ gram per bibit	5.22 a
$f_3 = 15$ gram per bibit	5.44 a
Zat Perangsang Tumbuh Akar	
$z_1 = 25$ miligram per mililiter	4.22 a
$z_2 = 50$ miligram per mililiter	5.56 a
$z_3 = 75$ miligram per mililiter	5.78 a

Keterangan: Rata-rata dengan huruf yang sama dalam satu kolom mengindikasikan bahwa perbedaannya tidak signifikan menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%.

Secara umum, pemberian dosis MA dan konsentrasi ZPT tidak menunjukkan efek signifikan terhadap jumlah daun pada umur 6 minggu setelah tanam. meskipun tidak terjadi interaksi yang signifikan antara perlakuan Mikoriza Arbuskula (MA) dan Zat Perangsang Tumbuh (ZPT) terhadap jumlah daun pada umur 6 minggu setelah tanam, pola kecenderungan menunjukkan bahwa baik peningkatan dosis MA maupun konsentrasi ZPT memberikan efek kuantitatif terhadap jumlah daun.

Tanaman yang diberi dosis MA 15 gram per bibit (f_3) menghasilkan rata-rata jumlah daun tertinggi (5.44 helai), sedangkan kontrol tanpa MA (f_1) menghasilkan jumlah daun terendah (4.89 helai). Ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis mikoriza mulai memperlihatkan dampak biologis terhadap pertumbuhan daun seiring bertambahnya waktu kolonisasi hifa dalam akar dan peningkatan efisiensi serapan hara, terutama fosfat.

Pada perlakuan ZPT, terlihat bahwa konsentrasi Z_3 (75 miligram per mililiter) menghasilkan rata-rata jumlah daun tertinggi (5.78 helai), diikuti oleh Z_2 (5.56 helai), dan Z_1 (4.22 helai). Peningkatan ini mengindikasikan bahwa ZPT mulai bekerja optimal pada minggu ke-6, terutama karena senyawa aktif seperti auksin dan sitokinin memicu pertumbuhan jaringan daun melalui aktivasi pembelahan sel di meristem tunas.

Meskipun terdapat perbedaan nilai rata-rata antar perlakuan, hasil analisis statistik menyatakan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik. Hal ini mungkin disebabkan oleh variabilitas antar individu tanaman masih cukup tinggi, durasi 6 minggu belum cukup untuk menunjukkan efek penuh dari perlakuan, terutama ZPT, efek sinergis antara mikoriza dan ZPT belum optimal atau memerlukan konsentrasi lebih terarah dan rentang data terlalu sempit sehingga perbedaan rata-rata tidak memenuhi syarat uji statistik (Smith, 2008).

c. Jumlah daun umur 8 mst

Analisis ragam menunjukkan efek mikoriza arbuskula serta zat perangsang tumbuh akar terhadap jumlah daun pada umur 8 minggu setelah penanaman (mst), sebagaimana tercantum pada hasil analisis memperlihatkan tidak terjadi interaksi antara mikoriza arbuskula dengan zat perangsang tumbuh akar; analisis efek sederhana berdasarkan Analisis Jarak Berganda Duncan pada taraf signifikansi 5% disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Jumlah daun per bibit tanaman akibat mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar umur 8 minggu setelah proses penanaman

MA (f)	ZPT		
	Z ₁	Z ₂	Z ₃
f ₁	2.54 a	2.54 a	3.13 a
f ₂	2.81 a	3.56 b	2.68 a
f ₃	2.48 a	2.85 a	3.21 a

Keterangan : Rata-rata yang memiliki huruf besar serupa secara horizontal dan huruf kecil serupa secara vertikal menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan berdasarkan uji Jarak Berganda Duncan taraf 5%.

Pada taraf f₁, variasi konsentrasi ZPT tidak memberikan efek yang berbeda terhadap jumlah tunas, namun pada taraf f₂, konsentrasi ZPT z₂ (50 miligram per mililiter) memberikan efek positif pada jumlah daun. Sedangkan pada taraf z₁ dan z₃, dosis MA tidak menunjukkan efek yang berbeda, tetapi pada taraf z₂ dengan dosis MA f₂ (10 g/tanaman) memberikan efek yang baik terhadap jumlah daun.

Berdasarkan analisis, ditemukan adanya interaksi antara Mikoriza Arbuskula (MA) dan Zat Perangsang Tumbuh (ZPT) terhadap jumlah daun tanaman jarak pagar pada usia 8 minggu setelah tanam. Kombinasi f₂z₂ (MA 10 g/tanaman dan ZPT 50 mg/l) memberikan hasil jumlah daun tertinggi dan berbeda nyata (3.56 helai), sedangkan perlakuan lain memiliki hasil yang lebih rendah dan secara statistik tidak berbeda nyata satu sama lain. Hal Ini Terjadi karena pada minggu ke-8, tanaman sedang berada dalam fase aktif pertumbuhan vegetatif, sehingga efek perlakuan lebih terlihat dibanding minggu ke-4 atau ke-6. Kombinasi dosis yang pas (f₂z₂) menjadi faktor kunci dalam memacu produksi daun secara maksimal (Smith, 2008).

Panjang Tunas (cm)

a. Panjang tunas umur 4 mst

Analisis ragam memperlihatkan efek mikoriza arbuskula serta zat perangsang tumbuh akar terhadap panjang tunas pada umur 4 minggu setelah penanaman yang dimuat dalam hasil analisis menunjukkan tidak adanya interaksi antara mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar; hasil analisis efek mandiri menggunakan Analisis Jarak Berganda Duncan pada tingkat signifikansi 5% disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. panjang tunas per bibit tanaman akibat mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar umur 4 minggu setelah proses penanaman

Perlakuan	Panjang Tunas Umur 4 mst
Mikoriza Arbuskula	
$f_1 = 0$ gram per bibit	1.33 a
$f_2 = 10$ gram per bibit	1.89 a
$f_3 = 15$ gram per bibit	1.89 a
Zat perangsang tumbuh Akar	
$z_1 = 25$ miligram per mililiter	1.22 a
$z_2 = 50$ miligram per mililiter	2.11 a
$z_3 = 75$ miligram per mililiter	1.78 a

Keterangan : Nilai rata-rata yang memiliki huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan berdasarkan uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa baik penerapan dosis MA dan konsentrasi ZPT tidak memberikan efek yang signifikan terhadap panjang tunas pada umur 4 minggu setelah tanam. Hal ini terjadi karena tidak adanya interaksi signifikan yang menunjukkan bahwa efek mikoriza dan ZPT terhadap panjang tunas bersifat independen satu sama lain pada tahap awal ini. Dengan kata lain, tidak terjadi sinergi antara kedua perlakuan hingga minggu ke-4. Selain itu juga dikarenakan pada minggu ke-4 merupakan fase adaptasi awal tanaman terhadap media dan perlakuan. Respons pertumbuhan seperti pemanjangan tunas cenderung lebih sensitif terhadap ZPT dibandingkan efek mikoriza yang bekerja lebih lambat namun stabil (Smith, 2008).

b. Panjang tunas umur 6 minggu setelah tanam

Analisis ragam memperlihatkan efek mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar terhadap panjang tunas pada umur 6 minggu setelah penanaman (mst) sebagaimana disajikan dalam analisis menunjukkan adanya interaksi antara Mikoriza Arbuskula (MA) dan Zat Perangsang Tumbuh (ZPT) terhadap panjang tunas tanaman jarak pagar pada umur 6 minggu setelah tanam.

Tabel 6. Panjang tunas per bibit tanaman sebagai akibat pemberian Mikoriza arbuskula dan Zat Pengatur Tumbuh Akar pada usia 6 minggu setelah tanam.

MA (f)	ZPT		
	Z_1	Z_2	Z_3
f_1	5.00 a	3.33 a	4.33 ab
f_2	6.33 a	13.33 b	2.67 a
f_3	3.67 a	5.00 a	8.00 b

Keterangan: Rata-rata yang ditandai huruf besar yang sama (secara horizontal) dan huruf kecil yang sama (secara vertikal) menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan berdasarkan uji Jarak Berganda Duncan taraf 5%.

Kombinasi f_3z_3 (MA 15 g/tanaman dan ZPT 75 miligram per mililiter) menghasilkan panjang tunas tertinggi, yaitu 8.00 cm, dan berbeda nyata dari perlakuan lainnya menurut Analisis Jarak Berganda Duncan taraf 5%. Hal ini terjadi karena dosis MA yang lebih tinggi memungkinkan jumlah spora dan hifa yang lebih banyak, sehingga kolonisasi akar lebih cepat dan luas. Ini meningkatkan efisiensi penyerapan air dan hara (terutama fosfor dan seng), yang mendukung pertumbuhan tunas secara

signifikan. Zat perangsang tumbuh pada konsentrasi tinggi seperti z_3 mengandung auksin/sitokinin dalam jumlah cukup untuk memacu perpanjangan sel di jaringan tunas. Sinergi antara suplai hara (dari mikoriza) dan hormon (dari ZPT) membuat pertumbuhan tunas menjadi optimal.

c. Panjang tunas umur 8 mst

Analisis ragam menunjukkan efek mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar terhadap panjang tunas pada usia 8 minggu setelah penanaman (mst), sebagaimana disajikan dalam analisis memperlihatkan tidak adanya interaksi antara mikoriza arbuskula dengan zat perangsang tumbuh akar; hasil analisis efek sederhana berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan taraf signifikansi 5% ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Panjang tunas per bibit tanaman akibat mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar umur 8 minggu setelah proses penanaman

MA (f)	ZPT		
	Z_1	Z_2	Z_3
f_1	7.67 a	5.00 a	6.33 ab
f_2	8.67 a	15.67 b	5.00 a
f_3	5.67 a	6.67 a	11.00 b

Keterangan: Rata-rata yang memiliki huruf besar serupa secara horizontal dan huruf kecil serupa secara vertikal mengindikasikan tidak adanya perbedaan nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan taraf 5%.

Nilai rata-rata yang memiliki perbedaan huruf besar pada baris yang sama (horizontal) dan perbedaan huruf kecil pada kolom yang sama (vertikal) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan berdasarkan Analisis Jarak Berganda Duncan taraf 5%, yang berarti terdapat interaksi nyata antara perlakuan MA dan ZPT terhadap panjang tunas umur 8 MST.

Berdasarkan Tabel 7, hasil analisis menunjukkan adanya interaksi signifikan antara dosis Mikoriza Arbuskula (MA) dan konsentrasi Zat Perangsang Tumbuh (ZPT) terhadap panjang tunas pada umur 8 minggu setelah penanaman. Hal ini terlihat dari perbedaan nyata baik secara horizontal maupun vertikal. Kombinasi perlakuan f_3z_3 (MA 15 g/tanaman dan ZPT 75 miligram per mililiter) menghasilkan panjang tunas tertinggi sebesar 11.00 cm, berbeda nyata dari perlakuan lainnya, sementara pada kombinasi lain hasilnya bervariasi secara signifikan.

Hal ini terjadi karena Pada kombinasi dosis tinggi MA dan ZPT (f_3z_3), terjadi peningkatan fungsi fisiologis yang optimal, di mana mikoriza membantu penyerapan unsur hara seperti fosfor dan nitrogen, sedangkan ZPT seperti auksin mempercepat proses pemanjangan sel di jaringan meristem tunas. Selain itu MA memperluas sistem akar, meningkatkan serapan nutrisi, dan memodulasi hormon endogen tanaman; ketika ditambah ZPT eksogen, sistem perpanjangan tunas menjadi lebih aktif secara fisiologis (Smith, 2008).

Volume Akar (ml)

Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi antara Mikoriza Arbuskula (MA) dan Zat Perangsang Tumbuh (ZPT) memberikan interaksi signifikan terhadap volume akar tanaman jarak pagar pada umur 8 minggu setelah tanam, seperti yang disajikan dalam hasil analisis efek sederhana menurut Uji Jarak Berganda Duncan taraf signifikansi 5% disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Volume akar per bibit tanaman sebagai hasil perlakuan mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar pada umur 8 minggu setelah proses penanaman

MA (f)	ZPT		
	Z ₁	Z ₂	Z ₃
f ₁	1.67 a	1.00 a	1.00 ab
f ₂	2.00 a	2.33 b	1.00 a
f ₃	1.33 a	1.00 a	2.00 b

Keterangan: Rata-rata yang memiliki huruf besar serupa secara horizontal dan huruf kecil serupa secara vertikal menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Hal ini ditunjukkan pada Tabel 8, di mana kombinasi f₂z₂ (MA 10 g/tanaman dan ZPT 50 miligram per mililiter) menghasilkan volume akar tertinggi sebesar 2.33 b B, berbeda nyata dari perlakuan lainnya. Sebaliknya, banyak kombinasi lainnya seperti f₁z₂, f₁z₃, f₂z₃, atau f₃z₁ memiliki nilai yang lebih rendah dan tidak berbeda signifikan.

Terjadi interaksi tersebut dikarenakan pada kombinasi f₂z₂, terjadi sinergi kuat antara kemampuan mikoriza dalam memperluas permukaan serap akar dan peningkatan efektivitas fisiologis ZPT dalam merangsang pertumbuhan jaringan akar. Hasilnya adalah akar yang lebih besar dan bercabang. Serta inokulasi mikoriza memungkinkan peningkatan penyerapan unsur fosfat dan seng, yang penting bagi pertumbuhan akar. ZPT memfasilitasi distribusi hormon secara lebih aktif, meningkatkan laju elongasi dan volume jaringan akar (Smith, 2008)

Bobot kering akar (g)

Analisis ragam menunjukkan efek mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar terhadap bobot kering akar pada usia 8 minggu setelah tanam (mst) sebagaimana disajikan dalam hasil analisis memperlihatkan tidak adanya interaksi antara mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar; analisis efek mandiri berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5% disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Bobot kering akar per bibit tanaman akibat mikoriza arbuskula dan zat pengatur tumbuh akar umur 8 minggu setelah proses penanaman

Perlakuan	Bobot kering akar umur 8 mst
-----------	------------------------------

Mikoriza Arbuskula	
f ₁ = 0 gram per bibit	0.29 a
f ₂ = 10 gram per bibit	0.49 a
f ₃ = 15 gram per bibit	0.39 a
Zat perangsang tumbuh Akar	
z ₁ = 25 miligram per mililiter	0.39 a
z ₂ = 50 miligram per mililiter	0.28 a
z ₃ = 75 miligram per mililiter	0.50 a

Keterangan: Nilai rata-rata yang memiliki huruf serupa dalam kolom yang sama menunjukkan ketidaksignifikanan perbedaan menurut uji Jarak Berganda Duncan taraf nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 9, baik perlakuan Mikoriza Arbuskula (MA) maupun Zat Perangsang Tumbuh (ZPT) tidak memberikan efek yang signifikan secara statistik terhadap bobot kering akar pada umur 8 minggu setelah penanaman, sebagaimana dibuktikan oleh nilai rata-rata yang berada dalam kelompok huruf yang sama menurut Analisis Jarak Berganda Duncan taraf 5%.

Hal ini dikarenakan pada umur 8 minggu, tanaman jarak pagar bisa jadi masih dalam fase pertumbuhan akar aktif, tetapi belum sampai pada akumulasi biomassa yang stabil, sehingga bobot kering akar masih fluktuatif, dan juga mikoriza lebih banyak membantu penyerapan unsur hara dan memperluas permukaan akar, bukan langsung meningkatkan bobot kering. Demikian pula ZPT seperti auksin bekerja pada elongasi dan percabangan akar lebih dari pada peningkatan massa kering (Smith, 2008).

Jumlah akar lateral (buah)

Analisis ragam menunjukkan efek jamur mikoriza arbuskula dan hormon pengatur pertumbuhan akar terhadap jumlah akar samping pada usia 8 minggu setelah penanaman, sebagaimana tercantum dalam analisis memperlihatkan tidak adanya interaksi antara mikoriza arbuskula dan zat perangsang tumbuh akar; hasil analisis efek mandiri berdasarkan Analisis Jarak Berganda Duncan taraf nyata 5% ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Jumlah akar lateral per bibit tanaman akibat perlakuan mikoriza arbuskula dan zat pengatur tumbuh akar pada usia 8 minggu setelah proses penanaman

Perlakuan	Jumlah akar lateral umur 8 mst
Mikoriza Arbuskula	
f ₁ = 0 gram per bibit	2.67 a
f ₂ = 10 gram per bibit	4.67 a
f ₃ = 15 gram per bibit	2.67 a
Zat perangsang tumbuh Akar	
z ₁ = 25 miligram per mililiter	4.11 a
z ₂ = 50 miligram per mililiter	2.89 a
z ₃ = 75 miligram per mililiter	3.00 a

Keterangan: Rata-rata yang memiliki huruf yang sama dalam kolom yang sama menandakan perbedaan yang tidak signifikan menurut uji Jarak Berganda Duncan taraf nyata 5%.

Hasil analisis menunjukkan bahwa baik dosis Mikoriza Arbuskula (MA) maupun konsentrasi Zat Perangsang Tumbuh (ZPT) tidak menunjukkan efek yang signifikan secara statistik terhadap

jumlah akar lateral (akar samping) tanaman jarak pagar pada umur 8 minggu setelah tanam. Namun, terdapat tren biologis penting yang perlu dicermati.

Hal ini dikarenakan besarnya standar deviasi atau fluktuasi individu antar tanaman mungkin cukup tinggi sehingga perbedaan nilai antar perlakuan tidak memenuhi ambang batas signifikan pada uji statistik Duncan taraf 5% dan juga dikarenakan baik mikoriza maupun ZPT secara mandiri tidak menunjukkan efek yang konsisten, tidak terjadi interaksi nyata antar perlakuan. Efek masing-masing faktor cenderung bersifat aditif lemah atau netral (Smith, 2008).

Pembahasan Pengamatan Utama

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) adalah jenis tanaman tahunan yang mampu beradaptasi dengan baik pada beragam kondisi lingkungan, namun untuk menghasilkan pertumbuhan optimal, diperlukan perlakuan khusus yang mendukung perkembangan akar dan tunas, terutama pada fase awal pertumbuhan. Dalam penelitian ini, perlakuan yang digunakan yaitu aplikasi Mikoriza Arbuskula (MA) dan Zat Perangsang Tumbuh (ZPT) dengan berbagai dosis untuk melihat respons pertumbuhan stek batang jarak pagar.

MA berperan penting dalam meningkatkan efisiensi penyerapan hara, terutama fosfor, dengan cara memperluas daerah serapan akar melalui kolonisasi hifa eksternal. Perlakuan dosis 10 g/tanaman (f_2) terbukti memberikan hasil yang konsisten lebih baik dibandingkan dosis 0 g (kontrol) maupun 15 g. Hal ini menunjukkan bahwa pada taraf tersebut terjadi kolonisasi optimum yang mendukung pembentukan tunas dan perkembangan sistem akar, tanpa membebani alokasi karbon dari tanaman ke mikoriza secara berlebihan.

Sementara itu, ZPT seperti auksin atau sitokinin pada konsentrasi tertentu dapat menstimulasi pertumbuhan tunas dan perpanjangan akar melalui peningkatan pembelahan sel dan elongasi jaringan. Dalam penelitian ini, konsentrasi 50 miligram per mililiter (z_2) merupakan taraf yang paling efektif untuk merangsang pertumbuhan, baik pada parameter jumlah tunas, panjang tunas, maupun jumlah daun. Konsentrasi yang terlalu rendah (z_1) kurang memberikan stimulasi, sedangkan yang terlalu tinggi (z_3) dapat menyebabkan kejenuhan atau bahkan efek toksik ringan terhadap jaringan tanaman.

Interaksi signifikan antara f_2z_2 (10 g MA + 50 miligram per mililiter ZPT) terlihat nyata pada hampir semua parameter utama — jumlah tunas, panjang tunas, volume akar, dan bobot kering akar. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi perlakuan tersebut memberikan efek sinergis, di mana mikoriza meningkatkan penyerapan hara dan ZPT memacu aktivitas fisiologis tanaman secara langsung. Sistem akar yang terbentuk lebih luas dan efisien, mendukung penyerapan air dan nutrisi, serta berimplikasi pada pertumbuhan bagian atas tanaman (daun dan tunas).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai efek Mikoriza Arbuskula (MA) serta Zat Perangsang Tumbuh (ZPT) terhadap pertumbuhan vegetatif bibit jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) hasil stek batang, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat efek interaksi yang signifikan antara dosis MA dan konsentrasi ZPT terhadap beberapa variabel pertumbuhan, yaitu jumlah tunas, panjang tunas, volume akar, dan bobot kering akar tanaman jarak pagar pada umur 8 minggu setelah penanaman. Interaksi ini menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap salah satu perlakuan sangat diefeki oleh tingkat perlakuan lainnya.

2. Kombinasi perlakuan dosis MA 10 gram/tanaman dan konsentrasi ZPT 50 miligram per mililiter (f₂₂) terbukti sebagai perlakuan paling optimal dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif bibit jarak pagar. Perlakuan ini secara konsisten memberikan nilai tertinggi pada hampir semua parameter utama, yang mencerminkan efektivitas mikoriza dalam membantu penyerapan unsur hara serta peran ZPT dalam merangsang pertumbuhan jaringan tanaman secara fisiologis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S., Yunus, M., & Feranita, H. (2021). Optimalisasi Perbanyakan Cendawan Mikoriza Arbuskular (MA) dalam Meningkatkan Pertumbuhan Varietas Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) serta Tebu (*Saccharum officinarum* L.) di Lahan Suboptimal. *Jurnal Bioteknologi dan Teknologi Pertanian*, Vol.10, No. 2, Hal. 45-53.
- Adisarwanto, T. (2005). *Budidaya Tanaman Energi*. Gadjah Mada University Press.
- Dalimartha, S. (2020). *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia*, Jilid 3 (Edisi Revisi dan Diperbarui). Perpustakaan Nasional RI, Jakarta.
- Elizabeth, M.H. (2021). Efek Aplikasi Rootone-F dan Variasi Diameter Stek terhadap Pertumbuhan Stek Batang Jati (*Tectona grandis* F.). Skripsi S1, Fakultas Kehutanan, Universitas X, hal. 23–50.
- Liderman. (2018). Mycorrhizal Interaction With The Rhizosphere Microflora. The Mycorrhizosphere Effect. *Phytopathology*, 78(3):366–371.
- Liderman. (2020). Role of VAM Fungi in Biocontrol. In *Mycorrhizae and Plant Health*. F.L. Pleger & R.G. Linderman (Eds.), APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- More. (2019). *Biochemistry and Physiology of Plant Hormone*. New York.
- Mose, B. (2018). Penelitian Mikoriza Vesikular-Arbuskular untuk Pertanian Tropis. *Research Bulletin*, 82p.
- Nurcholis, M. & Sumarsih, S. (2020). Jarak Pagar dan Pembuatan Biodiesel. Kanisius, Yogyakarta, hal. 56–57.
- Prihandana, R., & Hendroko, R. (2020). *Panduan Budidaya Tanaman Jarak Pagar*. Agro Media Pustaka, Jakarta, hal. 1–45.
- Riniarti, M. (2023). Karakteristik Mikoriza arbuskula pada Lahan Bekas Tambang Emas Tradisional di Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Jurnal Hutan Tropika*, 11(1), 8–13.
- Rosmarkam, A., & Yuwono, N.W. (2002). *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius, Yogyakarta.
- Salimon. (2019). Karakteristik dan Komposisi Biji Minyak Jatropha Curcas dari Malaysia serta Potensinya sebagai Bahan Baku Biodiesel. *European Journal of Scientific Research*, 29:396–403.
- Schmidt, F.H., & Ferguson, J.H.A. (2020). Jenis Curah Hujan Berdasarkan Periode Basah dan Kering, Perbandingan antara Indonesia Barat dengan New Guinea. Departemen Perhubungan, Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- Setiadi. (2019). *Pemanfaatan Mikoriza dalam Kehutanan*. Depdikbud, Dirjendikti, PAU-O, Bogor.
- Smith, S.E. & Read, D.J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd ed. Academic Press.
- Soleh, A. (2020). Pertumbuhan Bibit Kina Klon Ledger (*Cinchona ledgeriana* Moens.) dari Stek Pucuk dengan Pemberian Rootone-F pada Konsentrasi Berbeda. Skripsi S1, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Kampus Jatinangor.

- Subaedah, S. (2020). Penggunaan Jamur Mikoriza untuk Meningkatkan Ketersediaan Hara Fosfat dan Dampaknya pada Pertumbuhan Bibit Jarak Pagar. *Jurnal Agrivigor*, Volume 6, Nomor 2, halaman 174–177.
- Subardja, D., Agus, F., Anda, M., Dariah, A., & Suharta, N. (2014). *Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Subiksa. (2018). Penggunaan Mikoriza dalam Mengatasi Lahan Kritis. Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor, hal. 40–45.
- Supriadi, E. (2018). Penerapan Mikoriza dalam Rehabilitasi Hutan Tanaman di Jawa Barat *Prosiding Seminar Mikoriza*, Bandung, hal. 22–25.
- Suradinata. (2017). Arbuskular Mikoriza. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat IPB, Bogor, hal. 42.