

Respon Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit Main Nursery pada Kondisi Cekaman Kekeringan dengan Pemberian *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* dan Mikoriza Vesikula Arbuskula

Response to the Growth of Main Nursery Oil Palm Seedling in Drought Stress Condition with Inoculation of Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Vesicular Arbuscular Mycorrhiza

Muhammad Hady Nugroho, Sri Suryanti*), Arif Umami

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, INSTIPER
Krodan, Maguwoharjo, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

*) Penulis untuk korespondensi E-mail: ntie@instiperjogja.ac.id

Diajukan: 18 Maret 2021/Diterima: 28 Juli 2022 /Dipublikasi: 29 Agustus 2022

ABSTRACT

Drought stress in oil palm seedlings affects plant growth, from stunted, abnormal plant growth to death. The process of increasing plant resistance to drought can be done by adding biostimulants. PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) and VAM (Mycorrhiza Vesicle Arbuscular) are important biostimulants in oil palm plantations. This study aimed to determine the effect of PGPR and MVA on the growth of oil palm seedlings in the main nursery under drought stress conditions. The research method used a factorial completely randomized design consisting of 2 factors. The first factor was microorganism which consists of 1) control or without microorganism 2) MVA and 3) PGPR. The second factor was watering frequency which included watering once a day and watering once every 7 days for each treatment with 5 replication. The results showed that the microorganism treatment and watering had no significant effect on seedling growth. However, watering once a day with MVA inoculation were able to increase root volume

Keywords: Drought; Main Nursery; MVA; Oil Palm; PGPR

INTISARI

Cekaman Kekeringan pada bibit kelapa sawit berpengaruh pada pertumbuhan tanaman mulai dari pertumbuhan tanaman terhambat, abnormal hingga tanaman mengalami kematian. Proses peningkatan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dapat dilakukan dengan melalui penambahan biostimulan. PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) dan MVA (Mikoriza Vesikula Arbuskula) merupakan biostimulan yang penting dalam perkebunan kelapa sawit. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh PGPR dan MVA terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di *main nursery* pada kondisi cekaman kekeringan. Metode penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama adalah mikroorganisme yang terdiri dari 1) kontrol atau tanpa mikroorganisme 2) MVA dan 3) PGPR. Faktor kedua adalah penyiraman yang meliputi penyiraman 1 hari sekali dan penyiraman 7 hari sekali, setiap perlakuan masing-masing 5 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan mikroorganisme dan penyiraman tidak berpengaruh nyata terhadap

pertumbuhan bibit. Meskipun demikian penyiraman setiap hari dengan inokulasi MVA mampu meningkatkan volume akar.

Kata kunci : Cekaman kekeringan; Kelapa Sawit; Main Nursery; MVA; PGPR.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim akibat pemanasan global berdampak pada sektor pertanian dan perkebunan tidak terkecuali perkebunan kelapa sawit. Curah hujan yang tidak menentu akan menyebabkan banjir dan erosi pada beberapa tempat, sedangkan pada tempat lain terjadi musim kemarau yang berkepanjangan (Febrianti, 2009) dan menyebabkan cekaman kekeringan. Adaptasi terhadap cekaman kekeringan dapat dilakukan dengan menggunakan benih yang baik, hormon pertumbuhan, osmoprotektan, silikon (Si), selenium (Se) dan aplikasi kalium. Selain itu, adaptasi kekeringan dapat dilakukan dengan menggunakan mikroba, aplikasi nanopartikel dan teknik rekayasa metabolisme yang mengatur aktivitas enzim antioksidan sehingga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan melalui pemeliharaan homeostasis (Seleiman *et al.*, 2021).

Cekaman kekeringan (*water stress*) dapat menghambat pertumbuhan kelapa sawit sejak pembibitan. Kekeringan yang berkepanjangan akan memicu terbentuknya bunga jantan lebih banyak dibandingkan bunga betina pada kelapa sawit. Hal ini akan menyebabkan terjadinya penurunan produksi yang ditandai oleh penurunan jumlah tandan buah (Darlan *et al.*, 2016). Pemanfaatan *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR)

dan mikoriza vesikula arbuskula (MVA) sebagai biostimulan merupakan solusi untuk mengatasi dampak terhadap kekeringan di lahan marginal. Peningkatan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dengan biostimulan PGPR dan MVA ini dapat dilakukan pada tanaman sejak fase pembibitan.

PGPR mengandung sejumlah bakteri tanah yang dapat meningkatkan hasil dan pertumbuhan tanaman. Inokulasi PGPR pada tanah dapat meningkatkan langsung kelarutan fosfat, fiksasi nitrogen atmosfer dan sekresi hormon tanaman (asam indolasetat, giberelin, sitokinin dan etilen) yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman sehingga tanaman mampu beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang tercekam (Chuks Kenneth *et al.*, 2019). Aplikasi PGPR memberikan pengaruh positif terhadap produksi fitohormon pertumbuhan dibandingkan dengan yang tanpa aplikasi PGPR (Zahedi dan Abbasi, 2015). Terlebih, genus *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Rhizobium* dan *Pseudomonas* diketahui mampu menambat unsur Nitrogen (N) serta pelarut unsur fosfat (P). Selain itu, PGPR juga berperan sebagai *bioprotectant* dari serangan penyakit (Reddy, 2014). Peran yang sama juga dimiliki oleh mikoriza vesikula arbuskula (MVA) dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan. Adanya miselium yang

menyelimuti akar dapat meningkatkan luas area jelajah dan serapan unsur hara dan air. Perakaran yang terinfeksi oleh MVA juga mendapatkan manfaat proteksi dari serangan penyakit (Kabirun, 2004; Lehmann, 2014).

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di kampus 2 INSTIPER Papringan di dalam rumah kaca pada ketinggian 118 mdpl pada bulan Januari sampai Mei 2020. Bahan yang digunakan meliputi bibit kelapa sawit *pre nursery*, tanah regosol, pupuk NPK sebagai pupuk dasar dengan dosis 5 gram per polibag, inokulum MVA jenis *Glomus* yang diperoleh dari perakaran kelapa sawit, air dan PGPR yang diisolasi dari perakaran bambu dan putri malu. PGPR yang digunakan mengandung bakteri *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter* dan *Pseudomonas*. Metode percobaan yang digunakan pada penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial atau RAL dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah mikroorganisme terdiri dari: 1) tanpa mikroorganisme, 2) MVA dengan dosis 5 gram/tanaman (50 spora), dan 3) PGPR dengan dosis 300 ml/tanaman. Faktor kedua adalah penyiraman meliputi penyiraman 1 hari sekali dan penyiraman 7 hari sekali, dengan penyiraman sebanyak 2 l/tanaman. Setiap perlakuan memiliki 5 ulangan. Aplikasi mikoriza dilakukan bersama dengan pindah tanam bibit kelapa sawit *pre nursery* ke *main*

nursery, sedangkan aplikasi PGPR dilakukan setelah 2 minggu sejak pindah tanam setiap 2 minggu sekali.

Parameter diamati pada saat tanaman berumur 16 minggu setelah pindah tanam. Parameter yang diamati yaitu pertambahan tinggi bibit (cm), pertambahan jumlah daun (helai), luas daun (cm²) diperoleh menggunakan *leaf area meter*, berat kering tanaman (g), berat kering akar (g), berat kering tajuk (g), volume akar (cm³) diperoleh dengan metode volumetri, pertambahan diameter batang (cm), jumlah stomata (per mm²) diperoleh dengan menggunakan aplikasi IR (*Image Raster*), rasio akar tajuk, dan persen infeksi dilakukan dengan menggunakan metode *grid line intersect* dengan modifikasi (Newman 1966, Tennant 1975, Giovannetti dan Mosse 1980).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Interaksi mikroorganisme dan penyiraman terhadap volume akar bibit kelapa sawit

Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi antara mikroorganisme dan penyiraman terhadap volume akar yang disajikan dalam Tabel 1. Volume akar berpengaruh terhadap absorpsi air, ketika volume akar besar maka kemampuan akar menyerap air juga besar sehingga mampu beradaptasi terhadap kekeringan (Torey *et al.*, 2013).

Tabel 1. Pengaruh mikroorganisme dan penyiraman terhadap volume akar .

Mikroorganisme	Volume akar (cm ³)		Rata-rata
	Penyiraman Setiap hari	Penyiraman 7 hari sekali	
Tanpa biostimulan	192 ± 41,47 bc	180 ± 14,14 bc	186 ± 29,89
MVA	286 ± 92,63 a	144 ± 35,78 c	215 ± 99,92
PGPR	226 ± 64,65 ab	180 ± 20 bc	203 ± 51,22
Rata-rata	234,67 ± 75,86	168 ± 29,08	(+)

Keterangan : Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama dalam kolom atau baris menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada jenjang nyata 5%.
(+) Terdapat interaksi nyata.

Tabel 1 menunjukkan bahwa volume akar dari tanaman kelapa sawit dengan perlakuan MVA + penyiraman setiap hari memiliki volume akar terbesar yaitu 286 cm³. Infeksi MVA diduga berpengaruh terhadap volume akar. MVA menghasilkan enzim fosfatase yang dapat melarutkan unsur P pada tanah, sehingga unsur P tersedia bagi tanaman dan memacu pertumbuhan akar (Islamiyah *et al.*, 2017). Adanya peningkatan perakaran halus serta adanya pertumbuhan hifa jamur dapat meningkatkan daya jelajah dan serapan air (Treseder, 2013). Sementara itu, perlakuan PGPR + penyiraman setiap hari memberikan hasil yang sama dengan perlakuan MVA + penyiraman setiap hari. Volume akar dengan penyiraman tujuh hari sekali dan inokulasi mikoriza mempunyai volume akar lebih rendah dibandingkan ketika disiram setiap hari dan di inokulasi mikoriza. Hal ini diduga terjadi karena kondisi kekurangan air dapat menghambat

pembentukan dan perkembangan sel sehingga menyebabkan pertumbuhan akar tanaman terhambat dan penyebaran akar relatif sempit. Walaupun penyiraman 7 hari sekali memberikan volume akar yang rendah, persentase infeksi MVA pada perakaran bibit kelapa sawit *main nursery* dengan penyiraman 7 hari sekali lebih tinggi. Tabel 2 menunjukkan bahwa persen infeksi akar pada tanaman kelapa sawit dengan perlakuan MVA + penyiraman 7 hari sekali memiliki infeksi 65,42 % yang lebih tinggi dibanding perlakuan MVA + penyiraman setiap hari yaitu 56,47. Persentase infeksi akar tidak dapat dijadikan sebagai indikator pertumbuhan tanaman dan serapan hara. Meskipun demikian hasil tersebut dapat menunjukkan potensi atau keefektifan dari mikoriza tersebut dalam meningkatkan pertumbuhan melalui peningkatan serapan hara dan air.

Tabel 2. Persen infeksi MVA pada berbagai interval penyiraman

Perlakuan	Jumlah bagian akar yang terinfeksi	Rata-rata % infeksi akar
MVA + Setiap hari	48	56,47%
MVA + 7 hari sekali	70	65,42%

Tabel 3. Pengaruh mikroorganisme terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit.

Parameter	Mikroorganisme		
	Tanpa mikroorganisme	MVA	PGPR
Pertambahan tinggi bibit (cm)	36,1 ± 7,82 a	36,3 ± 5,94 a	40,7 ± 7,51 a
Pertambahan jumlah daun (helai)	7,5 ± 0,97 a	7,1 ± 1,45 a	8,1 ± 1,6 a
Luas daun (cm ³)	3192,21 ± 880,96 a	3146,81 ± 1216,15 a	3213,76 ± 1255,66 a
Jumlah stomata (mm ²)	85,5 ± 7,65 a	91,6 ± 11,03 a	89,4 ± 9,72 a
Pertambahan diameter batang (cm)	3,6 ± 0,69 a	3,42 ± 0,65 a	3,68 ± 0,7 a
Berat kering tanaman (g)	119,50 ± 21,75 a	130,34 ± 53,42 a	135,92 ± 37,27 a
Berat kering akar (g)	33,24 ± 6,84 a	34,72 ± 12,88 a	34,49 ± 7,7 a
Berat kering tajuk (g)	86,26 ± 18,58 a	95,62 ± 42,23 a	101,43 ± 32,23 a
Rasio akar tajuk	0,40 ± 0,11 a	0,38 ± 0,1 a	0,36 ± 0,09 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama dalam baris menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada jenjang nyata 5%.

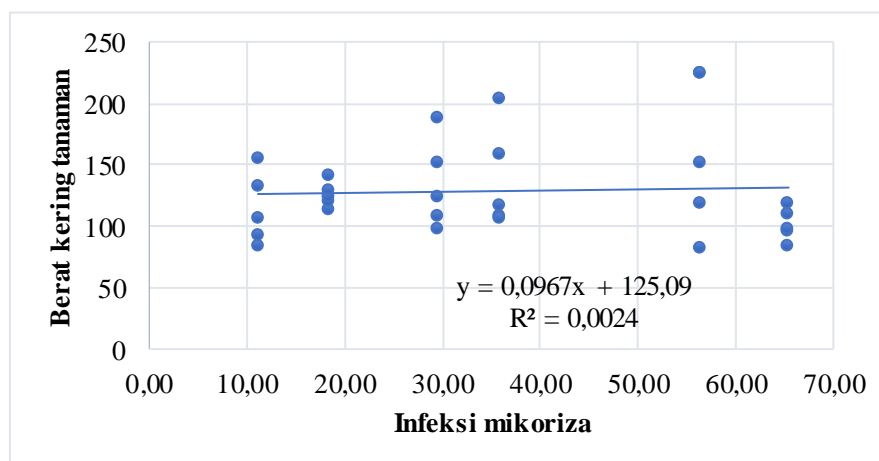
MVA yang digunakan adalah *Glomus* yang memiliki kemampuan adaptasi baik pada kondisi cekaman kekeringan. Infeksi MVA pada penyiraman 7 hari sekali lebih tinggi dibandingkan yang penyiraman setiap hari. Pada kondisi tanah tergenang, jumlah oksigen terbatas yang mengakibatkan menurunnya infeksi MVA (Hermawan *et al.*, 2015). Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian pada tanaman *Medicago truncatula* yang dilakukan oleh Hijri *et al.* (2018) di mana pertumbuhan hifa, produksi spora dan perkecambahan MVA sangat terganggu pada ketersediaan air yang rendah.

B. Respon pertumbuhan bibit kelapa sawit *Main Nursery* terhadap PGPR dan MVA

Hasil analisis data pertumbuhan bibit kelapa sawit *main nursery* dengan perlakuan tanpa mikroorganisme, PGPR dan MVA ditunjukkan pada Tabel 3. Perlakuan tanpa mikroorganisme, MVA dan PGPR tidak memberikan perbedaan nyata pada semua parameter. Pengaruh MVA dan PGPR belum terlihat nyata terhadap pertambahan tinggi bibit, pertambahan jumlah daun, luas daun, pertambahan diameter batang, jumlah stomata, berat kering tanaman, berat kering tajuk, berat kering akar serta rasio akar tajuk. Meskipun demikian, penambahan MVA dan PGPR tersebut diharapkan dapat menguntungkan tanaman khususnya dalam

meningkatkan ketahanan tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan melalui peningkatan luas area serapan air dan unsur hara. MVA dan PGPR pada saat awal kolonisasi bersifat parasit sehingga belum menyediakan nutrisi bagi tanaman. MVA membutuhkan waktu 3 sampai 4 minggu untuk berkembang biak dan menginfeksi akar yang dipengaruhi oleh karakteristik pertumbuhan akar (Norland, 1993). Mikroba tersebut memerlukan karbohidrat dan eksudat di rhizosfer untuk pertumbuhan dan pembelahan sel. Akibatnya, terjadi persaingan unsur hara di daerah rhizosfer antara tanaman dengan mikroba.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Zhu *et al.* (2014) pada tanaman gandum menunjukkan perbedaan nyata pada tinggi tanaman dan luas daun antara tanaman yang diinokulasi PGPR dan tanpa PGPR pada kadar lengas tanah yang berbeda. Hal ini terjadi karena PGPR mempunyai peran penting dalam memperbaiki penyerapan air disebabkan oleh produksi zat pengatur tumbuh dan fiksasi nitrogen. Selain itu, PGPR genus *Pseudomonas* menghasilkan ACC deaminase yang memiliki manfaat mengurangi efek negatif etilen yaitu etilen disintesis secara berlebihan saat tanaman mengalami stres akibat cekaman kekeringan (Reddy, 2014).



Gambar 1. Grafik hubungan antara infeksi MVA dengan berat kering tanaman (g)

Pada penelitian ini dengan inokulasi MVA dan PGPR menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan berat kering tanaman meskipun tidak berbeda nyata. Ketika tanpa mikroorganisme berat kering tanaman 119,5 gram, dengan adanya MVA berat kering tanaman 130,34 gram dan dengan PGPR berat kering tanaman 135,93 gram (Tabel 3). Grafik hubungan antara

infeksi MVA dengan berat kering tanaman menunjukkan nilai koefisien regresi infeksi MVA dan berat kering tanaman positif. Artinya ketika infeksi MVA bertambah maka akan meningkatkan berat kering tanaman. Sedangkan nilai koefisien korelasi mendekati 0 yaitu 0,0024 yang artinya pengaruh infeksi MVA dengan berat kering tanaman lemah atau tidak erat.

Tabel 4. Pengaruh perlakuan frekuensi penyiraman terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit

Parameter pengamatan	Penyiraman	
	Setiap hari	7 hari sekali
Pertambahan tinggi bibit (cm)	39,33 ± 6,12 p	36,07 ± 8,04 p
Pertambahan jumlah daun (helai)	8 ± 1,41 p	7,13 ± 1,25 p
Luas daun (cm ³)	3381,42 ± 1415 p	2987,10 ± 616,01 p
Jumlah stomata (mm ²)	89,5 ± 12,31 p	88,2 ± 6,14 p
Pertambahan diameter batang (cm)	3,98 ± 0,65 p	3,15 ± 0,37 q
Berat kering tanaman (g)	137,34 ± 47,89 p	119,83 ± 25,94 p
Berat kering akar (g)	39,44 ± 10,01 p	28,85 ± 3,92 q
Berat kering tajuk (g)	97,9 ± 39,76 p	90,98 ± 22,65 p
Rasio akar tajuk	0,43 ± 0,11 p	0,32 ± 0,04 q

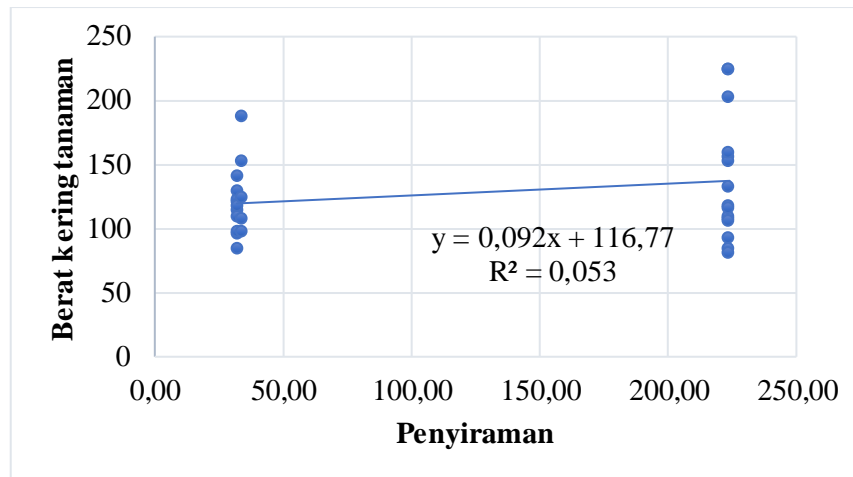
Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama dalam baris menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada jenjang nyata 5%.

C. Respon pertumbuhan bibit kelapa sawit *Main Nursery* terhadap kondisi cekaman kekeringan

Hasil analisis menunjukkan pengaruh penyiraman yaitu setiap hari dan penyiraman 7 hari sekali tidak memberikan perbedaan nyata pada parameter pertambahan tinggi bibit, pertambahan jumlah daun, luas daun, berat kering tanaman, berat kering tajuk dan jumlah stomata, tetapi memberikan perbedaan nyata terhadap parameter pertambahan diameter batang, berat kering akar dan rasio akar tajuk. Hasil analisis disajikan dalam Tabel 4. Penyiraman setiap hari memiliki pertumbuhan paling baik karena kebutuhan air bibit tercukupi. Pertambahan diameter batang, berat kering akar dan rasio akar tajuk secara nyata menurun dengan penyiraman 7 hari sekali. Ketersediaan air berpengaruh terhadap proses fisiologis dan biokimia tanaman. Kondisi air yang terbatas akan menghambat proses fotosintesis yang berdampak pada produksi dan

translokasi asimilat ke akar dan tajuk berkurang sehingga bobot kering akar dan tajuk menjadi rendah (Subantoro, 2014). Air yang jumlahnya terbatas juga berpengaruh terhadap pertumbuhan diameter batang (Wagino *et al.*, 2018).

Air juga mempengaruhi stomata. Apabila air jumlahnya terbatas stomata akan menutup sehingga CO₂ juga terbatas. Respon tanaman berupa penutupan stomata atau berkurang jumlah stomatanya pada kondisi cekaman kekeringan sangat tergantung pada spesies tanaman. Pada tanaman yang tahan kekeringan akan mengatur stomatanya sehingga akan menurunkan fiksasi karbon dan fotosintesis tetapi akan memperbaiki efisiensi penggunaan air (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2016). Pada penelitian ini tanaman memberikan respon yang berbeda, di mana penyiraman 7 hari sekali tidak menyebabkan penurunan jumlah stomata.



Gambar 2. Grafik hubungan antara penyiraman (ml) dengan berat kering tanaman (g)

Penyiraman 7 hari sekali belum secara nyata menurunkan berat kering tanaman. Hasil ini diperkuat oleh analisis regresi antara penyiraman dengan berat kering tanaman menunjukkan nilai koefisien regresi positif (Gambar 2). Artinya ketika penyiraman bertambah maka akan meningkatkan berat kering tanaman tetapi nilai koefisien korelasi mendekati 0 yaitu 0,053 yang artinya pengaruh penyiraman dengan berat kering tanaman lemah atau tidak erat.

KESIMPULAN

Penggunaan mikroorganisme dan penyiraman tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan bibit. Penyiraman setiap hari dengan inokulasi MVA mampu meningkatkan volume akar. Penyiraman setiap tujuh hari sekali menurunkan pertambahan diameter batang, berat kering akar dan rasio akar tajuk.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya perlu diketahui pengaruh PGPR dalam meningkatkan infeksi MVA, selain itu perlu mengetahui kebutuhan karbohidrat dan eksudat akar yang dibutuhkan MVA atau PGPR dalam pertumbuhan dan pembelahan sel serta perlu mengetahui dosis pemupukan yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Chuks Kenneth, O., Chibuzor Nwadike, E., Uchenna Kalu, A., & Victor Unah, U. (2019). *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): A Novel Agent for Sustainable Food Production*. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2019.35.54>
- Darlan, N. H., Pradiko, I., & Siregar, H. H. (2016). Dampak El Nino 2015 Terhadap Performa Tanaman Kelapa Sawit Di Bagian Selatan Sumatera (Effect of El Nino 2015 on Oil Palm Performance in Southeastern Part of Sumatera). *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 40(2), 113–120. <https://doi.org/10.2017/jti.v40i2.3146>
- Febrianti, N. (2009). *Hubungan Pemanasan Global dengan Kondisi Suhu Udara. March 2009*, 299–305. <https://www.researchgate.net/profile/Nur-Febrianti/publication/323784168>
- Giovannetti, M. & Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*. 84: 489-500.
- Hermawan, H., A. Muin & Wulandari, R.S. (2015). Kelimpahan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada Tegakan Ekaliptus (*Eucalyptus pellita*) Berdasarkan Tingkat Kedalaman di Lahan Gambut. *Jurnal Hutan Lestari*. 3:124 –132
- Hijri, M., Stefani, F., Canada, A.-F., Jansa, C. J., Le Pioufle, O., & Declerck, S. (2018). Reducing Water Availability Impacts the Development of the Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Rhizophagus irregularis* MUCL 41833 and Its Ability to Take Up and Transport Phosphorus Under in Vitro Conditions. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01254>
- Islamiyah, D. P., I. Mudakir dan Pujiastuti. (2017). Pengaruh Mikoriza +MHB terhadap Serapan Fosfat dan Derajat Infeksi Akar Bibit Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.). *Saintifika*. 19: 9-18.
- Kabirun, S. (2004). Peran Mikoriza Arbuskula pada Pertanian Berkelanjutan. Disampaikan Pidato Guru Besar. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Lehmann, A., D. V. Stavros, E. F. Leifheit & Rillig, M.C. (2014). Arbuscular mycorrhizal influence on zinc nutrition in crop plants: a meta-analysis. *Soil Biology and Biochemistry*. 69: 123–131
- Newman, E. L. (1966). A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology*. 3: 139-145.
- Norland, M. R. (1993). Soil Factor Affecting Mycorrhizal use in Surface Mine Reclamation. Bureau of Mines Information Circular. United States Department on The interior
- Pirasteh-Anosheh, H., Saed-Moucheshi, A., Pakniyat, H., & Pessarakli, M. (2016). Stomatal responses to drought stress. *Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach*, 1–2(June), 24–40. <https://doi.org/10.1002/9781119054450.ch3>
- Reddy, P. P. (2014). *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Horticultural Crop Protection*. Springer. New Delhi.
- Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Haleem Abdul-Wajid, H., & Leonardo Battaglia, M. (2021). *plants Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects*. <https://doi.org/10.3390/plants>
- Subantoro, R. (2014). Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Respon Fisiologis Perkecambahan Benih Kacang Tanah. *Mediagro*. 10: 32-44.
- Tennant, D. (1975). A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology*. 63: 995-1001.

- Torey, P. C., N. S. Ai, P. Siahaan & Mambu, S.M. (2013). Karakter morfologi akar sebagai indikator kekurangan air pada padi lokal Superwin. *Jurnal Bios Logos*. 3: 57-64
- Treseder, K. K. (2013). The extent of mycorrhizal colonization of roots and its influence on plant growth and phosphorus content. *Plant and Soil*. 371.
- Wagino, S. M. Tarigan & Febrianto, E.B.(2018). Respon Pertumbuhan Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Varietas Dyxp Dumpy pada Kondisi Stres Air di Pembibitan Awal. *Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*. 3 : 18-26.
- Zahedi, Hossein, & Abbasi, S. (2015). Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Water Stress on Phytohormones and Polyamines of Soybean. *Indian Journal Of Agricultural Research*. 49 (5), 427-431. <https://doi.org/10.18805/ijare.v49i5.5805> DOI: 10.18805/ijare.v49i5.5805
- Zhu, Y., Wang, Z., Wang, J., Wang, Z., & Zhou, J. (2014). Plant growth-promoting rhizobacteria improve shoot morphology and photosynthesis in dryland spring wheat. *WIT Transactions on the Built Environment*, 145(April 2014), 343–350. <https://doi.org/10.2495/ICBEEE20130431>