Inokulan Rhizobakteri untuk Meningkatkan Kelimpahan Mikroba Tanah, Klorofil dan Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit pada Inceptisols

Tualar Simarmata¹, Maria Eprina Kusumo Wardani², dan Eka Dwi Anggrainy³

¹ Staff Pengajar Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

² Alumni Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

³ Mahasiswa Pascasarjana Ilmu Pertanian (S3) Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung Sumedang Km 21, Jatinangor

Korespondensi: tualar.simarmata@unpad.ac.id; maria16003@mail.unpad.ac.id

ABSTRACT

Inorganic fertilizers are used intensively as the main source of essential nutrients to boost oil palms productivity. However, it's also to contribute to degradation of organic matter and soil health. The research aimed to investigate the effect of rhizobacteria inoculant to increase the beneficial soil microbes (RNF= rhizobacteria nitrogen fixer and rhizobacteria phosphate solubilizes = RPS) in rhizobiome and the growth oil palm seedling was conducted from January to May 2020 on Inceptisols. The experiment was arranged as randomized block design, consisted of 9 treatments (control, 3, 6, 9, 12 kg ha⁻¹ of RNF and its combination with RPS and provided with 3 replicans. Observed respond were total bacteria, RNF, the seedling growth and chlorophyll content. The experimental results revealed that rhizobacterial inoculation had a significant effect on RNF, RPS, total bacterial population, and the chlorophyll content of oil palm seedlings. The abundance of soils microbes during the trial were rellative high (>10⁸ CFU g⁻¹). Inoculation of 3 kg ha⁻¹ of rhizobacteria (RNF and RPS) increased the population of RNF to 4.02 x 10⁸ CFU g⁻¹. The highest of chlorophyll content (56.96 CCI) was obtained by the application 12 kg ha⁻¹ of RNF, followed by applying of 3 kg and 9 kg of inoculant consortia (RFN + RPS), but not different significantly with the control. Results finding confirms that the application rhizocateria inoculant (RNF and its combination with RPS) could use to enhance the abundance of microbes in rhizobiome for supporting the growth of oil palm seedling

Keywords: Rhizobacteria, N-fixer, PSB, chlorophyll, oil palm, inceptisols

1. PENDAHULUAN

Pupuk anorganik merupakan sumber utama dalam penyediaan hara esensial (unsur hara makro maupun mikro) untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman kelapa sawit. Kisaran dosis pemupukan bibit tanaman kelapa sawit memerlukan 150-200 g NPK per 4 bulan untuk menghasilkan bibit yang berkualitas baik (Kasno & Anggria, 2017). Upaya untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik atau meningkatkan efisiensi pemupukan, dapat dilakukan memanfaatkan rhizobakteri menguntungkan (*beneficial microbes*) yang berperan sebagai pupuk hayati (*biofertilizers*) (Simarmata, 2013; Fitriatin *et al.*, 2018).

Pupuk hayati adalah inokulan berbahan aktif organisme hidup atau laten dalam bentuk cair atau padat yang memiliki kemampuan untuk memobilisasi, memfasilitasi, dan meningkatkan ketersediaan hara tidak tersedia menjadi bentuk tersedia melalui proses biologis (*nonusable to be usable form*) (Simarmata

et al., 2013; Simarmata *et al.*, 2019; Fitriatin *et al.*, 2018). Kelompok rhizo-bakteri meliputi: penambat N (simbiotik dan nonsimbiotik), mikroba pelarut P, mikroba pelarut K, mikroba penghasil fitohormon pemacu tumbuh tanaman (*plant growth promoting rhizobacteria/PGPR*), mikroba perombak bahan organik (*decomposer*) dan mikroba yang berperan sebagai agen hayati (Board, 2012, Singh dan Purohit 2011; Fitriatin *et al.*, 2018).

Pertumbuhan bibit kelapa sawit erat kaitannya dengan kelimpahan mikroba fungsional di perakaran tanaman. Populasi mikroba pada rizosfer kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh ketersediaan eksudat akar tanaman kelapa sawit. Eksudat akar tersebut merupakan sumber energi bagi mikroba untuk melakukan aktivitas perombakan bahan organik serta membantu dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman.

Kelimpahan dan interaksi saling menguntungkan antara komunitas mikroba tanah dengan tanaman dapat menunjang pertum-

buhan dan perkembangan tanaman (Ohiwal *et al.* 2017; Syarifain *et al.*, 2019). Timmusk *et al.* (1999) menyatakan bahwa bakteri yang terdapat pada tanah dapat menghasilkan hormon yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman (fitohormon) baik secara langsung meningkatkan pertumbuhan tanaman serta sebagai fasilitator dalam penyerapan berbagai unsur hara dari lingkungan dan secara tidak langsung melalui mekanisme penghambatan organisme patogen pada tanaman oleh fitohormon yang dihasilkan.

Rizobakteri penambat N dan pelarut P pada area perakaran tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas berbagai tanaman sekitar 25% serta dapat meningkatkan efisiensi pemupukan hingga 25%. Efektivitas pupuk hayati sangat bergantung pada ketersediaan bahan organik dan eksudat akar (Simarmata *et al.*, 2013; Raina *et al.*, 2020). Selain itu, kehadiran rhizobakteri penambat dan pelarut P berperan sebagai penghasil hormon pemacu tumbuh (PGPR) (Raina *et al.*, 2020; Setiwati *et al.*, 2019). PGPR mampu menghasilkan hormon auksin (IAA), giberelin, dan sitokinin. Kehadiran mikroba tersebut pada rhizosfir tanaman juga berperan sebagai perlindungan biologi bagi tanaman (*bioprotector*) (Setiawati *et al.*, 2019; Pratiwi *et al.*, 2016)

Mikroba menguntungkan berperan penting dalam perbaikan kesehatan tanah, ketersediaan unsur hara bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dominasi rhizobakteri menguntungkan pada sistem perakaran dapat berdampak positif terhadap ekosistem rhizosfir. Interaksi dan kelimpahan isolat rhizobakteri penambat nitrogen (BPN) dan pelarut fosfat (BPF) di rhizosfir tanaman diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan bibit tanaman kelapa sawit.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dari bulan Januari hingga Mei 2020 di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Tempat penelitian berada pada ketinggian 752 meter di atas permukaan laut. Tanah yang digunakan

sebagai media tanam adalah Inceptisol dengan tekstur liat berdebu, pH= 5,78, C-organik= 1,89%, N-total= 0,19%, P₂O₅ tersedia=13,13 ppm, dan KTK = 14,98 cmol kg⁻¹. Kelimpahan mikroba tanah relatif baik (3,68 x 10⁸ CFUg⁻¹ bakteri total, 1,24 x 10⁸ CFUg⁻¹ penambat N dan 1,32 x 10⁸ CFUg⁻¹ Pelarut P). Secara umum tanah tersebut termasuk kategori kesuburan rendah-sedang.

Alat yang digunakan di lapangan dan di laboratorium dalam percobaan ini antara lain adalah sekop, cangkul, kored, timbangan, *polybag*, timbangan analitik, label penanda perlakuan, (kantong plastik, meteran, emrat, jangka sorong, klorofil meter *Apogee CCM-200 plus*, *ring sample* modifikasi (panjang 30 cm dan diameter 2 cm), *coolbox*, pH meter, labu erlenmeyer, botol kocok, (tabung reaksi, cawan petri, *autoclave*, *Laminar Air Flow Vortex Mixer H-VM-300*, dan mikropipet

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini meliputi pupuk hayati dari rhizobakteri penambat N (RPN) sebanyak 3 isolat yaitu kode 3B (hutan primer), 11B (hutan bera), 13B (TBM Kelapa Sawit) dan rhizobakteri pelarut P (RPF) sebanyak 3 isolat yaitu kode 20C1 (rizosfer kelapa sawit TM 2008), 5C1 (hutan alami), dan 34C1 (TM 2010) yang diperoleh melalui penjarangan dengan pengambilan sampel tanah, bibit tanaman kelapa sawit *main nursery* Tenera Varietas Sungai Pancur umur 4 bulan, pupuk organik (campuran kompos blotong, abu sawit, dolomit), pupuk urea, pupuk SP-36, pupuk KCl, tanah sebagai media tanam, media *Nutrient Agar*, media *Pikovskaya*, media *Ashby*, alkohol 70%, NaCl 0,85%, *aquadest*, *Antrachol*; dan *Deltametrin*.

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 9 perlakuan yang diulang 3 kali. Berikut perlakuan yang diujikan:

- A = Tanpa perlakuan (kontrol)
- B = Konsorsium BPN dosis 3 kg ha⁻¹
- C = Konsorsium BPN dosis 6 kg ha⁻¹
- D = Konsorsium BPN dosis 9 kg ha⁻¹,
- E = Konsorsium BPN dosis 12 kg ha⁻¹
- F = Konsorsium BPN + BPF dosis 3 kg ha⁻¹
- G = Konsorsium BPN + BPF dosis 6 kg ha⁻¹
- H = Konsorsium BPN + BPF dosis 9 kg ha⁻¹

I = Konsorsium BPN + BPF dosis 12 kg ha⁻¹

Media tanam menggunakan tanah lapisan atas (0-30 cm) dari ordo Inceptisols. Sebelumnya tanah dikeringanginkan dan disaring pada ayakan 5 mm. Sebanyak 9 kg tanah kemudian dicampurkan dengan 1 kg amelioran (kompos, biochar dan aditif) dan dimasukkan dalam *polybag* (ukuran 40 x 50 cm). Selanjutnya dilakukan penanaman satu bibit kelapa sawit (berumur 4 bulan) pada lubang tanam dengan kedalaman sekitar 20-30 cm yang telah diberi inokulan rhizokteri sesuai dengan perlakuan + pupuk SP-36. Pupuk urea (75% rekomendasi) dan KCl (100% rekomendasi) diaplikasikan satu bulan sekali dengan membuat 2 lubang tugal berjarak 5-10 cm dari bibit.

Tanaman ditempatkan di lahan terbuka. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman dua kali sehari jika hari hujan. Penyiangian dilakukan secara manual dengan mencabut gulma yang tumbuh di dalam dan luar *polybag* menggunakan tangan atau dapat menggunakan kored. Pengendalian hama dilakukan secara manual dengan mengambil hama yang terlihat. Pengendalian penyakit dilakukan dengan mengaplikasikan fungisida Antrachol berbahan aktif *Propineb* dengan konsentrasi 2 g L⁻¹ menggunakan botol semprot pada permukaan daun bibit.

Parameter yang diamati ialah populasi rhizobakteri penambat nitrogen (RPN) dan

populasi rhizobakteri pelarut fosfat (RPF) pada 4, 8, 12, dan 16 minggu setelah perlakuan (MSP), tinggi tanaman (cm), kandungan klorofil daun (CCI) menggunakan klorofil meter pada 16 MSP. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan *ring sampler* tanah modifikasi T dengan panjang 30 cm dan diameter 2,5 cm. Penghitungan populasi mikroba menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) yang dilakukan setiap satu bulan sekali.

Analisis data dilakukan secara statistik dengan terlebih dahulu dilakukan uji normalitas data dengan Kolmogorov-Smirnov sebelum uji beda nyata. Jika perlakuan yang berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji lanjut jarak berganda Duncan taraf 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Populasi Bakteri Total

Pemberian inokulan rhizobakteri memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kelimpahan bakteri total pada 4, 8, 12 dan 16 MSP (Tabel 1). Kelimpahan bakteri total hingga minggu ke 16 masih relatif tinggi 1,88 - 4,64 x 10⁸ CFU g⁻¹ tanah. Dibandingkan populasi bakteri awal (3,68 x 10⁸ CFU g⁻¹) terdapat kenaikan populasi bakteri sekitar 88%. Pemberian amelioran sebagai pupuk dasar dan eksudat mampu meningkatkan aktivitas dan populasi pada rhizosfir (Simarmata *et al.*, 2019; Syarifain *et al.*, 2019).

Tabel 1 Efek Pemberian Inokulasi Rhizobakteri Penambat N (RPN) dan Pelarut P (RPF) terhadap Kelimpahan Bakteri Total di Perakaran Bibit Kelapa Sawit pada 4, 8, 12, dan 16 MSP

Dosis Inokulan (ha ⁻¹)	Populasi (x 10 ⁸ CFUg ⁻¹)			
	4 MSP	8 MSP	12 MSP	16 MSP
A= 0 kg (Kontrol)	4,78 ab	2,76 a	2,19 ab	2,42 ab
B= 3 kg RPN	4,26 ab	4,06 ab	2,46 ab	2,84 ab
C = 6 kg RPN	5,57 ab	5,33 bc	2,94 b	4,64 c
D = 9 kg RPN	5,18 ab	6,50 c	2,13 ab	3,94 bc
E =12 kg RPN	3,50 ab	5,18 bc	1,70 ab	2,98 abc
F = 3 kg RPN + RPF	5,68 b	5,68 bc	1,26 a	3,24 abc
G = 6 kg RPN + RPF	2,78 a	5,81 bc	1,53 a	1,81 a
H = 9 kg RPN + RPF	3,16 ab	4,24 ab	1,80 ab	3,18 abc
I= 12 kg RPN + RPF	3,16 ab	4,98 bc	2,41 ab	3,78 bc

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa pola kenaikan popuasi bakteri total hanya terlihat

pada minggu ke 8 dan 16. Populasi bakteri pada minggu ke 4 dan 12 berbeda tidak nyata

dengan kontrol. Pemberian 6-12 kg inokulan RPN atau 3 - 6 kg RPN + RPF memberikan populasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol pada minggu ke 8, sedangkan pada minggu ke 16, populasi yang lebih tinggi dibandingkan kontrol diperoleh pada pemberian 6 kg RPN. Dinamika populasi mikroba berkaitan erat dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Syarifain *et al.*, 2019).

3.2 Kelimpahan RPN dan RPF

Pemberian inokulan RPN dan RPF berpengaruh nyata terhadap kenaikan populasi rhizobakteri penambat N (Tabel 2), dan bakteri pelarut P pada 4, 8, 12 dan 16 MST (Tabel 3). Pemberian 3-6 kg inokulan RPN atau 3 kg RPN

dan RPF mampu menghasilkan populasi yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Secara keseluruhan Tabel 1 menunjukkan bahwa populasi bakteri penambat N hingga minggu ke 16 termasuk tinggi ($1,3-2,44 \times 10^8$ CFU g⁻¹).

Pola yang relatif sama terlihat pada perkembangan kelimpahan RPN dan RPF. Inokulasi RPN dan RPF menghasilkan populasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol pada minggu ke 4 sedangkan pada minggu ke 8 berbeda tidak nyata. Selanjutnya pada minggu ke 12 dan ke 16 tampak bahwa inokulasi 9 kg RPN + RPF menghasilkan populasi RPF yang berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 3). Inokulasi RPF mampu meningkatkan aktivitas dan kelimpahan mikroba tersebut pada sistem perakaran tanaman kelapa sawit.

Tabel 2 Efek Pemberian Inokulan Rhizobakteri Penambat N (RPN) dan Pelarut P (RPF) terhadap Kelimpahan RPN di Perakaran Bibit Kelapa Sawit pada 4, 8, 12, dan 16 MSP

Dosis Inokulan (ha ⁻¹)	Populasi ($\times 10^8$ CFUg ⁻¹)			
	4 MSP	8 MSP	12 MSP	16 MSP
A= 0 kg (Kontrol)	1,40 a	2,63 abc	0,91 a	1,60 ab
B= 3 kg RPN	2,18 b	2,82 bcd	1,62 b	1,74 ab
C = 6 kg RPN	2,14 b	3,18 d	0,93 a	2,42 b
D = 9 kg RPN	2,82 c	2,98 cd	1,24 ab	2,44 b
E =12 kg RPN	2,97 c	2,88 bcd	1,06 ab	1,30 a
F = 3 kg RPN + RPF	4,02 d	2,21 a	1,29 ab	1,77 ab
G = 6 kg RPN + RPF	1,96 ab	2,81 bcd	2,22 c	1,30 a
H = 9 kg RPN + RPF	1,41 a	2,59 abc	1,22 ab	2,26 ab
I= 12 kg RPN + RPF	2,92 c	2,48 ab	1,13 ab	2,30 ab

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Tabel 3 Efek Pemberian Inokulan Rhizobakteri Penambat N (RPN) dan Pelarut P (RPF) terhadap Kelimpahan RPF di Perakaran Bibit Kelapa Sawit pada 4, 8, 12, dan 16 MSP

Dosis Inokulan (ha ⁻¹)	Populasi ($\times 10^8$ CFUg ⁻¹)			
	4 MSP	8 MSP	12 MSP	16 MSP
A= 0 kg (Kontrol)	1,27 ab	1,71 ab	0,15 ab	1,76 a
B= 3 kg RPN	0,96 a	1,21 a	0,03 a	2,82 ab
C = 6 kg RPN	2,10 bc	1,62 ab	0,01 a	2,97 ab
D = 9 kg RPN	2,01 abc	2,17 b	0,19 ab	2,97 ab
E =12 kg RPN	3,42 de	1,36 a	0,07 ab	2,54 ab
F = 3 kg RPN + RPF	3,56 e	1,70 ab	0,13 ab	2,81 ab
G = 6 kg RPN + RPF	1,98 abc	1,78 ab	0,16 ab	1,97 a
H = 9 kg RPN + RPF	2,44 cd	1,58 ab	0,41 b	3,33 b
I= 12 kg RPN + RPF	2,65 cde	1,65 ab	0,25 ab	2,73 ab

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3 kandungan bahan organik dalam *carrier* pupuk

hayati dan pemberian amelioran sebagai pupuk dasar mampu meningkatkan aktivitas

mikroba tanah. Peningkatan populasi BPF ini sejalan dengan pernyataan Panhwar *et. al.* (2013), bahwa penambahan bahan organik pada area rizosfer tanaman dapat memberikan pengaruh positif terhadap populasi bakteri pelarut P. Hasil kajian menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik berkaitan erat dengan kenaikan C-organik dan aktivitas biota tanah (Danapriatna dkk., 2012; Simarmata dkk., 2017). Menurut Sutedjo (1996) dalam Mukrin dkk. (2019) ketersediaan bahan organik di dalam tanah berperan sebagai sumber energi bagi perkembangan mikroorganisme karena dapat menyediakan unsur-unsur penting yang dibutuhkan mikroorganisme.

3.3 Tinggi Tanaman dan Kandungan Klorofil

Inokulasi RPN dan RPF memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata terhadap tinggi tanaman pada 4, 8, 12 dan 16 MSP tetapi berpengaruh terhadap kandungan klorofil (Tabel 4). Tampilan tanaman secara visual memperlihatkan bahwa tanaman yang diberi inokulan relatif lebih hijau dibandingkan dengan kontrol. Peningkatan kandungan klorofil menyebabkan warna daun lebih hijau

dan meningkatkan aktivitas fotosintesis (Song & Banyo, 2011; Setyanti, dkk., 2013; Gitelson *et. al.*, 2003). Secara ringkas terdapat kenaikan aktivitas RPN dan RPF perakaran tanaman (Tabel 2 dan Tabel 3) memberi kontribusi terhadap perbaikan kualitas pertumbuhan tanaman.

Lebih lanjut data Tabel 4 menunjukkan bahwa inokulasi rizobakteri berpengaruh nyata terhadap kandungan klorofil daun kelapa sawit. Inokulasi dengan dosis 12 RPN kg ha^{-1} menunjukkan kandungan klorofil tertinggi dengan nilai 56,96 CCI dan berbeda nyata dengan kontrol. Pemberian inokulan 3 kg RPN + RPF atau 9 kg RPN + RPF masih menghasilkan kandungan klorofil yang relatif tinggi walaupun berbeda tidak nyata dengan kontrol.

Warna daun menjadi salah satu aspek yang diperhatikan pada tanaman karena warna daun paling baik menunjukkan status nutrisi tanaman (Furuya, 1987). Daun yang terlihat hijau menandakan bahwa tanaman tersebut memiliki nutrisi seperti kandungan nitrogen (N) yang tercukupi, sehingga potensi produktivitas akan semakin tinggi (Cen *et. al.*, 2006).

Tabel 4 Efek Pemberian Inokulan Rhizobakteri Penambat N (RPN) dan Pelarut P (RPF) terhadap Tinggi Tanaman (cm) dan Kandungan Klorofil (CCI)

Dosis Inokulan (ha^{-1})	Tinggi tanaman (cm)				Kandungan Klorofil (CCI) 16 MSP
	4 MSP	8 MSP	12 MSP	16 MSP	
A= 0 kg (Kontrol)	33,25 a	34,99 a	36,11 a	37,77 ab	31,95 abc
B= 3 kg RPN	31,62 a	33,11 a	33,91 a	35,15 a	39,43 bc
C = 6 kg RPN	36,04 a	38,28 a	39,58 a	41,08 ab	24,03 ab
D = 9 kg RPN	35,38 a	36,48 a	38,23 a	41,13 ab	21,56 a
E =12 kg RPN	34,83 a	36,93 a	38,60 a	41,56 ab	56,96 d
F = 3 kg RPN + RPF	35,88 a	38,77 a	40,54 a	43,53 b	43,10 cd
G = 6 kg RPN + RPF	34,40 a	36,25 a	39,65 a	42,96 b	22,16 a
H = 9 kg RPN + RPF	33,86 a	34,76 a	35,36 a	37,10 ab	44,26 cd
I= 12 kg RPN + RPF	34,01 a	35,50 a	37,00 a	37,60 ab	24,50 ab

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

4. KESIMPULAN

Pemberian inokulan rizobakteri penambat N (RPN) dan pelarut fosfat (RPF) mampu meningkatkan kelimpahan mikroba tanah (bakteri total, RPN dan RPF) pada rhizobioma

tanaman kelapa sawit. Kelimpahan mikroba hingga minggu ke 16 masih relatif tinggi yakni sekitar $1,81 - 4,64 \times 10^8 \text{ CFUg}^{-1}$. Jika dibandingkan dengan populasi mikroba tanah awal, terjadi kenaikan kelimpahan mikroba sekitar 2

kali lipat dari populasi tanah awal. Inokulasi rhizobakteri memberikan kontribusi terhadap kenaikan jumlah klorofil daun. Kandungan klorofil tanaman dengan inokulan 12 kg RPN atau 3 kg atau 9 kg inokulan RPN + RPF pada minggu ke 16 jauh lebih tinggi dibandingkan kontrol. Secara visual warna daun tanaman yang diberi inokulah relatif lebih hijau dan lebih baik, walaupun berbeda tidak bermakna pada tinggi tanaman. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa pemberian amelioran pada media tumbuh sangat penting untuk meningkatkan kelimpahan mikroba tanah pada rizobioma tanaman kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Board, N. 2012. Biofertilizers and Organic Farming. Published by NPCS. Kamla Nagar. Delhi. India.
- Cen, H., Y. Shao, H. Song, & Y. He. 2006. Non-destructive estimation of rape nitrogen status using SPAD chlorophyll meter. Proceeding 8th International Conference on Signal Processing. IEEE Xplore Press, China. p:16 – 20.
- Danapriatna, N., T. Simarmata, dan N. Zunani. 2012. Pemulihan kesehatan tanah sawah melalui aplikasi pupuk hayati penambat N dan kompos jerami padi. Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah. 3(2): 1-8.
- Fitriatin, B. N., F. H. Khumairah, M. R. Setiawati, P. Suryatmana, R. Hindersah, D. Herdiyantoro, & T. Simarmata. 2018. Evaluation of biofertilizer consortium on rice at different salinity levels. Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. 20 (4): 1102 – 1105.
- Furuya, S. 1987. Growth diagnosis of rice plants by means of leaf color. JARQ. Japan Agricultural Research Quarterly, 20(3): 147-153.
- Gitelson, A. A., Y. Gritz, & M. N. Merzlyak, 2003. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. Journal of Plant Physiology. 160(3) : 271-282.
- Kasno, A., & Anggria, L. 2017. Peningkatan Pertumbuhan kelapa sawit di pembibitan dengan pemupukan NPK. Jurnal Penelitian Tanaman Industri, 22(3): 107 - 114.
- Mukrin, Yusran, & B. Toknok. 2019. Populasi fungi dan bakteri tanah pada lahan agroforestri. Forestsains Journal, 16(2): 77-84.
- Song, A. N., dan Banyo, Y. 2011. Konsentrasi klorofil daun sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. Jurnal Ilmiah Sains. 11(2): 166-173.
- Ohiwal, M., R. Widyastuti, & S. Sabiham. 2017. Populasi mikrob fungsional pada rhizosfer kelapa sawit di lahan gambut riau. Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan. 19(2) : 74-80.
- Panhwar, Q. A., O. Radziah, U. A. Naher, and J. Shamshuddin. 2013. Effect of phosphate-solubilizing bacteria and organic acid on P solubilization from phosphate rock in aerobic rice. The Scientific World Journal. 2013(4): 272409
- Pratiwi E., R. Saraswati, D. Nursyamsi, L. A. Prananto. 2016. The current status and development of biofertilizer in Indonesia: a brief overview. 1st International Conference on Biofertilizers and Biopesticides. Taichung, Republic of China. Poster presentation.
- Raina, S.A., R. A. Bhat, H. Qadri, and A. Dutta. 2020. Values of biofertilizers for sustainable management in agricultural industries. Bioremediation and Biotechnology 2: 121-137.
- Setiawati, M. R., P. Suryatmana P., R. Hindersah, B. N. Fitriatin, A. Nurbaity, D. Herdiyantoro, N. N. Kamaluddin, and T. Simarmata. 2018. Characteristic and capability of plant growth Promoting endophytic bacteria of rice plant tissue in Saline ecosystem. Asian Jr. of Microbiol. Biotech. Env. Sc. 20(3): 791-797

- Setyanti, Y. H., S. Anwar, & W. Slamet. 2013. Karakteristik fotosintetik dan serapan fosfor hijauan alfalfa (*Medicago sativa*) pada tinggi pemotongan dan pemupukan nitrogen yang berbeda. *Animal Agriculture Journal*. 2 (1) : 86-96.
- Simarmata, T. 2013. Tropical Bioresources to support biofertilizer industry and sustainable agriculture in Indonesia. Invited and presented Paper for International Seminar on Tropical Bio-resources for Sustainable Bioindustry 2013; from Basic Research to Industry. Bandung, 30 – 31st October 2013.
- Simarmata, T, Hersanti, B. N. Fitriatin, M. R. Setiawati, T. Turmuktini and Purwanto. 2016. Application bioameliorant and biofertilizers to restore the paddy soils health, increase induced systemic resistance and the sustainability of rice productivity in Indonesia. *HAYATI Journal of Biosciences*. 23(4): 1-4.
- Simarmata, T., M. R. Setiawati, D. Herdiyantoro and B.N. Fitriatin. 2018. Managing of organic-biofertilizers nutrient based and water saving technology for restoring the soil health and enhancing the sustainability of rice production in Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 205 (2018) 012051.
- Simarmata, T., M. R. Setiawati, D. Herdiyantoro, I. P. Edriana, N. N. Kamaludin, and B. N. Fitriatin. 2019. Application of ameliorant and microbial fertilizer as bioagent for enhancing the health of rhizomicrobiome and yield of soybean on marginal soils ecosystem. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 393 (2019) 012044.
- Singh, T and Purohit, S. S. 2011. *Biofertilizers Technology*. Agrobios (India).
- Syarifain, R. I., E. D. Anggrainy, R. Sudirja, E. T. Sofyan and T. Simarmata. 2019. The change of microbial communities in rhizomicrobiome due to the land management. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 393 (2019) 012043.
- Timmusk, S., B. Nicander, U. Granhall, & E. Tillberg. 1999. Cytokinin production by *Paenibacillus polymyxa*. *Soil Biology and Biochemistry*. 31(13): 1847-1852.