



Mini Review: Peran *Biofertilizer* pada Pertanian Lahan Kering

Frederik L. Benu¹, Yosep Lawa², Yantus A.B Neolaka^{2,*}

¹ Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Nusa Cendana, Kupang Nusa Tenggara Timur 85001, Indonesia

² Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Nusa Cendana, Kupang Nusa Tenggara Timur 85001, Indonesia

*e-mail korespondensi: yantusneolakaunc@gmail.com

Info Artikel:

Dikirim:

15 April 2023

Revisi:

10 Mei 2023

Diterima:

26 Mei 2023

Kata Kunci:

Biofertilizer, biomassa, Lahan Kering

Keywords:

Biofertilizer, biomass, Dry Land

Abstrak- mini review ini menyajikan mengenai penggunaan *biofertilizer* pada pertanian lahan kering. Penggunaan *biofertilizer* pada pertanian lahan kering telah menjadi topik yang menarik dalam upaya meningkatkan keberlanjutan pertanian. Dalam mini review ini akan dibahas mengenai berbagai Bahan baku berbasis biomassa dapat digunakan dalam pembuatan *biofertilizer*. Metode pembuatan *biofertilizer* juga akan disajikan mengingat metode pembuatan *biofertilizer* memiliki peran penting dalam memproduksi pupuk organik yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan. selanjutnya akan disajikan mengenai metode pengukuran pertumbuhan tanaman yang merupakan langkah penting dalam memantau dan mengevaluasi respons tanaman terhadap lingkungan dan perlakuan pertanian khususnya pada pertanian lahan kering. Pada bagian akhir paper akan di sajikan mengenai aplikasi *biofertilizer* pada berbagai tanaman yang di tanam pada berbagai tipe lahan kering. Meskipun ke depan masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memahami interaksi antara *biofertilizer* dan tanaman spesifik serta mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi efektivitasnya, penggunaan *biofertilizer* pada pertanian lahan kering menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian.

Abstract- This mini review presents the use of biofertilizers in dry land agriculture. The use of biofertilizers in dry land agriculture has become an interesting topic in efforts to increase agricultural sustainability. In this mini review we will discuss various biomass-based raw materials that can be used in making biofertilizers. The method for making biofertilizer will also be presented considering that the method for making biofertilizer has an important role in producing organic fertilizer which can sustainably increase plant growth. Next, we will present the method for measuring plant growth, which is an important step in monitoring and evaluating plant responses to the environment and agricultural treatments, especially in dry land agriculture. At the end of the paper, we will present the application of biofertilizer to various plants grown on various types of dry land. Although further research needs to be carried out in the future to understand the interactions between biofertilizers and specific crops and to consider environmental factors that influence their effectiveness, the use of biofertilizers in dry land agriculture shows great potential in increasing agricultural productivity and sustainability.

PENDAHULUAN

Seiring dengan peningkatan populasi penduduk Indonesia menyebabkan kebutuhan akan bahan pokok terus meningkat. Oleh karena itu diperlukan peningkatan produksi pertanian terutama dengan memanfaatkan lahan kering yang masih banyak tersedia. Namun walaupun Indonesia memiliki lahan kering yang cukup luas, namun lahan kering memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah [1]. Umumnya untuk meningkatkan kesuburan tanah lahan kering digunakan berbagai produk agrokimia seperti pupuk dan pestisida sintetis. Penggunaan pestisida dan pupuk sintetis yang berlebihan telah menimbulkan banyak dampak buruk seperti munculnya patogen tanaman resisten, polusi atmosfer, polusi air tanah, degradasi tanah, pengurangan kesuburan, bahaya kesehatan, dan bahaya lingkungan [2]. Untuk mengurangi dampak buruk dari penggunaan pupuk kimia pertanian yang berlebihan, diperlukan pupuk dan pestisida lain yang ramah lingkungan, tidak berbahaya, hemat biaya dan berkelanjutan. Sebagai pupuk alternatif, pupuk organik (*biofertilizer*) dapat digunakan sebagai pengganti pupuk sintetis.

Biofertilizer adalah pupuk organik yang mengandung mikroorganisme hidup atau bahan organik yang digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memperbaiki kualitas tanah dan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman [3]. *Biofertilizer* bertujuan untuk menggantikan atau melengkapi penggunaan pupuk anorganik konvensional dengan memanfaatkan mikroba yang menguntungkan atau mengandung nutrisi organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme tanah [4]. Umumnya *biofertilizer* dibuat dari berbagai limbah pertanian (Gambar 1). Paper ini merupakan mini review mengenai peran *biofertilizer* pada pertanian lahan kering. Dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya pertanian berkelanjutan, penggunaan *biofertilizer* diharapkan dapat meningkat dan memberikan dampak positif pada pertanian lahan kering.



Gambar 1. Contoh *Biofertilizer* alami plus yang di buat dari kombinasi biomassa dari berbagai limbah pertanian

SIFAT FISIKO-KIMIA *BIOFERTILIZER*

Sifat kimia dan fisika *biofertilizer* dapat beragam tergantung pada komposisi dan proses produksinya. Sifat Fisiko-kimia *biofertilizer* disajikan pada Tabel 1 [5].

Tabel 1. Sifat Fisika dan Kimia *Biofertilizer*

No	Sifat Kimia <i>Biofertilizer</i>	Sifat Fisika <i>Biofertilizer</i>
1	Kandungan nutrisi: <i>Biofertilizer</i> umumnya mengandung berbagai nutrisi penting bagi tanaman, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta unsur hara mikro lainnya seperti zat besi (Fe), mangan (Mn), dan tembaga (Cu).	Kehalusan partikel: Ukuran partikel <i>biofertilizer</i> dapat bervariasi. Partikel yang halus dapat memberikan penyerapan nutrisi yang lebih baik oleh akar tanaman.
2	Komposisi organik: <i>Biofertilizer</i> kaya akan materi organik, termasuk senyawa organik kompleks seperti asam humat	Kapasitas menahan air: <i>Biofertilizer</i> dapat memiliki kapasitas menahan air yang baik, membantu menjaga kelembaban tanah dan

	dan asam fulvat. Senyawa-senyawa ini dapat meningkatkan kesuburan tanah dan ketersediaan nutrisi bagi tanaman.	mengurangi kehilangan air melalui penguapan.
3	pH: <i>Biofertilizer</i> umumnya memiliki pH netral atau sedikit asam, yang dapat membantu menjaga keseimbangan pH tanah.	Struktur tanah: <i>Biofertilizer</i> yang baik dapat meningkatkan agregasi tanah dan meningkatkan struktur tanah, sehingga meningkatkan drainase dan kecepatan infiltrasi air.

BIOMASSA SEBAGAI BAHAN BAKU *BIOFERTILIZER*

Pemilihan sumber biomassa untuk pembuatan biofertilizer tergantung pada ketersediaan bahan baku lokal, komposisi nutrisi yang diinginkan, dan jenis tanaman yang akan diberi pupuk. Penting untuk memastikan bahwa bahan baku yang digunakan telah diolah dengan benar untuk menghilangkan kontaminan dan meningkatkan efektivitas biofertilizer yang dihasilkan. Pembuatan biofertilizer, yang merupakan pupuk organik yang diperkaya dengan mikroba atau bahan organik, dapat menggunakan berbagai sumber biomassa sebagai bahan baku. Limbah pertanian ini dapat diolah menjadi kompos atau digunakan langsung sebagai bahan dalam proses fermentasi. Sisa-sisa tanaman, seperti jerami [6]–[8], sekam padi [9], [10], kulit buah [11], dan dedaunan [12], [13], dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biofertilizer. Limbah dari industri pangan, seperti ampas tebu [14], [15], limbah kopi [16], limbah sereal [17], dan limbah produk susu [18], dapat menjadi sumber biomassa yang baik untuk pembuatan biofertilizer. Limbah ini mengandung nutrisi yang dapat digunakan oleh mikroorganisme dan dapat diolah menjadi bahan organik yang lebih mudah diserap oleh tanaman [19].

Biofertilizer juga dapat dibuat dari Limbah Ternak seperti Kotoran hewan, seperti kotoran sapi, ayam, kambing, dan babi, dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biofertilizer [20], [21]. Kotoran hewan ini mengandung nutrisi penting seperti nitrogen dan fosfor, serta mikroba yang bermanfaat bagi tanah dan tanaman [22]. *biofertilizer* juga bisa berasal dari Limbah Perikanan seperti Sisa-sisa ikan, udang, atau kerang yang tidak terpakai dari industri perikanan dapat digunakan sebagai sumber biomassa untuk pembuatan biofertilizer [23]. Limbah perikanan ini mengandung nutrisi seperti protein, asam amino, dan fosfor yang dapat meningkatkan kualitas tanah dan pertumbuhan tanaman [24]. Limbah Alga dan Ganggang juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *biofertilizer* misalnya, Alga atau ganggang yang tumbuh berlebihan di perairan, seperti alga hijau atau ganggang biru-hijau, dapat diolah menjadi bahan baku biofertilizer. Limbah alga dan ganggang ini mengandung nutrisi penting dan mikroba yang menguntungkan bagi tanah dan tanaman [25], [26].

METODE PEMBUATAN *BIOFERTILIZER*

Ada beberapa metode yang umum digunakan dalam pembuatan biofertilizer. Berikut adalah beberapa contoh metode yang umum digunakan. Metode pembuatan biofertilizer yang digunakan tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan, tujuan aplikasi, dan skala produksi. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik.

1. Proses Pengomposan

Metode ini melibatkan penguraian bahan organik melalui proses pengomposan yang dikendalikan. Bahan baku biomassa, seperti limbah pertanian atau limbah ternak, dicampur dengan bahan tambahan seperti sekam, jerami, atau pupuk hijau. Campuran tersebut kemudian ditempatkan dalam tumpukan atau komposter yang memungkinkan dekomposisi

mikroorganisme yang alami. Proses pengomposan ini menghasilkan biofertilizer dalam bentuk kompos yang kaya akan nutrisi dan mikroba yang menguntungkan bagi tanaman [27].

2. Fermentasi Aerobik

Metode ini melibatkan fermentasi aerobik atau oksidasi bahan organik dengan menggunakan mikroorganisme yang membutuhkan oksigen [28]. Bahan baku biomassa dicampur dengan starter mikroba atau inokulum yang mengandung mikroba yang bermanfaat, seperti bakteri atau ragi. Campuran tersebut kemudian ditempatkan dalam kondisi yang teroksidasi dan terventilasi dengan baik. Proses fermentasi ini menghasilkan biofertilizer yang kaya akan mikroba dan metabolit yang menguntungkan bagi tanaman [29].

3. Fermentasi Anaerobik

Metode ini melibatkan fermentasi anaerobik atau penguraian bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen. Bahan baku biomassa dicampur dengan air dan ditempatkan dalam wadah tertutup yang mencegah masuknya udara [30]. Proses fermentasi anaerobik ini dilakukan oleh mikroorganisme anaerobik, yang menghasilkan biofertilizer dalam bentuk cair atau lumpur yang kaya akan nutrisi dan mikroba yang menguntungkan [31].

4. Penggilingan dan Pencampuran

Metode ini melibatkan penggilingan atau penghancuran bahan baku biomassa menjadi partikel yang lebih kecil, kemudian dicampur dengan bahan tambahan seperti mikroba inokulum, pupuk organik, atau bahan penstabil. Campuran ini kemudian dikemas dalam bentuk padat atau cair untuk digunakan sebagai biofertilizer [32].

5. Bioproses Lainnya

Selain metode di atas, ada juga metode bioproses lainnya yang digunakan dalam pembuatan biofertilizer, seperti fermentasi cair, fermentasi padat substrat dalam tangki, atau penggunaan reaktor khusus untuk mengoptimalkan pertumbuhan mikroba dan produksi *biofertilizer* [33], [34].

METODE PENGUKURAN PERTUMBUHAN TANAMAN

Beberapa metode umum yang digunakan untuk mengukur pertumbuhan tanaman berbasis Biofertilizer antara lain:

1. Pengukuran Tinggi Tanaman

Metode ini melibatkan pengukuran tinggi tanaman sebagai indikator pertumbuhan vegetatif. Tinggi tanaman dapat diukur secara periodik dengan menggunakan penggaris atau alat pengukur tinggi tanaman. Perubahan tinggi tanaman dari waktu ke waktu dapat memberikan gambaran tentang tingkat pertumbuhan tanaman yang dipengaruhi oleh penggunaan pupuk hayati [35].

2. Pengukuran Berat Basah dan Kering Tanaman

Metode ini melibatkan pengukuran berat basah dan kering tanaman sebagai indikator pertumbuhan biomassa. Berat basah tanaman dapat diukur dengan menggunakan timbangan yang sensitif terhadap air. Selanjutnya, setelah tanaman dikeringkan secara sempurna, berat kering tanaman dapat diukur. Perbedaan antara berat basah dan berat kering dapat memberikan perkiraan tentang peningkatan biomassa tanaman yang disebabkan oleh pupuk hayati [36].

3. Pengukuran Daun dan Luas Daun

Metode ini melibatkan pengukuran parameter daun sebagai indikator pertumbuhan tanaman. Jumlah daun per tanaman dapat dihitung secara manual, dan luas daun dapat diukur dengan menggunakan alat pengukur luas daun atau dengan menggunakan teknik fotografi

digital dan analisis citra. Perubahan dalam jumlah daun dan luas daun dapat memberikan informasi tentang respons pertumbuhan tanaman terhadap penggunaan pupuk hayati [37].

4. Pengukuran Diameter Batang

Metode ini melibatkan pengukuran diameter batang sebagai indikator pertumbuhan batang tanaman. Diameter batang dapat diukur menggunakan penggaris atau alat pengukur diameter batang. Perubahan diameter batang dari waktu ke waktu dapat memberikan informasi tentang pertumbuhan tanaman yang dipengaruhi oleh pupuk hayati [38].

Selain metode di atas, juga dapat dilakukan pengamatan visual secara kualitatif terhadap warna, tekstur, pertumbuhan akar, dan perkembangan bunga atau buah. Dalam pengukuran pertumbuhan tanaman, penting untuk melakukan pengukuran yang konsisten dan teratur, serta mempertimbangkan variabel lain seperti faktor lingkungan dan genetik yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman [39].

Pengukuran kandungan kimia pada tanaman

Pengukuran kandungan kimia pada tanaman melibatkan analisis komposisi nutrisi, senyawa metabolit, dan elemen yang terdapat dalam tanaman. Berikut adalah beberapa metode umum yang digunakan untuk mengukur kandungan kimia pada tanaman:

1. Analisis Nutrisi Tanaman

Metode ini melibatkan pengukuran kandungan unsur hara utama (misalnya, nitrogen, fosfor, kalium) dan unsur hara mikro (misalnya, zat besi, mangan, tembaga) dalam tanaman. Analisis nutrisi dapat dilakukan melalui metode spektrofotometri, spektrometri massa, atau metode kimia lainnya. Metode ini memungkinkan evaluasi status nutrisi tanaman dan dapat membantu dalam penentuan kebutuhan pupuk yang tepat [40].

2. Analisis Kandungan Karbohidrat

Metode ini melibatkan pengukuran kandungan karbohidrat dalam tanaman. Karbohidrat dapat diukur dengan metode kolorimetri atau metode enzimatis, yang melibatkan reaksi kimia atau reaksi enzimatis untuk mengukur kadar gula, amilosa, amilopektin, dan komponen karbohidrat lainnya dalam tanaman [41].

3. Analisis Kandungan Protein

Metode ini melibatkan pengukuran kandungan protein dalam tanaman. Kandungan protein dapat diukur dengan metode Kjeldahl, yang melibatkan penguraian protein menjadi asam amino dan pengukuran kandungan nitrogen total menggunakan reaksi kimia. Kandungan protein kemudian dihitung berdasarkan kadar nitrogen dan faktor konversi yang sesuai [42].

4. Analisis Kandungan Lemak

Metode ini melibatkan pengukuran kandungan lemak atau lipid dalam tanaman. Kandungan lemak dapat diukur dengan ekstraksi menggunakan pelarut organik seperti metanol atau heksana, diikuti oleh pengukuran gravimetri atau kolorimetri. Metode ini memungkinkan penentuan kandungan asam lemak, fosfolipid, sterol, dan komponen lemak lainnya dalam tanaman [43].

5. Analisis Kandungan Senyawa Sekunder

Metode ini melibatkan pengukuran kandungan senyawa sekunder dalam tanaman, seperti polifenol, flavonoid, alkaloid, terpenoid, dan senyawa lain yang memiliki aktivitas biologis. Analisis ini dapat dilakukan menggunakan kromatografi cair, spektrofotometri UV-Vis, atau metode spektrometri massa yang lebih canggih [44].

Pengukuran kandungan kimia pada tanaman dapat memberikan informasi penting tentang komposisi nutrisi, aktivitas metabolik, dan kualitas tanaman. Metode analisis yang digunakan tergantung pada senyawa atau komponen yang ingin diukur serta ketersediaan peralatan dan laboratorium yang sesuai [45].

APLIKASI *BIOFERTILIZER* PADA PERTANIAN LAHAN KERINGTabel 2. Aplikasi *biofertilizer* pada pertanian lahan kering

Aplikasi	Jenis tanaman	Referensi
Aplikasi Fosfor dan <i>Bifertilizer</i> pada Buncis (<i>Cicer arietinum</i>) pada Kondisi Lahan Kering	Buncis (<i>Cicer arietinum</i>)	[46]
Aplikasi Pupuk Organik Berbasis <i>Biofilm Biofertilizer</i> Untuk Meningkatkan Ketersediaan Unsur Hara Tanah Dan Hasil Bayam Pada Lahan Kering	Bayam	[47]
Aplikasi <i>Biofertilizer</i> dan Pupuk NPK terhadap Ketersediaan Fosfor Tanah dan Hasil Padi Gogo di Lahan Tropis	Padi Gogo	[48]
Aplikasi pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil jagung manis (<i>Zea mays saccharata</i> Sturt) di lahan kering	jagung manis	[49]
Aplikasi <i>biofertilizer</i> Terhadap Hasil dan Komponen Hasil Gandum Lahan Kering (<i>Triticum aestivum</i> L.)	Gandum	[50]
Aplikasi Pupuk Anorganik dan <i>Biofertilizer</i> pada Budidaya Jagung di Lahan Kering, Banten	Jagung	[51]
Aplikasi <i>Biofertilizer</i> pada beberapa Varietas Kedelai di Lahan Kering Lombok Timur, Indonesia	kedelai	[52]
Aplikasi <i>Biofertilizer</i> pada tanaman safflower pada kondisi lahan kering.	Safflower	[53]
Aplikasi <i>biofertilizer</i> pada tanaman sawi yang ditanam pada lahan kering	Sawi	[54]
Aplikasi <i>biofertilizer</i> pada Jagung Hibrida di Lahan Kering Masam Lampung	Jagung Hibrida	[55]
Aplikasi <i>biofertilizer</i> pada semangka yang ditanam pada Lahan Kering	Semangka	[56]
Aplikasi <i>biofertilizer</i> Barvar-2 pada tanaman buncis yang ditanam di lahan kering	Buncis	[57]
Aplikasi <i>biofertilizer</i> pada tanaman tomat yang di tanam pada lahan kering	Tomat	[58]
Aplikasi <i>Biofertilizer</i> pada tanaman wortel pada Berbagai Lintang Pulau Lombok	Wortel	[59]
Aplikasi <i>biofertilizers</i> pada sifat hortikultura dan hasil pada french bean var. Pesaing dalam kondisi iklim kering di distrik Kinnaur di Himachal Pradesh	Buncis	[60]

KESIMPULAN

Penggunaan biofertilizer pada pertanian lahan kering menunjukkan potensi yang menarik untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian. Bahan baku yang beragam, termasuk limbah pertanian, limbah industri pangan, limbah ternak, dan biomassa lignoselulosa, dapat dimanfaatkan untuk pembuatan biofertilizer. Metode pembuatan meliputi fermentasi, pengomposan, dan proses bioteknologi lainnya yang memungkinkan isolasi dan kultivasi mikroba yang menguntungkan serta penguraian bahan organik. Aplikasi biofertilizer pada tanaman di lahan kering telah menunjukkan hasil positif dengan meningkatkan ketersediaan nutrisi, aktivitas biologi tanah, ketahanan tanaman terhadap kekeringan, dan kualitas tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yopie Moelyohadi¹, M. Umar Harun², Munandar², Renih Hayati², Nuni Gofar², "Pemanfaatan Berbagai Jenis Pupuk Hayati pada Budidaya Tanaman Jagung (*Zea mays*. L) Efisien Hara di Lahan Kering Marginal," *J. Lahan Suboptimal*, vol. 1, no. 1, pp. 31–39, 2012.
- [2] A. M. A. Abdul-halim, P. Shivanand, S. Krishnamoorthy, and H. Taha, "A review on the biological properties of *Trichoderma* spp. as a prospective biocontrol agent and biofertilizer," vol. X, no. Xx, pp. 1–13, 2023.
- [3] R. Bhattacharjee and U. Dey, "Biofertilizer, a way towards organic agriculture: A review," *African J. Microbiol. Res.*, vol. 8, no. 24, pp. 2332–2343, 2014.
- [4] P. Vejan, R. Abdullah, T. Khadiran, S. Ismail, and A. Nasrullohaq Boyce, "Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability—a review," *Molecules*, vol. 21, no. 5, p. 573, 2016.
- [5] S. Marinari, G. Masciandaro, B. Ceccanti, and S. Grego, "Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties," *Bioresour. Technol.*, vol. 72, no. 1, pp. 9–17, 2000.
- [6] T. U. Hassan and A. Bano, "Biofertilizer: a novel formulation for improving wheat growth, physiology and yield," *Pak. J. Bot.*, vol. 48, no. 6, pp. 2233–2241, 2016.
- [7] H. Sun *et al.*, "Effect of biofertilizer and wheat straw biochar application on nitrous oxide emission and ammonia volatilization from paddy soil," *Environ. Pollut.*, vol. 275, p. 116640, 2021.
- [8] Y. Zhu, M. Zhong, W. Li, Y. Qiu, H. Wang, and X. Lv, "Cotton straw biochar and bacillus compound biofertilizer decreased cd migration in alkaline soil: Insights from relationship between soil key metabolites and key bacteria," *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 232, p. 113293, 2022.
- [9] D. Kantachote, T. Nunkaew, T. Kantha, and S. Chaiprapat, "Biofertilizers from *Rhodospseudomonas palustris* strains to enhance rice yields and reduce methane emissions," *Appl. Soil Ecol.*, vol. 100, pp. 154–161, 2016.
- [10] A. D. Olugbemide and B. Likozar, "Assessment of liquid and solid digestates from anaerobic digestion of rice husk as potential biofertilizer and nutrient source for microalgae cultivation," *Processes*, vol. 10, no. 5, p. 1007, 2022.
- [11] A. A. Roshidi *et al.*, "Development of immobilized matrix from durian rind waste in cultivation of microalgae for biofertilizer production," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 736, no. 1, p. 12061.
- [12] R. K. Jadhav and G. Chhaya, "Influence of deproteinised foliage fluid liquid biofertilizer on nitrate reductase activity of *Eleusine coracana* plants," *Curr. Bot.*, vol. 9, pp. 33–36, 2018.
- [13] R. MALI, S. NARKHEDE, A. GAWALI, N. MESHARAM, and A. RANE, "Effect of biofertilizers and inorganic fertilizers on green and dry foliage, oil content and oil yield of patchouli (*Pogostemon cablin* Benth)," *Int. J. Farm Sci.*, vol. 13, no. 1, pp. 21–25, 2023.
- [14] S. M. Shaarani, N. J. Mokhtar, Z. I. M. Arshad, R. C. Man, S. K. A. Mudalip, and S. Z. Sulaiman, "Co-composting landfill leachate with sugarcane bagasse for biofertilizer

- production,” in *AIP Conference Proceedings*, 2019, vol. 2124, no. 1, p. 20032.
- [15] E. Hosseini, M. Zarei, M. Sepehri, and S. Safarzadeh, “Do bagasse biochar and microbial inoculants positively affect barley grain yield and nutrients, and microbial activity?,” *J. Plant Nutr.*, vol. 45, no. 4, pp. 522–539, 2021.
- [16] G. Getachew and D. Muleta, “Optimization of compost maturity of coffee waste mixed with agricultural wastes and evaluation of their effect on growth of lettuce (*Lactuca Sativa*),” *J. Nat. Sci. Res.*, vol. 7, no. 8, 2017.
- [17] S. Gupta *et al.*, “Chicken feather waste hydrolysate as a potential biofertilizer for environmental sustainability in organic agriculture management,” *Waste and Biomass Valorization*, pp. 1–17, 2023.
- [18] M. Gogoi *et al.*, “A novel strategy for microbial conversion of dairy wastewater into biofertilizer,” *J. Clean. Prod.*, vol. 293, p. 126051, 2021.
- [19] S. L. Lim, T. Y. Wu, P. N. Lim, and K. P. Y. Shak, “The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics,” *J. Sci. Food Agric.*, vol. 95, no. 6, pp. 1143–1156, 2015.
- [20] T. Chowdhury *et al.*, “Latest advancements on livestock waste management and biogas production: Bangladesh’s perspective,” *J. Clean. Prod.*, vol. 272, p. 122818, 2020.
- [21] S. Y. A. Siddiki *et al.*, “Theoretical calculation of biogas production and greenhouse gas emission reduction potential of livestock, poultry and slaughterhouse waste in Bangladesh,” *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 9, no. 3, p. 105204, 2021.
- [22] K. W. Chew, S. R. Chia, H.-W. Yen, S. Nomanbhay, Y.-C. Ho, and P. L. Show, “Transformation of biomass waste into sustainable organic fertilizers,” *Sustainability*, vol. 11, no. 8, p. 2266, 2019.
- [23] V. Rudovica *et al.*, “Valorization of marine waste: use of industrial by-products and beach wrack towards the production of high added-value products,” *Front. Mar. Sci.*, vol. 8, p. 723333, 2021.
- [24] M. Madende and M. Hayes, “Fish by-product use as biostimulants: An overview of the current state of the art, including relevant legislation and regulations within the EU and USA,” *Molecules*, vol. 25, no. 5, p. 1122, 2020.
- [25] Z. Abideen *et al.*, “Algal-mediated nanoparticles, phycochar, and biofertilizers for mitigating abiotic stresses in plants: A review,” *Agronomy*, vol. 12, no. 8, p. 1788, 2022.
- [26] J. G. Osorio-Reyes *et al.*, “Microalgae-Based Biotechnology as Alternative Biofertilizers for Soil Enhancement and Carbon Footprint Reduction: Advantages and Implications,” *Mar. Drugs*, vol. 21, no. 2, p. 93, 2023.
- [27] M. S. Mahmud and K. P. Chong, “Formulation of biofertilizers from oil palm empty fruit bunches and plant growth-promoting microbes: A comprehensive and novel approach towards plant health,” *J. King Saud Univ.*, vol. 33, no. 8, p. 101647, 2021.
- [28] B. E. Rittmann, “Microbial ecology to manage processes in environmental biotechnology,” *TRENDS Biotechnol.*, vol. 24, no. 6, pp. 261–266, 2006.
- [29] L. K. Wang *et al.*, “Composting processes for disposal of municipal and agricultural solid wastes,” *Solid Waste Eng. Manag. Vol. 1*, pp. 399–523, 2021.
- [30] A. H. Igoni, M. J. Ayotamuno, C. L. Eze, S. O. T. Ogaji, and S. D. Probert, “Designs of anaerobic digesters for producing biogas from municipal solid-waste,” *Appl. Energy*, vol. 85, no. 6, pp. 430–438, 2008.
- [31] M. I. Alfa, D. B. Adie, S. B. Igboro, U. S. Oranusi, S. O. Dahunsi, and D. M. Akali, “Assessment of biofertilizer quality and health implications of anaerobic digestion effluent of cow dung and chicken droppings,” *Renew. Energy*, vol. 63, pp. 681–686, 2014.
- [32] H. Wang *et al.*, “Preparation and utilization of phosphate biofertilizers using agricultural waste,” *J. Integr. Agric.*, vol. 14, no. 1, pp. 158–167, 2015.
- [33] N. Vassilev and G. de Oliveira Mendes, “Solid-state fermentation and plant-beneficial

- microorganisms,” in *Current developments in biotechnology and bioengineering*, Elsevier, 2018, pp. 435–450.
- [34] M. Vassileva *et al.*, “Fermentation strategies to improve soil bio-inoculant production and quality,” *Microorganisms*, vol. 9, no. 6, p. 1254, 2021.
- [35] C. Gupta, V. K. Tewari, R. Machavaram, and P. Shrivastava, “An image processing approach for measurement of chili plant height and width under field conditions,” *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, vol. 21, no. 3, pp. 171–179, 2022.
- [36] D. R. Mills and J. M. Lee, “A simple, accurate method for determining wet and dry weight concentrations of plant cell suspension cultures using microcentrifuge tubes,” *Plant Cell Rep.*, vol. 15, pp. 634–636, 1996.
- [37] N. J. J. Bréda, “Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies,” *J. Exp. Bot.*, vol. 54, no. 392, pp. 2403–2417, 2003.
- [38] M. Gallardo, R. B. Thompson, L. C. Valdez, and M. D. Fernández, “Use of stem diameter variations to detect plant water stress in tomato,” *Irrig. Sci.*, vol. 24, pp. 241–255, 2006.
- [39] Z. Li, R. Guo, M. Li, Y. Chen, and G. Li, “A review of computer vision technologies for plant phenotyping,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 176, p. 105672, 2020.
- [40] N. K. Fageria, “Soil fertility and plant nutrition research under field conditions: Basic principles and methodology,” *J. Plant Nutr.*, vol. 30, no. 2, pp. 203–223, 2007.
- [41] H. G. Pontis, *Methods for Analysis of Carbohydrate Metabolism in Photosynthetic Organisms: Plants, Green Algae and Cyanobacteria*. Academic Press, 2016.
- [42] H. K. Mæhre, L. Dalheim, G. K. Edvinsen, E. O. Elvevoll, and I.-J. Jensen, “Protein determination—method matters,” *Foods*, vol. 7, no. 1, p. 5, 2018.
- [43] Z. Chen, L. Wang, S. Qiu, and S. Ge, “Determination of microalgal lipid content and fatty acid for biofuel production,” *Biomed Res. Int.*, vol. 2018, 2018.
- [44] L. Yang, K.-S. Wen, X. Ruan, Y.-X. Zhao, F. Wei, and Q. Wang, “Response of plant secondary metabolites to environmental factors,” *Molecules*, vol. 23, no. 4, p. 762, 2018.
- [45] N. Hounsome, B. Hounsome, D. Tomos, and G. Edwards-Jones, “Plant metabolites and nutritional quality of vegetables,” *J. Food Sci.*, vol. 73, no. 4, pp. R48–R65, 2008.
- [46] K. Pramanik and R. K. Singh, “Effect of levels and mode of phosphorus and biofertilizers on chickpea (*Cicer arietinum*) under dryland conditions,” *Indian J. Agron.*, vol. 48, no. 4, pp. 294–296, 2003.
- [47] E. Triharyanto, “The application of biofilm biofertilizer-based organic fertilizer to increase available soil nutrients and spinach yield on dry land (a study case in Lithosol soil type),” in *IOP conference series: earth and environmental science*, 2018, vol. 200, no. 1, p. 12006.
- [48] B. N. Fitriatin, V. F. Dewi, and A. Yuniarti, “The impact of biofertilizers and NPK fertilizers application on soil phosphorus availability and yield of upland rice in tropic dry land,” in *E3S Web of Conferences*, 2021, vol. 232, p. 3012.
- [49] A. Sabur, L. Pramudyani, M. Yasin, and J. Purnomo, “Application of biological fertilizers on growth and yield of sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt) in dry land,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 807, no. 4, p. 42024.
- [50] H. Jafari, G. Heidari, and S. Khalesro, “Effects of Supplemental Irrigation and biofertilizers on Yield and Yield Components of Dryland wheat (*Triticum aestivum* L.),” *J. Agric. Sci. Sustain. Prod.*, vol. 29, no. 2, pp. 173–187, 2019.
- [51] P. N. Susilawati and R. Purba, “Combination of Organic Fertilizer, Anorganic Fertilizer and Bio-Fertilizer in Maize Cultivation in Dry Land, Banten,” in *E3S Web of Conferences*, 2021, vol. 316, p. 3012.
- [52] W. Wangiyana, H. Suheri, and I. K. D. Jaya, “Response of Several Soybean Varieties to Co-inoculation with Rhizobium and Mycorrhiza Biofertilizers in Dryland of East Lombok, Indonesia,” 2022.
- [53] A. Soleymanifard and S. A. Sidat, “Effect of inoculation with bio-fertilizer in different

- nitrogen levels on yield and yields components of safflower under dry land conditions.,” *Am. J. Agric. Environ. Sci.*, vol. 11, no. 4, pp. 473–477, 2011.
- [54] E. Triharyanto, “Biofilm biofertilizer increase mustard growth and nutrient status of dry land Lithosols,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 824, no. 1, p. 12020.
- [55] J. Hendra, “The effect of biofertilizer and double row 2: 1 planting system on hybrid corn growth and yield on dry land acid soils in Lampung,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 484, no. 1, p. 12070.
- [56] N. Marlina, K. Khodijah, I. Aryani, and D. P. Sari, “Watermelon Production in Dry Land with Liquid Biofertilizer and Different Compound NPK,” *J. Glob. Sustain. Agric.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–35, 2021.
- [57] O. Hasanour, K. Azizi, M. Feizian, and A. Ismaeili, “Study the effect of Phosphate Barvar-2 Biofertilizer, Iron Nano-Chelate and Superabsorbent on qualitative and quantitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dry farming conditions,” *Iran. J. Pulses Res.*, vol. 11, no. 2, pp. 62–75, 2020.
- [58] A. Altuhaish and A. Tjahjoleksono, “Biofertilizer effects in combination with different drying system and storage period on growth and production of tomato plant under field conditions,” *Emirates J. food Agric.*, vol. 26, no. 8, p. 716, 2014.
- [59] A. Nikmatullah, N. Khairunnisa, R. Amalia, K. Zawani, and M. Sarjan, “Effect of biofertilizer on growth and yield of carrot (*Daucus Carota* L.) plants in different latitudes of Lombok Island,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021, vol. 1098, no. 4, p. 42107.
- [60] S. Thakur, R. Thakur, and D. K. Mehta, “Effect of biofertilizers on horticultural and yield traits in french bean var. Contender under dry temperate conditions of Kinnaur district of Himachal Pradesh,” *J. Appl. Nat. Sci.*, vol. 10, no. 1, pp. 421–424, 2018.