



Penggunaan Azotobacter dan Kompos Kulit Buah Kakao Terhadap Pertumbuhan dan Efisiensi Penggunaan Nitrogen Pada Pembibitan Utama Kelapa Sawit

Application of Azotobacter and Cocoa Fruit Skin Compost to Growth and Nitrogen Use Efficiency of Palm Oil in Main Nursery

Wilda Lumban Tobing*¹⁾, Mariani Sembiring²⁾

¹⁾Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Timor, Kefamenanu, Indonesia

²⁾Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

*Corresponding author: wildatobing@unimor.ac.id

Received: March 1, 2021; Accepted: March 23, 2021; Published: April 1, 2021

ABSTRACT

The expansion of oil palm plantations continues to increase so that it requires quality seed. Nurseries need to be done before moving to the field. The use of Azotobacter and cocoa fruit skin compost is one way to increase the growth and nitrogen use efficiency in oil palm in main nursery. This research was aimed to know the growth and nitrogen use efficiency of palm oil in main nursery. This research was conducted on the research area of the Agricultural Agribusiness College of Agriculture Practices (STIPAP) Medan and the Laboratory of Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) of North Sumatra and the Agricultural Laboratory of the University of North Sumatra from February until Juli 2013. The method used was Randomized Group Design factorial with 3 replications and followed by Duncan test at $\alpha=5\%$. The first factor is Azotobacter including without giving Azotobacter (A0), 20 ml/polybag (A1) and 40 ml/polybag (A2). The second factor is cocoa fruit skin compost, which consists of 3 of them, namely without compost (K0), 125 g/polybag (K1), and 250 g/polybag (K2). The research parameters were plant dry weight (g), nitrogen uptake (mg) and N use efficiency (EPN). The results showed that the use of Azotobacter and cocoa fruit skin compost were able to significantly increasing dry weight of plant and N uptake of oil palm seeds and gave the highest EPN value of 12.93.

Key words: biomass; N uptake; N use efficiency

Cite this as: Tobing, W. & Sembiring, M. (2021). Penggunaan azotobacter dan kompos kulit buah kakao terhadap pertumbuhan dan efisiensi penggunaan nitrogen pada pembibitan utama kelapa sawit. *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi*, 23(1), 50-54. DOI: <http://dx.doi.org/10.20961/agsjpa.v23i1.49042>

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditi perkebunan yang dijadikan penghasil devisa negara. Oleh karenanya, budidaya kelapa sawit harus tetap dikembangkan dengan kajian-kajian baru baik secara teknis maupun pengolahan. Peningkatan ekspor minyak sawit dari tahun 2006-2012 yakni 13,37 juta ton menjadi 20,30 juta ton. Adanya peningkatan ini juga didukung dengan semakin meluasnya pembukaan areal perkebunan kelapa sawit. Tercatat peningkatannya dari 6,85 juta menjadi 9,10 juta (2007-2011) dan terus meningkat sampai 1,65 persen (9,38 juta hektar) dalam perkiraan tahun 2013 (Badan Pusat Statistik, 2012). Meluasnya pembukaan lahan kelapa sawit akan membuat pelaku usaha kelapa sawit memanfaatkan lahan-lahan suboptimal yang mempunyai salah satu keterbatasan adalah ketersediaan hara. Oleh karena itu, pemberian pupuk akan menjadi hal yang penting dalam membantu produksi kelapa sawit.

Pembibitan merupakan langkah penting dalam budidaya kelapa sawit sebelum dipindah ke lahan terbuka untuk mengurangi kematian tanaman jika langsung ditanam. Pembibitan kepala sawit sistem *double stage* melalui dua tahapan yaitu pembibitan awal

dan pembibitan utama. Pembibitan utama merupakan proses yang dilakukan sebelum tanaman ditanam ke lapangan. Upaya untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman bisa dilakukan dengan pengaplikasian pupuk. Pada umumnya, aplikasi pupuk anorganik pada pembibitan kelapa sawit namun penggunaannya secara terus menerus tanpa didampingi bahan organik akan mengakibatkan produktivitas yang rendah. Saat ini sudah banyak isu mengenai kelapa sawit yang merusak lingkungan. Penggunaan Azotobacter dan pemanfaatan kulit buah kakao yang dijadikan kompos adalah satu dari beberapa cara dalam mendukung pertumbuhan bibit kelapa sawit dan menjaga keberlanjutan usaha kelapa sawit. Widiastuti et al., (2016) menyatakan bahwa Azotobacter adalah salah satu kelompok bakteri yang dapat mengikat N secara nonsimbiotik yang memiliki kemampuan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman jika dibandingkan dengan kelompok bakteri penambat N non simbiotik lain. Kizilkaya (2009) dan Esmailpour et al., (2013) menyatakan bahwa penggunaan Azotobacter sangat baik diterapkan dalam produksi tanaman dan dapat dijadikan alternatif dari bagian pupuk nitrogen mineral. Sedangkan kulit buah kakao dapat dijadikan bahan organik berupa kompos.

Suprpto et al., (2018) menyatakan bahwa kompos kulit buah kakao memiliki kandungan N total (%) sebesar 3,57, C total (%) sebesar 42,4. Penggunaannya diterapkan sebagai upaya untuk memperbaiki struktur tanah yang lebih gembur, menambah sumber makanan bagi mikroorganisme tanah yang mengakibatkan mudahnya penguraian hara pada tanah, meningkatkan C-Organik dan KTK tanah.

Selama 40 tahun pupuk N mineral yang diterapkan pada tanaman meningkat 7,4 kali lipat sedangkan peningkatan hasil secara keseluruhan hanya 2,4 kali lipat (Tilman et al., 2002). Efisiensi penggunaan N yang rendah menggambarkan kehilangan N yang cukup tinggi (Xiang et al., 2008). Kajian mengenai efisiensi penggunaan N (EPN) merupakan gambaran dosis penggunaan pupuk yang sesuai kebutuhan tanaman dengan mengurangi pencemaran lingkungan oleh pemberian N yang sangat mudah larut dimana N yang mudah tercuci tetapi kebutuhannya sangatlah penting bagi tanaman. Selain itu, kajian ini dapat meningkatkan produktivitas dan menurunkan biaya pemupukan yang cukup tinggi dalam budidaya kepala sawit selama satu siklus tanam (25 tahun). Efisiensi penggunaan N adalah hasil dari efisiensi penyerapan (jumlah N terserap/jumlah N tersedia) dan efisiensi pemanfaatan (hasil/N terserap). Sejumlah besar tanaman, ada keragaman genetik untuk efisiensi penyerapan N dan efisiensi pemanfaatan N (Hirel et al., 2007). Namun pada tanaman kelapa sawit belum banyak informasi mengenai kajian efisiensi penggunaan nitrogen dari pupuk yang diberikan. Hal ini menjadi penting untuk diketahui karena dapat dijadikan gambaran awal bagaimana kemampuan tanaman dapat menyerap dan menggunakan pupuk yang diberikan. Pupuk yang diberikan diharapkan tepat dosisnya dan jenisnya untuk menjaga produksi optimum dengan kerusakan lingkungan yang minimum. Berdasarkan kajian ini dapat dijadikan dasar pemilihan bagi pelaku usaha perkebunan untuk memilih jenis pupuk dan dosis yang diberikan. Dalam penggunaannya, diharapkan mendapatkan hasil yang maksimal pada pemberian N pada tingkat moderat bukan pada tingkat yang lebih tinggi (Anbessa dan Juskiw, 2012; Bingham et al., 2012). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan dan nilai EPN dengan penggunaan Azotobacter dan kulit buah kakao yang dijadikan kompos pada pembibitan utama kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan menggunakan lahan penelitian Kampus Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan Medan, Laboratorium Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sumatera Utara dan Laboratorium Pertanian Universitas Sumatera Utara yang dimulai pada bulan Februari sampai Juli 2013. Bahan yang digunakan adalah bibit kelapa sawit berumur 3 bulan, kulit buah kakao, EM4, isolat Azotobacter, dan pupuk NPK (12:12:17:2), dan polibeg ukuran 30 x 35 cm. Alat yang dipakai adalah ayakan tanah, gembor, cangkul, ember, meteran, dan neraca analitik.

Metode yang digunakan adalah penelitian eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial diulang sebanyak 3 kali. Faktor pertama adalah Azotobacter yang terdiri: tanpa pemberian Azotobacter (A0), Azotobacter 20 ml/polibeg (A1) dan

Azotobacter 40 ml/polibeg (A2). Faktor kedua adalah kompos kulit buah kakao yang terdiri dari: tanpa pemberian kompos (K0), kompos kulit buah kakao 125 g/polibeg (K1), dan kompos kulit buah kakao 250 g/polibeg (K2). Uji lanjut dilakukan jika hasil sidik ragamnya berpengaruh nyata menggunakan *Duncan's Multiple Range Test* dengan taraf signifikan 5%.

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap yang dilakukan. Tahap pembuatan kompos dengan cara membuat ukuran kulit buah kakao menjadi kecil-kecil yang kemudian dihancurkan menggunakan lumping untuk mempercepat proses dekomposisi. Kemudian kompos dimasukkan ke dalam ember dan dicampur dengan EM4 dan dibiarkan selama satu bulan ditutup rapat dengan plastik. Persiapan lahan dilakukan dengan membersihkan lahan dan membentuk plot-plot ukuran 1 m x 1 m. Adapun di dalam 1 plot diisi dengan 9 polibeg. Persiapan media tanam dilakukan dengan mengayak tanah kemudian diisi ke polibeg dengan berat 5 kg pada tiap polibeg yang ditambahkan dengan kompos kulit buah kakao sesuai perlakuan. Tahap penanaman dilakukan dengan cara memindahkan bibit umur 3 bulan ke polibeg yang sudah disiapkan yang kemudian diberikan Azotobacter dalam bentuk inokulan cair dan diberikan ke permukaan tanah.

Pemeliharaan meliputi penyiraman dan penyiangan gulma. Penyiraman dilakukan dua kali dalam sehari (pagi dan sore) kecuali saat curah hujan tinggi. Penyiangan dilakukan secara manual dengan mencabut gulma yang ada di dalam dan di luar polibeg sesuai kondisi gulma. Pemberian pupuk NPK dilakukan 2 bulan sekali untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik. Pemanenan dilakukan saat umur tanaman 6 bulan. Pengamatan pada penelitian meliputi bobot kering tanaman yang diambil pada akhir penelitian, serapan N tanaman dihitung menggunakan rumus bobot kering tanaman (mg/pot) x konsentrasi hara N jaringan (%) (Adeli et al., 2005; Kaiser et al. 2005). dan efisiensi penggunaan N bibit kelapa sawit secara fisiologi menggunakan rumus selisih bobot kering tanaman diberi pupuk dengan tanpa pupuk per konsentrasi hara N jaringan (Lopez & Lopez et al., 2001; Jiang et al., 2004; Haefele et al., 2008).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bobot Kering Tanaman

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara Azotobacter dengan kompos kulit buah kakao terhadap rata-rata bobot kering bibit kelapa sawit (Tabel 1). Faktor tunggal Azotobacter dan kompos kulit buah kakao tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rata-rata bobot kering.

Berdasarkan Tabel 1, dijelaskan bahwa kombinasi perlakuan tanpa Azotobacter dan kompos kulit buah kakao berbeda nyata dibandingkan dengan semua perlakuan lainnya kecuali kombinasi perlakuan Azotobacter 40 ml/polibeg dan kompos kulit buah kakao 250 g/polibeg. Hal ini diduga kombinasi keduanya saling bekerja dalam meningkatkan pertumbuhan dimana Azotobacter mampu memanfaatkan kompos yang ada sebagai bahan organik yang menyediakan sumber makanan untuk kehidupannya baik pertumbuhan akar maupun tajuk. Hindersyah et al., (2018) menyatakan bahwa bahan organik dapat mempertahankan kelangsungan hidup Azotobacter

dimana aktivitasnya juga penting untuk meningkatkan fungsi sistem zona akar dan populasi mikroba tanah. Hal ini mengakibatkan adanya penambahan populasi mikroorganisme dalam tanah dapat meningkatkan penguraian hara N bagi tanaman di dalam tanah. Ketersediaan N bagi tanaman dapat mempengaruhi peningkatan pertumbuhan tanaman. Widiastuti (2016) menambahkan bahwa peningkatan pertumbuhan akar oleh *Azotobacter* secara langsung juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Ketersediaan N akibat adanya fiksasi oleh *Azotobacter* juga berperan dalam meningkatkan biomassa tanaman. Besarnya biomassa juga dipengaruhi oleh kandungan N yang diserap. Selain itu, adanya N bagi tanaman dapat berfungsi sebagai penyusun asam amino dan klorofil yang berpengaruh akumulasi fotosintat melalui kegiatan fotosintesis tanaman yang dapat ditandai dengan pertumbuhan berat kering tanaman.

Tabel 1. Bobot Kering

<i>Azotobacter</i>	Kompos Kulit Buah Kakao			Rataan (g)
	K0	K1	K2	
A0	70,13 a	80,07 ab	82,57 ab	77,59
A1	83,97 b	102,37 c	70,63 a	85,66
A2	86,27 b	70,23 a	91,80 bc	82,77
Rataan (g)	80,12	84,22	81,67	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji Duncan pada taraf 5 %.

Kemampuan *Azotobacter* dalam menghasilkan auksin, sitokinin dan giberelin (Hindersah et al., 2018; Patil, 2011; Vikhe, 2014) yang dapat merangsang terjadinya diferensiasi sel, pembelahan dan perpanjangan sel dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Namun bertambahnya dosis pupuk yang diberikan cenderung menurunkan rataan bobot kering bibit kelapa sawit yaitu pada kombinasi perlakuan *Azotobacter* 40 ml/polibeg dan kompos kulit buah kakao 259 g/polibeg. Hal ini diduga adanya sifat antinutrisi pada kulit buah kakao dalam dosis yang lebih tinggi pada perlakuan kombinasi perlakuan *Azotobacter* 40 ml/polibeg dan kompos kulit buah kakao 259 g/polibeg yang mengakibatkan bobot kering malah lebih rendah dibandingkan pada dosis yang lebih sedikit. Kulit buah kakao memiliki kandungan senyawa tanin (Mensah et al., 2012), sifat antinutrisi pada tanin menyebabkan terbentuknya senyawa kompleks yang tidak larut akibat membentuk ikatan dengan protein (Setiarto dan Widhyastuti, 2017). Selain itu, sifat tanin yang mudah larut di dalam air mengakibatkan memberi dampak negatif bagi mikroorganisme termasuk *Azotobacter* yang diberikan pada media tanam.

Jika dilihat dari perlakuan tunggal, pemberian *Azotobacter* 20 ml (A1) memberikan nilai rataan tertinggi dibanding yang lainnya. Pada perlakuan kakao, dosis 125 gr (K1) mampu menghasilkan rataan bobot kering bibit kelapa sawit tertinggi. Pengaruh tunggal ini tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Diduga adanya peran *Azotobacter* yang akan bekerja lebih baik jika ditambahkan dengan bahan organik yang dijadikan sebagai makanan bagi kelangsungan hidupnya.

Serapan Hara Nitrogen

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara *Azotobacter* dengan kompos kulit buah kakao terhadap rataan serapan hara nitrogen bibit kelapa sawit (Tabel 2). Perlakuan *Azotobacter* dan kompos kulit buah kakao secara tunggal tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap rataan bobot kering bibit kelapa sawit.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa kombinasi perlakuan *Azotobacter* 20 ml/polibeg dengan kompos kulit buah kakao 125 g/polibeg berbeda nyata jika dibandingkan dengan semua perlakuan lainnya. Hal ini diduga adanya kompos kulit buah kakao menyediakan bahan organik yang menyediakan hara meskipun lambat karena adanya aktivitas mikroba mengubah ikatan kompleks organik menjadi senyawa organik dan anorganik yang mampu diserap oleh tanaman. Selain itu, bahan organik dari kompos kulit buah kakao menyebabkan adanya kehadiran mikroba-mikroba seperti *Azotobacter* yang menggunakannya sebagai makanan dan sumber energi sehingga memungkinkan terjadinya peningkatan populasi mikroba yang terus menambat nitrogen bebas dari udara. Nurosid et al., (2008) menyatakan bahwa *Azotobacter* akan memediasi proses pembusukan bahan organik seperti selulosa, amilosa, dan lemak lainnya dan zat kaya protein menjadi organik yang lebih kecil dan zat anorganik yang digunakan oleh tanaman. Pradhan dan Sukla (2006) menambahkan bahwa *Azotobacter* dapat membantu dekomposisi, mobilisasi, mineralisasi, penyimpanan nutrisi dan air, fiksasi nitrogen. Beberapa hal tersebut, membuat ketersediaan N bagi tanaman menjadi lebih banyak dan diserap tanaman yang ditunjukkan dari hasil bobot kering dan konsentrasi N pada tanaman.

Tabel 2. Serapan N

<i>Azotobacter</i>	Kompos Kulit Buah Kakao			Rataan (mg)
	K0	K1	K2	
A0	148,64 a	176,45	196,93 bc	176,45
A1	191,00 abc	201,76	158,22 ab	201,76
A2	204,95 bc	192,10	209,59 c	192,10
Rataan (mg)	181,53	200,54	188,24	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%.

Efisiensi Penggunaan Nitrogen (EPN)

Efisiensi penggunaan nitrogen secara fisiologi dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan faktor interaksi, EPN yang memiliki nilai tertinggi dihasilkan oleh pemberian *Azotobacter* 20 ml dan kompos kulit buah kakao sebanyak 125 g (A1K1). Pengaruh tunggal *Azotobacter* yang memiliki nilai EPN tertinggi dihasilkan oleh pemberian *Azotobacter* 20 ml sebesar 3,45 sedangkan pada pengaruh tunggal kompos kulit buah kakao terendah dihasilkan oleh pemberian kompos sebanyak 125 g sebesar 1,78. Pada pengujian tanaman palem di Indonesia menghasilkan nilai efisiensi penggunaan nitrogen sebesar 0,86 (Norton et al., 2015).

Secara umum, pengujian *Azotobacter* dan kompos kulit buah kakao menghasilkan nilai EPN di atas 0,86 kecuali pada perlakuan A1K2 dan K2. Hal ini mengartikan pemberian *Azotobacter* dan bahan kompos menyebabkan peningkatan pertumbuhan

tanaman melalui penyerapan dan penggunaan N bagi metabolismenya dimana N sangat dibutuhkan bagi tanaman. Dalam kondisi N yang minim pada tanah, aktivitas *Azotobacter* terlihat dalam menyediakan hara bagi tanaman. Peningkatan EPN terjadi dengan adanya penurunan ketersediaan N tanah (Tateno dan Kawaguchi, 2002; Singh et al., 2005) sehingga membuat penyerapan N terjadi kembali (Tateno dan Kawaguchi, 2002). Penelitian ini juga menunjukkan kemampuan tanaman dalam menghasilkan dan menggunakan asupan yang diberikan secara maksimal. Oleh karena itu, indikator EPN sangatlah diperlukan untuk memaksimalkan hasil secara berkelanjutan. Tingginya EPN secara fisiologi dapat menjelaskan EPN pada tanaman. Efisiensi pada tanaman mengindikasikan bahwa kemampuan tanaman memaksimalkan N yang diserap sebagai total produksi tanaman berupa bahan kering.

Tabel 3. Efisiensi Penggunaan Nitrogen (EPN)

<i>Azotobacter</i>	Kompos Kulit Buah Kakao			Rataan
	K0	K1	K2	
A0	-	4,32	5,23	-
A1	6,09	12,93	0,22	3,45
A2	4,21	6,11	5,05	2,25
Rataan	-	1,78	0,65	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%.

KESIMPULAN

1. Penggunaan *Azotobacter* dan kompos kulit buah kakao dapat meningkatkan bobot kering tanaman dan serapan nitrogen bibit kelapa sawit secara signifikan pada pemberian *Azotobacter* 20 ml dan kompos kulit buah kakao sebesar 125 g.
2. Efisiensi penggunaan nitrogen (EPN) tertinggi terdapat pada pemberian *Azotobacter* 20 ml dan kompos kulit buah kakao 125 g sebesar 12,93. Tingginya EPN mendukung peningkatan pertumbuhan dan serapan N pada bibit kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeli, A., Sistani, K. R., Rowe, D. E., & Tewolde, H. (2005). Effects of broiler litter on soybean production and soil nitrogen and phosphorus concentrations. *Agronomy Journal*, 97(1), 314–321. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0314>
- Anbessa, Y. and Juskiw, P. 2012. Review: strategies to increase nitro-gen use efficiency of spring barley. *Canadian Journal of Plant Science*. 92: 617 – 625.
- Badan Pusat Statistik. 2012. Statistik kelapa sawit Indonesia 2012. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Bingham, I. J., Karley, A. J., White, P. J., Thomas, W. T. B., & Russell, J. R. (2012). Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of spring barley breeding. *European Journal of Agronomy*, 42, 49-58.
- Esmailpour, A., Hassanzadehdelouei, M., Madani, A., (2013). Impact of livestock manure, nitrogen and biofertilizer (*Azotobacter*) on yield and yield components wheat (*Triticum Aestivum L.*). *Cercetari Agronomice In Moldova*, 46(2), 5-15.
- Haefele, S. M., Jabbar, S. M. A., Siopongco, J. D. L. C., Tirol-Padre, A., Amarante, S. T., Cruz, P. S., & Cosico, W. C. (2008). Nitrogen use efficiency in selected rice (*Oryza sativa L.*) genotypes under different water regimes and nitrogen levels. *Field Crops Research*, 107(2), 137-146.
- Harahap, F. S., & Fitra, Y. R. (2020). Characteristics of chemical properties of oil palm soil at plant age in different areas of land. *Jurnal Pertanian Tropik*, 7(2, Agustus), 233-238.
- Harahap, F. S., & Sari, P. M. (2019). Growth and production response of plant pakcoy (*Brassica rapa L.*) on use of NASA light organic fertilizer. *Jurnal Pertanian Tropik*, 6(2), 222-226.
- Harahap, F. S., Roswita, O., & Iman, A. (2020). Supply liquid organic fertilizer NASA and rice husk ash to the chemical properties of the soil on the tomato plant. *International Journal of Science, Technology & Management*, 1(3), 185-189.
- Harahap, F. S., Walida, H., Rahmaniah, R., Rauf, A., Hasibuan, R., & Nasution, A. P. (2020). Pengaruh aplikasi tandan kosong kelapa sawit dan arang sekam padi terhadap beberapa sifat kimia tanah pada tomat. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), 1-5.
- Hindersah, R., Setiawati, M. R., Fitriatin, B. N., Suryatama, P., Asmiran, P., Panatarani, C., & Joni, I. M. (2018). Graphite tail powder and liquid biofertilizer as trace elements source for ground nut. In *AIP Conference Proceedings* 1927(1):030004. AIP Publishing LLC.
- Hindersah, R., Handyman, Z., Indriani, F. N., Suryatmana, P., & Nurlaeny, N. (2018). *Azotobacter* population, soil nitrogen and groundnut growth in mercury-contaminated tailing inoculated with *Azotobacter*. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 5(3), 1269.
- Hirel, B., Le Gouis, J., Ney, B., & Gallais, A. (2007). The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of experimental botany*, 58(9), 2369-2387.
- Jiang, L., Dai, T., Jiang, D., Cao, W., Gan, X., & Wei, S. (2004). Characterizing physiological N-use efficiency as influenced by nitrogen management in three rice cultivars. *Field Crops Research*, 88(2-3), 239-250.
- Kaiser, D. E., Mallarino, A. P., & Bermudez, M. (2005). Corn grain yield, early growth, and early nutrient uptake as affected by broadcast and in-furrow starter fertilization. *Agronomy journal*, 97(2), 620-626.
- Kizilkaya, R. (2009). Nitrogen fixation capacity of *Azotobacter* spp. strains isolated from soils in different ecosystems and relationship between them and the microbiological properties of soils. *J. Environ. Biol*, 30(1), 73-82.
- López-Bellido, R. J., & López-Bellido, L. (2001). Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. *Field Crops Research*, 71(1), 31-46.
- Mensah, C. A., Adamafio, N. A., Amaning-Kwarteng, K., & Rodrigues, F. K. (2012). Reduced tannin content of laccase-treated cocoa (*Theobroma cacao*) pod husk.

- International Journal of Biological Chemistry, 6(1), 31-36.
- Norton, R., Davidson, E., & Roberts, T. (2015). Nitrogen use efficiency and nutrient performance indicators. *Global Partnership on Nutrient Management*, 14.
- Nurosid, Oedjijono & Lestari, P. (2008). Kemampuan *Azospirillum* sp. JG3 dalam menghasilkan lipase pada medium campuran dedak dan onggok dengan waktu inkubasi berbeda. Fakultas Biologi, Universitas Jendral Soedirman, Purwokerto.
- Patil, V. 2011. Production of indole acetic acid by *Azotobacter* sp. *Recent Research in Science and Technology* 3(12):14-16.
- Pradhan, N., & Sukla, L. B. (2006). Solubilization of inorganic phosphates by fungi isolated from agriculture soil. *African Journal of Biotechnology*, 5(10).
- Setiarto, R. H. B., & Widhyastuti, N. (2017). Penurunan kadar tanin dan asam fitat pada tepung sorgum melalui fermentasi *Rhizopus oligosporus*, *Lactobacillus plantarum* dan *Saccharomyces cerevisiae*. *Berita Biologi*, 15(2), 149-157.
- Singh, S. P., Bargali, K., Joshi, A., & Chaudhry, S. (2005). Nitrogen resorption in leaves of tree and shrub seedlings in response to increasing soil fertility. *Current science*, 389-396.
- Suprpto, M. E., Rosniawaty, S., & Ariyanti, M. (2018). Pengaruh pupuk kompos kulit buah kakao dan pupuk tablet terhadap produksi kakao (*Theobroma cacao* L.). *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 6(1), 41-52.
- Tateno, R., & Kawaguchi, H. (2002). Differences in nitrogen use efficiency between leaves from canopy and subcanopy trees. *Ecological Research*, 17(6), 695-704.
- Tilak, K. V. B. R., Ranganayaki, N., & Manoharachari, C. (2006). Synergistic effects of plant-growth promoting rhizobacteria and rhizobium on nodulation and nitrogen fixation by pigeonpea (*Cajanus cajan*). *European Journal of Soil Science*, 57(1), 67-71.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
- Vikhe P.S. 2014. *Azotobacter* species as a natural plant hormone synthesizer. *Research Journal on Recent Science*. 3 (IVC):59-63.
- Walida, H., Harahap, F. S., & Dalimunthe, B. A. (2019). Isolasi dan uji antagonis mikroorganisme lokal (mol) rebung bambu terhadap cendawan *Fusarium* sp. *Jurnal Agroplasma*, 6(2), 1-6.
- Walida, H., Surahman, E., Harahap, F. S., & Mahardika, W. A. (2019). Response of giving local microorganism solutions from bamboo shoot to growth and production of red chili plant (*Capsicum annum* L) jenggo F1. *Jurnal Pertanian Tropik*, 6(3), 424-429.
- Widiastuti, H. (2016). Karakterisasi dan seleksi beberapa isolat *Azotobacter* sp. untuk meningkatkan perkecambahan benih dan pertumbuhan tanaman. *Buletin Plasma Nutfah*, 16(2), 160-167.
- Xiang, Y. A. N., Jin, J. Y., Ping, H. E., & Liang, M. Z. (2008). Recent advances on the technologies to increase fertilizer use efficiency. *Agricultural Sciences in China*, 7(4), 469-479.