

POTENSI BAKTERI PELARUT P DAN PENAMBAT N RHIZOSFER KELAPA SAWIT GAMBUT SAPRIK

Oil Palm Rhizosphere Phosphat Solubilizing and Diazotrof potency in Sapric Peat

Ida Nur Istina^{*1}, Happy Widiastuti² dan Benny Joy³

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau, Jl. Kaharudin Nasution No. 341 Padang Marpoyan
Pekanbaru 10210

²Pusat Penelitian Perkebunan Nusantara, Jl. Taman Kencana No. 1, Bogor 16151, Jawa Barat -
Indonesia

³Departemen Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang
KM.21, Sumedang 45363

Korespondensi : idanuristina@gmail.com

Diterima : 28 Agustus 2019 / Disetujui : 14 Juli 2020

ABSTRAK

Pemanfaatan pupuk hayati sangat berpotensi untuk menurunkan input produksi pada budidaya kelapa sawit khususnya pupuk. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan Bakteri Pelarut P dan Penambat N yang berpotensi sebagai bahan pupuk hayati dari rizosfer tanaman kelapa sawit. Penelitian dilakukan di lahan gambut saprik Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau dari bulan Juni sampai November 2014. Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan bor gambut pada bagian rizosfer dengan kedalaman sampai 20 cm. Isolasi dan karakterisasi dengan metode *pure plate* menggunakan media selektif N Ashby untuk penambatan N dan Pikovskaya untuk pelarutan P, sedangkan analisis fiksasi N dan pelarutan P dilakukan menggunakan HPLC dan spektrofotometer di Laboratorium mikrobiologi PT. RPN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah gambut saprik berpotensi sebagai sumber isolat bakteri pelarut P dan penambat N potensial. Jumlah isolat bakteri pelarut P yang berhasil diperoleh adalah 11 isolat sedangkan jumlah bakteri penambat N non-simbiotik adalah 6 isolat. Isolat bakteri pelarut P potensial asal Sungai Ara dengan kemampuan melarutkan P 329,94 ppm; sedangkan bakteri penambat N non-simbiotik potensial adalah asal Kuala Panduk dengan kemampuan fiksasi N 0,0293 mmol l⁻¹jam⁻¹.

Kata kunci : bakteri, pemupukan, tanah gambut

ABSTRACT

Utilization of biofertilizer is potential to decrease production inputs on oil palm cultivation, especially fertilizer expense. The research aimed to obtain Solubilizing P-Bacteria and Non-Symbiotic Fixing N bacteria which potential as biological fertilizer from oil palm rhizosphere. The research was conducted at Pelalawan sapric peat soil from June to November 2014. Soil samples were taken by using peat drill into 20 cm soil depth, while isolation and characterization used pure plate method by using the selective media N Ashby

for N fixation and Pikovskaya for P solubility. N fixation and P dissolution analyzed by using HPLC and spectrophotometer at PT. RPN microbiology laboratory. The results showed that sapric peat soil potentially utilize as microbial resource. The number of phosphate solubilizing bacteria isolates were 11 isolates, while the number of non-symbiotic nitrogen fixation bacteria inhibiting N *Azotobacter* sp. were 6 isolates. The potential isolate of P-solubilizing bacteria was Sungai Ara origin with the ability to dissolve P about 329.94 ppm; while the potential of non-symbiotic N-fixing bacteria was Kuala Panduk origin with N fixation ability $0.0293 \text{ mmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Keyword: bacteria, fertilizer, peat soil

PENDAHULUAN

Semakin menyempitnya luasan lahan produktif menyebabkan perluasan areal pertanian termasuk komoditas kelapa sawit mengarah pada lahan-lahan sub optimal seperti lahan gambut. Sampai tahun 2017 luasan perkebunan kelapa sawit di Indonesia meliputi 14 juta hektar (Direktorat Jendral Perkebunan, 2018), 1.7 juta hektar diantaranya diusahakan di lahan gambut (Rehman *et al.*, 2015). Pengembangan pertanian di lahan gambut dihadapkan pada berbagai kendala diantaranya derajat kemasaman, rendahnya ketersediaan hara bagi tanaman, kadar abu < 2 % (Masganti *et al.*, 2017) serta tata air yang tidak terkontrol (Mey, 2016; Nugroho & Sarwani, 2013). Selain itu juga adanya asam-asam fenolat yang bersifat racun bagi tanaman (Noor & Masganti, 2016). Untuk meningkatkan produktivitas lahan gambut diantaranya melalui pengelolaan tata air, pemadatan tanah, dan pemupukan.

Aplikasi pemupukan anorganik secara terus menerus dapat mengakibatkan menurunnya tingkat kesuburan tanah, keragaman biota tanah, rentannya tanaman terhadap serangan hama dan penyakit serta pencemaran produk pertanian yang berdampak pada kesehatan manusia (Savci, 2012), dan menyebabkan penurunan efisiensi input produksi. Hajjam & Cherkaoui

(2017) menyebutkan bahwa penggunaan pupuk kimia berbasis fosfat menyebabkan terjadinya polusi pada tanah dan air, dan apabila berinteraksi dengan unsur Mg, Ca, Fe akan mengendap dipermukaan tanah sehingga menyebabkan penurunan ketersediaan P. Upaya peningkatan efisiensi dan produktivitas lahan sub optimal adalah dengan pendayagunaan potensi biologi tanah yang berperan dalam peningkatan ketersediaan dan transformasi hara penunjang pertumbuhan tanaman (Herman, 2013).

Pemanfaatan mikroba potensial sebagai pupuk hayati meningkatkan efisiensi input produksi khususnya pemupukan (Ajmal *et al.*, 2018) melalui mekanisme interaksinya di rhizozfer untuk ketersediaan hara (Okur, 2018). Rhizozfer merupakan daerah yang dimana akar-akar tanaman berada dan melakukan aktivitasnya (Hartono & Oslan, 2014; Himawan, 2018). Kondisi rhizozfer dipengaruhi oleh keberadaan bahan organik yang dikeluarkan oleh akar dan merupakan sumber energi bagi mikroba termasuk bakteri untuk metabolismenya serta penyediaan hara. Jenis hara yang diambil oleh akar tanaman menentukan kondisi fisik dan kimiawi tanah dan berpengaruh terhadap kelimpahan jumlah dan jenis mikroba yang tumbuh di bawahnya. (Susanti & Surmaini, 2019) menyebutkan bahwa pada daerah rhizozfir bambu

memiliki keragaman mikroba yang tinggi yang berperan dalam pertumbuhan tanaman dan berperan sebagai pestisida hayati yang menekan serangan patogen. Lebih lanjut Istina *et al.* (2015) menyebutkan bahwa lahan gambut saprik berpotensi sebagai sumber mikroba pelarut fosfat yang berpotensi untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

Penggunaan mikroba baik pemfiksasi N₂ maupun pelarut P dapat mengurangi kebutuhan pupuk N dan P sehingga mengurangi biaya produksi dan sangat sesuai untuk perkebunan rakyat dengan kemampuan finansial terbatas. Selain itu, penggunaan mikroba secara simultan juga meningkatkan daya dukung lahan terhadap mikroba antagonis yang dapat menekan perkembangan penyakit lahan (Jnawali *et al.*, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan mikroba pelarut P dan penambat N yang berpotensi sebagai bahan baku pupuk hayati yang mampu meningkatkan efisiensi input produksi khususnya pupuk yang dirasakan mahal dan tidak terjamin ketersediaannya di lokasi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian telah dilaksanakan di Lahan Gambut yang ditanami Kelapa Sawit di Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau dari bulan Juni sampai November 2014 dengan metode survey. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada daerah perakaran kelapa sawit menggunakan bor gambut pada kedalaman 0-20 cm pada 9 titik pengamatan yang diambil secara acak pada tanah gambut saprik yang ada di sepanjang sungai (Ginting *et al.*, 2006). Untuk mengantisipasi terjadinya perubahan jumlah dan jenis mikroba, masing-masing sampel dimasukkan ke dalam plastik dan disimpan dalam dalam kotak pendingin hingga ke laboratorium. Selanjutnya sampel tanah dibersihkan dari kotoran dan batuan serta ditimbang sebanyak 100 g untuk selanjutnya dilakukan isolasi menggunakan medium Ashby bebas N (bakteri penambat N) dan pikovskaya (bakteri pelarut P) (Tabel1). Pengukuran sampel tanah dilakukan secara komposit di laboratorium tanah.

Tabel 1. Lokasi dan posisi pengambilan sampel tanah yang digunakan dalam penelitian

Kode	Lokasi	Koordinat		Ketinggian tempat (mdpl)
T1	Lubuk Ogong	N 00°10'00,2"	E 102°33'32,8"	10
T 2	Muara Sako	N 00°16'46'8"	E 101°41'10,1"	12
T 3	Pangkalan Kerinci	N 00°21'28'1"	E 101°48'43,5"	9
T 4	P. Kerinci	N 00°21'58'6"	E 101°52'13,4"	13
T 5	Sungai Ara	N 00°08'13'4"	E 101°32'39,1"	9
T 6	S. Ara	N 00°08'13,4"	E 101°32'39,2"	14
T 7	Kuala Panduk	N 00°12'16,2"	E 102°21'09,8"	3
T 8	Teluk Binjai	N 00°12'15,2"	E 102°21'09,5"	3
T 9	Teluk Binjai B	N 00°10'55,0"	E 102°31'31,3"	13

Isolasi dan karakterisasi bakteri pemfiksasi N non simbiotik dan pelarut fosfat dilaksanakan di Laboratorium

Bioteknologi PT Riset Perkebunan Nusantara menggunakan metoda plate

count pada medium selektif agar N Ashby dan Pikovskaya yang mengandung Ca_3PO_4 .

Isolasi dan karakterisasi Bakteri Penambat N

Sampel tanah sebanyak 2 g di diencerkan secara berseri dan ditumbuhkan pada media N Asby dan diinkubasikan pada suhu 30 °C dengan selama 4-7 hari hingga terbentuk pellicle pada permukaan media, selanjutnya pellicle yang terbentuk diisolasi pada media N asbhy dengan metode gores dan dihitung pertumbuhannya.

Bakteri yang diindikasikan sebagai bakteri penambat N non simbiotik ditumbuhkan pada media NFB (Nitrogen Free Broth) semi cair selama 3-4 hari, (Saraswati *et al.*, 2012). selanjutnya 2 ml ekstrak bakteri dimasukkan dalam botol-botol kecil ukuran 15 ml yang ditutup dengan dengan rapat menggunakan karet dan aluminium. Udara dalam botol dibuang 10 % nya dengan syringe dan dengan alat yang sama digantikan dengan gas acetylene sebanyak 10% dan diinkubasikan selama 1 jam. Gas asetilen yang terbentuk diambil 50 μL dan diinjeksikan ke dalam lubang Gas Chromatography-148 (GC) melalui kolom Poropak Q 80% dan chromatopac C-R6A. Kondisi temperatur kolom 35°C, injector 40°C, dan detector (FID) 200°C. Alat GC dikontrol oleh tekanan udara (100 Kpa), Hydrogen (100 Kpa) dan Nitrogen carrier/P (210 Kpa) dan Nitrogen carrier/M (200 Kpa). Parameter yang diamati meliputi warna koloni, morfologi koloni dan fiksasi N_2 (ARA, $\text{mmol}^{-1}\text{jam}^{-1}$) (Hawkes, 2001).

Isolasi dan karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat

2 g sampel tanah di diencerkan dalam akuadest secara berseri hingga 10^{-8} , selanjutnya diambil 1 ml menggunakan mikro pipet dan dimasukkan ke dalam cawan petri berisi media selektif pikovskaya. Bakteri yang tumbuh selanjutnya ditumbuhkan pada Pelarutan P diukur dengan melakukan analisis P Bray menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 700 nm. Serta dihitung dengan menggunakan rumus (Saraswati *et al.*, 2012)

$$\text{Kadar PO}_4 \text{ (ppm)} = \text{ppm kurva terlarut} \times \text{fp}$$

Keterangan:

Kurva = kadar contoh tanah yang diperoleh dari kurva hubungan antara deret standar dengan pembacaannya setelah koreksi blanko

fp = faktor pengenceran

Parameter yang diamati untuk bakteri P sebagai berikut : Warna koloni, Bentuk koloni, Diameter, Koloni (mm), Diameter Koloni+zone bening (mm), Pelarutan P (Bray) ppm (Saraswati *et al.*, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel tanah diambil dari rhizofir kelapa sawit yang tumbuh pada tanah gambut saprik sebanyak 9 titik di sepanjang tepi sungai Kampar (Tabel 1). Ke sembilan sampel diambil dari 6 daerah dengan elevasi yang cukup beragam yakni dari 3 sampai 14 m.

Karakteristik tanah yang diambil adalah berwarna hitam kecoklatan dan bereaksi masam (pH 3,5) yang disebabkan oleh

tingginya kandungan bahan organik dan asam-asam organik (Yondra & Nelvia, 2017) yaitu asam humat dan fenolat. Hasil isolasi bakteri pelarut fosfat menggunakan media Pikovskaya dengan sumber P dari Ca_3PO_4 , menunjukkan bahwa pada satu contoh tanah yang diambil dari rhizosfer tanaman kelapa sawit dapat dijumpai lebih dari 1 isolat, dengan warna merah, putih kuning dan kuning serta menghasilkan zona bening sebagai indikasi adanya pelarutan fosfat. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri pelarut fosfat dapat hidup pada lahan gambut cukup beragam dan dipengaruhi

oleh berbagai faktor diantaranya tersedianya substrat sebagai sumber bahan metabolismenya, pH, suhu, kelembaban dan tekstur tanah (Kiding *et al.*, 2015).

Hasil penelitian (Putri *et al.*, 2016) menyebutkan bahwa emisi CO₂ yang merupakan hasil dari kegiatan metabolisme mikroba lebih banyak pada daerah rhizosfir dibandingkan dengan non rhizosfir. Karakteristik isolate pelarut P yang ditemukan dirhizosfir tanaman kelapa sawit yang tumbuh pada tanah gambut saprik disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik isolate pelarut P hasil isolasi dari contoh tanah yang berhasil dimurnikan

Kode isolat	Diisolasi dari Pengenc.	Inkubasi (hr)	Warna koloni	Bentuk koloni	Diam. Koloni (mm)	Diameter Koloni+zona bening (mm)	Jari jari zona bening (mm)
T1.1	-4	2	PK	Bulat	3	5	1
T1.3	-4	2	M	Bulat	3	5	1
T2.3	-5	7	PK	Bulat	2	4	1
T3.2	-4	4	PK	Bulat	2	4	1
T3.5	-6	4	PK	Bulat	3	5	1
T4.4	-8	5	PK	Bulat	3	4	0,5
T4.7	-5	3	PK	Bulat	4	6	1
T4.8	-5	3	PK	Bulat	4	6	1
T5.1	-4	3	PK	Bulat	3	4	0,5
T6.1	-7	5	PK	Bulat	1,2	1,6	0,2
T9.1	-4	3	K	Bulat	5	10	2,5

Keterangan : PK=putih kuning; M= merah. K= kuning

Tabel 2 juga menunjukkan bahwa isolat yang berasal dari Teluk Binjai menunjukkan kemampuan yang paling tinggi. Pelarutan P yang ditandai oleh terbentuknya zona bening pada medium Pikovskaya pada umumnya muncul pada hari ke 2 sampai hari ke 7, dengan kepadatan populasi bakteri pelarut fosfat Antara 10^4 – 10^8 . Warna koloni berkisar antara putih, kuning, dan merah dan sebagian besar berwarna putih dan kuning. T9 memiliki diameter

koloni, dan diameter zona bening terbesar dibandingkan dengan isolat lainnya.

Populasi bakteri pelarut fosfat yang dijumpai di P. Kerinci (T4) cukup tinggi yaitu antara 10^{-4} - 10^{-8} . Daerah Pangkalan Kerinci mempunyai ketinggian tempat yang cukup tinggi yaitu 13 mdpl. Tabel 3 menunjukkan bahwa bakteri pelarut P dijumpai pada elevasi dengan variasi tinggi.

Tabel 3. Kemampuan melarutkan fosfat isolate dari masing-masing contoh tanah

Kode isolat	Diisolasi dari	Pelarutan P (Bray) ppm
T1.1	-4	92,25
T1.3	-4	75,08
T2.3	-5	105,1
T3.2	-4	98,02
T3.5	-6	132,9
T4.4	-8	106,27
T4.7	-5	85,3
T4.8	-5	127,8
T5.1	-4	329,94
T.6.1	-7	92,0
T.9.1	-4	169,5

Kemampuan pelarutan P di medium Pikovskaya dengan sumber P adalah Ca_3PO_4 , yang ditunjukkan oleh zona bening bervariasi antara 0,2 mm -1 mm dengan jumlah pelarutan antara 75,08 ppm-329,94 ppm.

Pada isolat asal Sungai Ara (T.5.1) yang memiliki kerapatan 10^4 memiliki kecepatan tumbuh dan diameter zona bening yang relative rendah, namun berdasarkan hasil

analisis terhadap pelarutan fosfat menunjukkan kemampuan melarutkan fosfat paling tinggi terdapat pada isolate yang berasal dari lokasi Teluk Binjai B (T.9.1) yaitu 329,94 ppm; namun demikian jumlah P terlarut oleh bakteri pelarut fosfat asal tanah gambut masih lebih rendah dibandingkan tanah PMK yaitu sebesar 473,6 ppm (Lestari *et al.*, 2011).

Tingginya fosfat terlarut diduga dikarenakan banyaknya jenis dan jumlah asam organik yang dihasilkan oleh isolat Asam organik tersebut akan bereaksi FePO_4 , yang membentuk khelat (kompleks stabil) dengan kation-kation pengikat P seperti Fe^{3+} (Yuli & Muklis, 2018), sehingga dapat menurunkan reaktivitas ion-ion dan menyebabkan pelarutan secara efektif sehingga P yang terfiksasi dapat tersedia untuk tanaman; selain itu juga dimungkinkan oleh kesesuaian tumbuh bakteri (Respati *et al.*, 2017). Bakteri akan tumbuh optimum pada pH netral.

Tabel 4. Isolat penambat N hasil isolasi dari masing-masing contoh tanah

Kode isolat	Diisolasi dari pengenc.	Inkubasi (hari)	Warna koloni	Morfologi koloni	Fiksasi N_2 (mmol/l/jam)
T1.1	-5	14	P	Bb	0,0203
T1.2	-4	5	P	Bb	0,0222
T3	-5	14	P	Bb	0,0206
T5	-4	5	P	Bb	0,0270
T6	-5	5	P	Bb	0,0193
T7	-5	5	P	Bb	0,0293

Keterangan : P = Putih; Bb = Bulat berlendir

Bagaimanapun juga sebanyak 18 isolat bakteri pelarut P tidak berhasil dimurnikan. Karakter masing-masing isolat tersebut disajikan dalam Tabel 4. Koloni dijumpai

isolat bakteri ini pada populasi yang relatif tinggi yaitu berkisar antara 10^4 sampai 10^8 , berukuran kecil demikian pula pelarutan P di medium Pikovskaya yang

ditunjukkan dengan adanya zona bening sangat tipis.

Hasil isolasi bakteri penambat N *non symbiotic* pada daerah rhizosfer tanaman kelapa sawit di lahan gambut kabupaten Pelalawan Provinsi Riau diperoleh 6 isolat yaitu berasal dari contoh 1, 3, 5, 6, dan 7 (Tabel 4). Bakteri penambat Nitrogen yang ditemukan di rhizosfir tanaman kelapa sawit lahan gambut Pelalawan Provinsi Riau pada umumnya berbentuk bulat dan berlendir. Hal ini seiring dengan hasil penelitian (Erfin *et al.*, 2016) bahwa bakteri penambat Nitrogen *Azotobacter* pada umumnya memiliki sel yang berbentuk bulat dan umumnya merupakan jenis gram negatif.

Jumlah bakteri penambat Nitrogen yang ditemukan di lokasi penelitian jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan hasil isolasi pada ekosistem hutan (Kaburuan *et al.*, 2014), hal ini diduga dikaitkan dengan ketersediaan eksudat yang diperlukan oleh bakteri untuk tumbuh dan berkembang, selain itu keberadaan *Azotobacter* sp. tampaknya juga tidak dipengaruhi oleh elevasi lahan, karena dijumpai pada elevasi yang cukup beragam. Walaupun demikian bakteri penambat N tidak berhasil diisolasi dari sample T2 (Muara Sako), T4 (Pangkalan Kerinci B5), dan T8 (Teluk Binjai) dan T9 (Teluk Binjai B).

Pada umumnya isolat tumbuh pada hari ke 5 dan beberapa isolat tumbuh setelah 14 hari inkubasi dan dijumpai pada pengenceran 10^{-5} . Hasil ini menunjukkan bahwa populasi *Azotobacter* sp. pada rhizosfir kelapa sawit relatif lebih rendah dibandingkan dengan bakteri pelarut P. Selain itu, masa inkubasi juga jauh lebih lama dibandingkan dengan bakteri pelarut P.

Koloni bakteri penambat N yang ditemukan berwarna putih keruh, hal ini seiring dengan penemuan (Nurmas *et al.*, 2014) yang menyebutkan bahwa ciri-ciri bakteri *Azotobacter* pada lahan ultisol adalah bentuk bulat, dan berwarna putih keruh, sedangkan *Azotobacter* yang ditemukan (Hartono & Oslan, 2014) pada pertanaman jagung dan padi di Sulawesi berwarna transparan sampai kekuningan, lebih lanjut (Erfin *et al.*, 2016) menemukan *Azotobacter* pada tanaman komba-komba memiliki bentuk oval dan berwarna merah muda lebih lanjut disebutkan bahwa perbedaan warna ini ditentukan oleh pewarnaan. Bakteri *Azotobacter* sp. juga dicirikan dengan adanya polisakarida yang berfungsi untuk menahan kekeringan. Hasil analisis reduksi asetilen menunjukkan bahwa kemampuan penambatan N isolat hasil isolasi adalah berkisar antara, $0,0193$ sampai $0,0293$ $\text{mmol l}^{-1} \text{jam}^{-1}$ dan isolat asal desa Kuala Panduk (T7) adalah isolat yang mempunyai kemampuan penambatan N tertinggi diikuti dengan isolat asal Sungai Ara (T5) meskipun jauh lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Nurmas (2014) yaitu sebesar 2 mmol. Hal ini menunjukkan bahwa isolat asal Kuala Panduk (T7) dan Sungai Ara (T5) berpotensi sebagai bahan baku biofertiliser untuk mengurangi input produksi khususnya nitrogen dan toleran lahan masam (Muklis, 2020)

SIMPULAN

1. Jumlah isolat bakteri pelarut P yang berhasil diperoleh adalah 11 isolat sedangkan jumlah bakteri penambat N *Azotobacter* sp. adalah 6 isolat.

2. Isolat bakteri pelarut fosfat asal Sungai Ara berwarna kuning, berbentuk bulat, diameter koloni dan zona bening 4 mm dengan kemampuan melarutkan P 329,94 ppm dan asal Teluk Binjai yang berwarna kuning, berbentuk bulat, diameter koloni dan zona bening 10 mm 169,5 ppm; sedangkan bakteri penambat N non simbiotik asal Kuala Panduk yang berwarna putih dengan morfologi bulat berlendir dengan kemampuan fiksasi N $0,0293 \text{ mmol}^{-1}\text{jam}^{-1}$ berpotensi sebagai bahan aktif pupuk hayati

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada SMARTD melalui program KKP3N yang telah memberikan dana, Heri Widiyanto dan Jakoni yang telah membantu terlaksananya kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajmal Maria, Hafiza Iqra Ali, Rashid Saeed, Asna Aktar, Muniba Tahir, M.Z.M. & A.A.(2018). Biofertilizer as an Alternative for Chemical Fertilizers. *Research & Reviews: Journal of Agriculture and Allied Sciences*. [Online] 7 (1), 1–7. Available from: <http://www.rroj.com/open-access/biofertilizer-as-an-alternative-for-chemical-fertilizers.php?aid=86649>.
- Direktorat Jendral Perkebunan (2018) *Program Pembangunan Perkebunan*.(2018).[Online] Available from: <http://ditjenbun.pertanian.go.id>.
- Erfin, Sandiah, N. & Malesi, L.(2016). Identifikasi bakteri Azospirillum dan Azotobacter pada rhizosfer asal komb-komba (*Chromolaena odorata*). *Jitro*. 3 (2).
- Erni Susanti, Elza Surmaini, & W.E. (2019). Parameter Iklim sebagai Indikator Peringatan Dini Serangan Hama Penyakit Tanaman. *Sumberdaya lahan*. 12 (1), 59–70.
- Ginting, R.C.B., Saraswati, R. & Husen, E. (2006). Mikroorganisme pelarut fosfat. *Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian: Bogor*. 149.
- Hajjam, Y. & Cherkaoui, S. (2017). The influence of phosphate solubilizing microorganisms on symbiotic nitrogen fixation: Perspectives for sustainable agriculture. *Journal of Materials and Environmental Science*. 8 (3), 801–808.
- Hawkes, C. (2001). Acetylene reduction method for measuring nitrogenase activity tested by Christine Hawkes. (2010, Juni 14). Retrieved from http://www.biosci.utexas.edu/IB/faculty/hawkes/lab/protocols/acetylene_r
- Hartono dan Oslan Jumadi (2014) Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Penambat Nitrogen Non Simbiotik Pengekskresi Amonium Pada Tanah Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.) dan Padi (*Oryza sativa* L.) Asal Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan, Indonesia. *Jurnal Sainsmat*. [Online] III (2), 143–153. Available from: <http://ojs.unm.ac.id/index.php/sainsmat>.
- Herman, M. dan D.P (2013). Pengaruh Mikroba Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Dan Serapan Hara P Benih Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Effect Of Phosphate Solubilizing Microbes On The Growth And. *Balitri*. 129–138.
- Himawan, A.H.G.M. (2018). Deteksi Bakteri Rhizosfer Kelapa Sawit Di Tanah Mineral Menggunakan Metode Pcr-Risa. *Agroista*. 02 (01), 73–82.

- Istina Ida Nur, Happy Widiastuty, Benny Joy & Merry Antralina. (2015). Phosphate Solubilizing Microbe from Saprist Peat Soil and Their Potency to Enhance Oil Palm Growth and P Uptake. *Procedia Food Science*. V3. DO.10.1016/j.profo.2015.01.047
- Jnawali A.D., Roshan Babu Ojha, S.M. (2015). Evaluation of Maize Nutrient Contents in a Maize/Cowpea Intercropping Systems in South Africa. *Advances in Plants & Agriculture Research*. [Online] 2 (6), 250–253. Available from: doi:10.15406/apar.2015.02.00069.
- Kaburuan R., Hapsah & Gusmawartati. (2014). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Penambat Nitrogen Non-Simbiotik Tanah Gambut Cagar Biosfer Giam Siak Kecil-Bukit Batu. 5 (1), 35–39.
- Kiding, A., Khotimah, S. & Linda, R. (2015). Karakterisasi dan Kepadatan Bakteri Nitrifikasi pada Tingkat Kematangan Tanah Gambut yang Berbeda Di Kawasan Hutan Lindung Gunung Ambawang Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Protobion*. 4(1), 17–21.
- Lestari, W., Linda, M. & Martina, A. (2011). Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Isolat Asal Sei Garo dalam Penyediaan Fosfat Terlarut dan Serapannya pada Tanaman Kedelai (Capability of Phosphate Solubilizing Bacteria from Sei Garo in Soluble Phosphate and its Uptake by Soybean). *Biospecies*. [Online] 4 (2), 15. Available from: doi:10.7498/aps.64.064206.
- Lestari Y. & Muklis. (2018). Prospect of phosphate solubilizing micro organisms for acid sulphate soil bioremediation. *Proceeding Of International Workshop And Seminar Innovation of Environmental-Friendly Agricultural Technology Supporting Sustainable Food Self-Sufficiency*. 265-274
- Masganti, Khairil Anwar, Maulia Aries Susanti. (2017). Potensi dan Pemanfaatan Lahan Gambut Dangkal untuk Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan Vol. 11 No. 1, Juli 2017*; 43-52
- Mey Saragih, J. (2016). *Pengelolaan Lahan Gambut di Perkebunan Kelapa Sawit di Riau Management of Peatland at Oil Palm Plantation in Riau*. *Bul. Agrohorti*. 4 (3).
- Muklis. (2020). Mikroba Tanah Rawa dan Pemanfaatannya sebagai Biofertiliser dan Bioremediator. <http://www.repository.pertanian.go.id/bitstream/handle/12Microb:174-197>
- Noor Muhammad & Masganti, F.A. (2016). *Lahan gambut Indonesia - Pembentukan, karakteristik, dan potensi mendukung ketahanan pangan (Edisi revisi) (English translation: Peatland Indonesia - Formation, characteristics, and potential to support food security (reviewed edition))*. Agus, FA, Markus Anda, Ali Jamil, M. (ed.) Revisi II,. Jakarta, IAARD Pres.
- Nugroho, K. dan & Sarwani, M. (2013). Characterizing the cultivated lowland peat soils in two physiography positions in Kalimantan, Indonesia. [Online] 3 (7), 246–255. Available from: <http://www.interestjournals.org/IRJAS>.
- Nurmas, A., Rahman, A. & Khaeruni, D.A.N.A. (2014). Eksplorasi Dan Karakterisasi Azotobacter Indigenous Lokal Di Lahan Marjinal Exploration and Characterization of Indigenous Azotobacter for biofertilizer Development of Local Upland Rice of Marginal Land. *Agroteknos*. 4 (2), 128–134.
- Okur, N. (2018). A Review: Bio-Fertilizers-Power of Beneficial Microorganisms

- in Soils. *Biomedical Journal of Scientific and technical research*. Volume 4 (4), 2. Available from: doi:10.26717/BJSTR.2018.04.001076
- Putri, T., Syaufina, L. & Anshari, G. (2016). Emisi Karbon Dioksida (CO₂) Rizosfer dan Non Rizosfer dari Perkebunan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) pada Lahan Gambut Dangkal. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Volume 40 (1), 43–50. Available from: doi:10.2017/jti. v 40i1. 6174.
- Rehman, S.A., Ur Rehman, Supiandi Sabiham, Untung Sudadi and Syaiful Anwar .(2015). Impacts of Oil Palm Plantations on Climate Change: A Review of Peat Swamp Forests' Conversion in Indonesia. *International Journal of Plant & Soil Science*. Volume 4 (1), 1–17. Available from: doi:10.9734/IJPSS/ 2015/11848.
- Respati, N.Y. Yulianti, E. & Rakhmawati, A. .(2017). Kemampuan Pelarutan Fosfat Oleh Bakteri Termofilik Pada Variasi Suhu Dan Ph. 144–145. *Jurnal Prodi Biologi*. 6 (7), 423–430. Available from: <http://journal.student.uny.ac.id/ojs/ojs/index.php/biologi/article/viewFile/7864/74>
- Saraswati, E. Husen, R.D.M. Simanungkalit. (2012). Metode Analisis Biologi Tanah. Badan Penelitian dan pengembang an Pertanian Kementerian Pertanian. 299 hal.
- Savci, S. (2012). *Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment*. *APCBEE Procedia*. Volume 1, pp.287–292. Available from: doi:10.1016/j.apcbee.2012.03.047
- Yondra & Nelvia, W. (2017). Kajian Sifat Kimia Lahan Gambut Pada Berbagai Landuse. *Jurnal Agric*. Volume 29 (25), 103–112. ejournal.uksw.edu