

SKRIPSI

**POPULASI BAKTERI METANOTROF DI RIZOSFER
KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)
PADA LAHAN PASANG SURUT**

**POPULATION OF METHANOTROPH BACTERIA AT
OIL PALM (*Elaeis guineensis* Jacq.) RHIZOSPHERE
ON TIDAL LAND**



**Rendy Kurnia Joan Manofa
05121007088**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2016**

S
579.307
Pen
P
2016

31023 / 31669

SKRIPSI

**POPULASI BAKTERI METANOTROF DI RIZOSFER
KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)
PADA LAHAN PASANG SURUT**

**POPULATION OF METHANOTROPH BACTERIA AT
OIL PALM (*Elaeis guineensis* Jacq.) RHIZOSPHERE
ON TIDAL LAND**



**Rendy Kurnia Joan Manofa
05121007088**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2016**

SUMMARY

RENDY KURNIA JOAN MANOFA. Population of Methanotroph Bacteria at Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Rhizosphere on Tidal Land (Supervised by Nuni Gofar and Agus Hermawan).

Tidal Land was one of wetlands that contributor to emissions of methane gas (CH_4) when anaerobic conditions. Inappropriate land management will lead to increased emissions of greenhouse gases in the atmosphere. Plant rooting area was the central activity of soil microbe because exudates produced a source of nutrition for microbes. Methanotroph bacteria was aerobic microorganisms that were able to oxidize methane. The ability of methanotroph bacteria to oxidize methane because they had methane monooxygenase enzyme (MMO). This research was aimed to know population of methanotroph bacteria from root zone areas of oil palm on tidal land at Sungai Dua Village, Banyuasin, South Sumatera and the relationship of methanotroph bacteria populations with some chemical attributes of soil (pH, C-organic and N-total). This research was carried out in the laboratories of physics, chemistry and fertility of the soil, the Faculty of agriculture, University of Sriwijaya. While soil samples was taken from the tidal land, palm oil plantation in the Sungai Dua Village, Banyuasin, South Sumatera and carried out from October-December 2015. The samples were taken by used survey methode at oil palm fields. Methanotroph bacteria were isolated from oil palm rhizosphere, disc of oil palm, the outside of the disc and areas not planted with oil palm. Isolation of methanotroph bacteria was done with use the selective agar medium NMS (*Nitrate Mineral Salt*) added 1 % methanol, at a temperature of 27°C and the calculation of methanotroph bacteria has done by plate count methode. The relationship of methanotroph bacteria with chemical attributes analyzed with regression test and correlation. The Population of methanotroph bacteria was in the range of 6,33-6,90 log cfu g^{-1} soil, and the highest population was found from the sample soil from rhizosphere zone and disc of oil palm. Based on the results of the regression and correlation showed that soil PH, C-organic and N-total not correlated with population of methanotroph bacteria.

Keywords : *Methanotroph bacteria, CH_4 , Tidal land.*

RINGKASAN

RENDY KURNIA JOAN MANOFA. Populasi Bakteri Metanotrof di Rizosfer Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada Lahan Pasang Surut (Dibimbing oleh Nuni Gofar dan Agus Hermawan).

Lahan pasang surut merupakan salah satu lahan basah penyumbang emisi gas metana (CH_4) saat kondisi anaerobik. Pengelolaan lahan yang tidak tepat akan menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca di atmosfer. Area perakaran tanaman adalah pusat aktivitas mikroba tanah karena eksudat-eksudat yang dihasilkan menjadi sumber nutrisi bagi mikroba. Bakteri metanotrof merupakan mikroorganisme aerob yang mampu mengoksidasi metana. Kemampuan bakteri metanotrof dalam mengoksidasi metana dikarenakan memiliki enzim metan monooksigenase (MMO). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui populasi bakteri metanotrof dari beberapa zona perakaran dan pemupukan kelapa sawit pada lahan pasang surut, serta hubungan antara populasi bakteri dengan sifat kimia tanah (pH tanah, C-organik dan N-total). Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika, Kimia dan Kesuburan Tanah, sedangkan contoh tanah diambil dari lahan pasang surut perkebunan kelapa sawit di Desa Sungai Dua, Banyuasin, Sumatera Selatan dan dilaksanakan dari bulan Oktober-Desember 2015. Metode yang digunakan untuk penentuan titik contoh tanah dilakukan dengan metode survei. Bakteri metanotrof diisolasi dari rhizosfer kelapa sawit, piringan, di luar piringan dan daerah yang tidak ditanami kelapa sawit. Isolasi bakteri metanotrof dilakukan menggunakan medium agar selektif NMS (Nitrate Mineral Salt) + 1 % metanol, diinkubasi pada suhu 27°C . Penghitungan koloni bakteri metanotrof dilakukan dengan metode cawan hitung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi bakteri metanotrof berkisar antara 6,33 - 6,90 log cfu g^{-1} tanah dan populasi tertinggi ditemukan dari contoh tanah yang berasal dari zona rizosfer dan piringan kelapa sawit. Berdasarkan hasil analisis regresi dan korelasi menunjukkan bahwa pH tanah, C-organik dan N-total berkorelasi tidak nyata dengan populasi bakteri metanotrof.

Kata kunci : bakteri metanotrof, CH_4 , lahan pasang surut

SKRIPSI

**POPULASI BAKTERI METANOTROF DI RIZOSFER
KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) PADA
LAHAN PASANG SURUT**

***POPULATION OF METHANOTROPH BACTERIA AT
OIL PALM (*Elaeis guineensis* Jacq.) RHIZOSPHERE
ON TIDAL LAND***

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian**



**Rendy Kurnia Joan Manofa
05121007088**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

**POPULASI BAKTERI METANOTROF DI RIZOSFER
KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) PADA
LAHAN PASANG SURUT**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Pertanian**

Oleh:

**Rendy Kurnia Joan Manofa
05121007088**

Inderalaya, September 2016

Pembimbing 1



Prof. Dr. Ir. Nuni Gofar, M.S.
NIP. 196408041989032002

Pembimbing II



Dr. Ir. Agus Hermawan, M.T.
NIP. 196808291993031002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Erizal Sodikin

NIP. 196002111985031002

Skripsi dengan judul “Populasi Bakteri Metanotrof di Rhizosfer Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada Lahan Pasang Surut” oleh Rendy Kurnia Joan Manofa telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 Agustus 2016 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan dari tim penguji.


Komisi Penguji

- | | | |
|--|------------|--------------|
| 1. Prof. Dr.Ir. Nuni Gofar, M.S.
NIP. 196408041989032002 | Ketua | (M) |
| 2. Dr.Ir. Agus Hermawan, M.T.
NIP. 196808291993031002 | Sekretaris | Agus |
| 3. Dr. Ir. Adipati Napoleon, M.S.
NIP. 196204211990031002 | Anggota | Adipati |
| 4. Dr. Ir. Abdul Madjid Rohim, M.S.
NIP. 196110051987031023 | Anggota | Abdul Madjid |
| 5. Ir. Yaswan Karimuddin, M.S.
NIP. 195608091983031004 | Anggota | Yaswan |

Inderalaya, September 2016

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya**


Dr. Ir. Erizal Sodikin
NIP. 196002111985031002

**Ketua Program Studi
Agroteknologi**


Dr. Ir. Munandar, M.Agr.
NIP. 196012071985031005

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rendy Kurnia Joan Manofa

NIM : 05121007088

Judul : Populasi Bakteri Metanotrof di Rizosfer Kelapa Sawit
(*Elaeis guineensis* Jacq.) pada Lahan Pasang Surut

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam skripsi ini merupakan hasil pengamatan saya sendiri di bawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya. Apabila dikemudian hari ditemukan unsur plagiasi dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Rendy Kurnia Joan Manofa

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Swt, Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan laporan skripsi dengan judul “Populasi Bakteri Metanotrof di Rizosfer Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada Lahan Pasang Surut”. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada **Prof. Dr. Ir. Nuni Gofar, M.S.** dan **Dr. Ir. Agus Hermawan, M.T.** selaku pembimbing skripsi dan praktek lapangan, serta **Ir. H. Djak Rahman, M.S.** selaku pembimbing akademik atas kesabaran, perhatian dan motivasinya dalam memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya juga penulis tujukan kepada kedua Orang Tua (Papa dan Mama), kakak (Robert Joan Manofa), Adik (Raffy Joan Manofa) dan sahabat (Raynaldo Aristiawan Pratama) atas doa, semangat dan dorongannya yang begitu besar dalam penyusunan laporan penelitian berlangsung. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya juga penulis ucapkan kepada sahabat dan rekan-rekan Agroekoteknologi (Febri, Indra, Alex, Agah, Beni, Dede, Zulkarnain, Koming, Yulia, Erita dan Resty) atas waktu, tenaga dan saran yang telah diberikan kepada penulis dalam membantu menulis laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dalam penulisan, maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun yang bersifat memperbaiki. Semoga penelitian dan laporan ini dapat memberikan manfaat bagi orang lain. Dalam hidup yang utama adalah bagaimana kita dapat menjadi pribadi yang baik dan berguna bagi orang lain. Karena sebaik-baiknya manusia adalah ia yang bermanfaat bagi orang lain.

Indralaya, Oktober 2016

Penulis

Universitas Sriwijaya

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan.....	3
1.3. Manfaat.....	3
1.4. Hipotesis.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Lahan Pasang Surut	4
2.2. Kelapa Sawit	5
2.3. Emisi Gas Metana (CH ₄).....	5
2.4. Bakteri Metanotrof	7
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN	10
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	10
3.2. Alat dan Bahan	10
3.3. Metode.....	10
3.4. Cara Kerja	11
3.4.1. Persiapan	11
3.4.2. Pengambilan Contoh Tanah	11
3.4.3. Isolasi Bakteri Metanotrof.....	11
3.5. Pengamatan	12
3.6. Analisis Data	12
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1. Kondisi Umum	13
4.2. Analisis Sifat Kimia Tanah	13
4.3. Isolasi Bakteri Metanotrof.....	15

4.4. Keragaman Populasi Bakteri Metanotrof	18
4.5. Analisis Regresi dan Korelasi Populasi Metanotrof dengan pH, C-organik dan N-total	21
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	26
5.1. Kesimpulan	26
5.2. Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	31

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Ciri bakteri Metanotrof	8
Tabel 4.1. Hasil Analisis Sifat Kimia Tanah (pH, C-organik dan N-total).....	14
Tabel 4.2. Sumber, Populasi dan Morfologi Koloni Bakteri Metanotrof.....	16
Tabel 4.3. Populasi Bakteri Metanotrof di Beberapa Zona Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Pasang Surut (log cfu g ⁻¹ tanah)	18

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Reaksi Oksidasi Metan dan Asimilasi Formaldehid	9
Gambar 4.1. Morfologi koloni bakteri metanotrof pada media NMS agar : (a) isolat asal zona rhizosfer, (b) isolat asal zona piringan, (c) isolat asal zona luar piringan dan (d) isolat asal zona tidak ditanami kelapa sawit.	17
Gambar 4.2. Populasi bakteri metanotrof pada beberapa zona tanaman kelapa sawit di lahan pasang surut	19
Gambar 4.3. Grafik Regresi Antara Populasi Bakteri Metanotrof dengan pH tanah	21
Gambar 4.4. Grafik Regresi Antara C-organik (g kg^{-1}) terhadap Populasi Bakteri Metanotrof	22
Gambar 4.5. Grafik Regresi antara N-total (g kg^{-1}) terhadap Populasi Bakteri Metanotrof	23

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Luas areal pasang surut di Indonesia mencapai 20,11 juta ha dan belum ada upaya pengelolaan lahan marginal pasang surut secara optimal. Pada umumnya lahan pasang surut lebih banyak digunakan sebagai lahan untuk menanam padi atau perkebunan kelapa sawit. Hal ini dikarenakan karakteristik tanaman tersebut yang dapat tumbuh pada kondisi lahan yang tergenang dan pH rendah.

Emisi gas rumah kaca (GRK) tertinggi adalah gas CO_2 dan diikuti setelahnya kontribusi dari gas CH_4 (metan) yang menyumbangkan dampaknya sebesar 15% terhadap pemanasan global (Suprihati *et al.*, 2006). Penelitian yang dilakukan oleh Seno *et al.* (2009), menunjukkan bahwa lahan basah merupakan salah satu sumber emisi gas CH_4 dengan kontribusi sekitar 109 Gigaton CH_4/th .

Selain lahan pasang surut, Indonesia juga memiliki lahan basah berupa lahan gambut. Pengelolaan lahan yang tidak tepat akan menyebabkan emisi CO_2 dan CH_4 ke atmosfer. Proses emisi pada lahan gambut tidak berhenti sesudah pembukaan hutan. Selama masa budidaya tanaman kelapa sawit, emisi dalam jumlah tinggi tetap terjadi disebabkan berlangsungnya proses dekomposisi gambut oleh mikroorganisme metanogenik (Puji, 2009).

Emisi gas rumah kaca merupakan salah satu faktor penyebab peristiwa pemanasan global atau disebut juga dengan *global warming*. Gas-gas rumah kaca itu memiliki fungsi seperti atap rumah kaca yang mampu meneruskan gelombang panjang yang dihasilkan oleh matahari, namun karena gas-gas rumah kaca yang terdapat di atmosfer menyebabkan gelombang inframerah yang seharusnya dipantulkan kembali oleh bumi tertahan dan menyebabkan kenaikan suhu bumi. Jenis gas teridentifikasi sebagai gas rumah kaca adalah karbondioksida (CO_2), metan (CH_4) dan nitrogen-oksida (N_2O).

Emisi gas metan (CH_4) ke atmosfer dapat berlangsung secara alami atau adanya kegiatan manusia. Secara alami emisi gas metan berasal dari lahan rawa dan lahan gambut, dalam penelitian hampir 90% emisi gas metan (CH_4) yang dilepaskan ke atmosfer dihasilkan oleh tumbuhan pada lahan yang tergenang dan

sisanya dilepaskan melalui gelembung air. Hal ini karena bakteri penghasil CH_4 lebih aktif pada saat kondisi lingkungan anaerob (sedikit oksigen), gas CH_4 merupakan hasil sampingan dari proses dekomposisi bahan organik yang dilakukan oleh bakteri metanogen (Seno *et al.*, 2009).

Bakteri metanogen merupakan salah satu kelompok mikroorganisme yang mampu menghasilkan gas metan (CH_4) dalam proses metabolismenya. Secara taksonomis metanogen termasuk ke dalam golongan *Archaea methanogen*, yang banyak terdapat di lahan rawa, sedimen danau, sawah, saluran pencernaan hewan dan kotoran ternak (sapi, kerbau, kuda, babi dan kambing). *Archaea* memiliki kondisi dinding sel yang unik sehingga *archaea* dapat ditemukan pada habitat yang sangat ekstrim, seperti kondisi sangat kedap udara, salinitas tinggi, bahkan pada temperatur tinggi (100°C) (Yazid dan Aris, 2011).

Pada kondisi anaerob, terutama pada lahan pasang surut dengan kondisi tergenang akan menghasilkan emisi gas CH_4 lebih banyak dibandingkan dengan kondisi lahan pasang surut kering, karena aktivitas bakteri metanogen yang tinggi saat lahan dalam kondisi tergenang atau anaerob. Pengelolaan lahan yang tidak tepat juga akan menyebabkan terbentuknya emisi gas CH_4 lebih banyak.

Meskipun penggunaan lahan marginal basah seperti lahan pasang surut sangat banyak diminati dalam usaha budidaya tanaman kelapa sawit, karena karakteristik lahan yang sesuai, tetap masih perlu dilakukan penelitian tentang dampak baik atau buruknya terhadap lingkungan karena pembukaan lahan basah, seperti lahan pasang surut. Hal ini karena aktifitas yang terjadi tidak hanya di atas permukaan tanah namun juga terjadi di dalam tanah oleh mikroorganisme yang mendekomposisi bahan atau senyawa organik.

Bakteri metanotrof merupakan salah satu jenis mikroba tanah yang mampu mengoksidasi senyawa gas metan. Bakteri metanotrof memiliki enzim monooksigenase yang digunakan dalam proses oksidasi metan. Bakteri yang aktif pada kondisi aerobik ini memiliki peran penting dalam siklus gas metan dan menjadi solusi untuk mengurangi emisi gas metan di udara (Hapsary, 2008).

Upaya penurunan emisi gas rumah kaca menjadi hal yang perlu diperhatikan oleh semua pihak. Kesadaran akan bahaya gas rumah kaca perlu dimulai dari pihak-pihak yang memberi kontribusi terhadap emisi gas rumah kaca, bukan

hanya dari bidang industri pabrikan, pengolahan sampah, transportasi, bahkan bidang pertanian. Pemerintah juga perlu menetapkan aturan yang dapat diaplikasikan dengan tegas juga dibutuhkan dalam membangun upaya penurunan emisi gas rumah kaca dalam menghadapi isu *global warming*.

1.2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui populasi bakteri metanotrof dari beberapa zona sekitar area pemupukan dan perakaran kelapa sawit pada lahan pasang surut di daerah Banyuasin, Sumatera Selatan serta hubungan populasi bakteri dengan beberapa sifat kimia tanah (pH, C-organik dan N-total).

1.3. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang mikroba yang mampu mengoksidasi gas CH₄ (metan) pada lahan pasang surut perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq).

1.4. Hipotesis

1. Ditemukan variasi populasi bakteri metanotrof pada beberapa zona sekitar perakaran kelapa sawit.
2. Ada korelasi yang nyata antara populasi bakteri metanotrof dengan pH tanah, C-organik dan N-total.

DAFTAR PUSTAKA

- Anang MF. 2014. Karakterisasi, Kesesuaian Lahan dan Teknologi Kelapa Sawit Rakyat Di Rawa Pasang Surut Kalimantan Tengah. *J. Penelitian Pertanian Terapan*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Tengah. 14(2): 97-105.
- Ardi DS., Undang K., Mamat HS., Wiwik H. dan Diah S. 2006. *Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa*. Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Departemen Pertanian, Bogor.
- Asrianto. 2015. *Komunitas Arkaea Metanogen dan Emisi Gas Metana (CH₄) Di Lahan Sawah Yang Diberi Pupuk Hayati Bakteri Metanotrof*, Tesis S2 (Published). Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2006. *Karateristik dan Pengelolaan Lahan Rawa*. Departemen Pertanian, Bogor.
- Balai Penelitian Tanah. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah Tanaman Air dan Pupuk*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian, Bogor.
- Dubey SK., Sinha ASK dan Singh JS. 2002. Differential Inhibition of CH₄ Oxidation in Bare Bulk and Rhizosphere Soils of Dryland Rice Field by Nitrogen Fertilizers. Banaras Hindu University. *Basic Appl. Ecol.* 3: 347-355.
- Dwi DA. 2009. *Karakterisasi Fisiologi dan Identifikasi Molekuler Isolat-Isolat Bakteri Metanotrof Asal Sawah Wilayah Bogor dan Sukabumi*, Skripsi S1(Published). Departemen Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Fitria R., Delita Z. dan Bernadeta LF. 2013. *Enumerasi Total Populasi Mikroba Tanah Gambut di Teluk Meranti Kabupaten Riau*. Program Studi Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Binawidya Pekanbaru.
- Hapsary W. 2008. *Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Metanotrof Asal Sawah di Bogor dan Sukabumi*, Skripsi S1 (Published). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Khairani. 2009. *Aktivitas Oksidasi Metan Bakteri Metanotrof Asal Lahan Sawah pada Konsentrasi Oksigen yang Berbeda*, Tesis S2 (Published). Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- Knief C., Andre L. dan Peter FD. 2003. Diversity and Activity of Methanotropic Bacteria in Different Upland Soils. *American Society for Microbiology*. 69(11): 6703-6714.
- Kurniasari O., Enri D., Tri P. dan Edwan K. 2014. Tanah Penutup *Landfill* Menggunakan Sampah Lama sebagai Media Oksidasi Metana untuk Mengurangi Emisi Gas Metana. *J. Bumi Lestari*. 14(1): 46-52.
- Margareth M. 2011. *Isolasi dan seleksi bakteri metanotrof pemfiksasi nitrogen dari sawahdi sragen jawa tengah*, Skripsi S1 (Published). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mu'minin UK. 2014. *Pengaruh Penambahan Nitrit Nitrat dan Amonium terhadap Aktivitas Oksidasi Metana pada Media Kompos*, Skripsi S1 (Published). Fakultas Biologi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nuraisha SH. 2011. *Aktivitas Fiksasi Nitrogen dan Oksidasi Metan Kultur Campuran Bakteri Metanotrof pada Lumpur Sawah*, Skripsi S1(Published). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Oktarianti RAJ. 2014. *Identiikasi Bakteri Pengoksidasi Metana dan Gen Fungsional Isolat dari Tanah Sawah dan Gambut*, Skripsi S1 (Published). Departemen Biokimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Permana IP. 2011. *Aktivitas Fiksasi Nitrogen dan Oksidasi Metan Kombinasi Biakan Azotobacter Sp., Azospirillum Sp., dan Bakteri Metanotrof*, Skripsi S1 (Published). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Puji EH. 2009. *Emisi Karbondioksida (CO₂) dan Metan (CH₄) pada Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut yang Memiliki Keragaman dalam Ketebalan Gambut dan Umur Tanaman*, Disertasi S3 (Published). Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Purwaningsih S. 2009. Populasi Bakteri *Rhizobium* di Tanah pada beberapa Tanaman dari Pulau Buton Kabupaten Muna Propinsi Sulawesi Selatan. *J.Tanah Trop*. 14(1): 65-70.
- Rahmansyah M. 2010. Aktivitas Mikroba Metanotrof Lahan Gambut dan Perannya Dalam Menahan Emisi Gas Rumah Kaca. Sumber Daya Lingkungan. Program Insentif Penelitian Dan Perencanaan. LIPI.
- Rusdiana O dan Rinal SL. 2012. Pendugaan Korelasi antara Karakteristik Tanah terhadap Cadangan Karbon (*Carbon Stock*) pada Hutan Sekunder. *J.Silvikultur Tropika*. 3(1): 14-21.

- Saputri N. 2015. *Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Metanotrof Endofit dan Filosfer Tanaman Padi*, Skripsi S1 (Published). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Saraswati R., Edi H. dan Simanungkalit RDM. 2007. *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Seno A., Fadliah S., Tuti S., Titin H., Hartini, Nana S., Mubekti dan Gatot H. 2009. Emisi Karbon Lahan Basah, Pertanian dan Kehutanan di Indonesia. *J. Teknik Lingkungan*. Edisi Khusus:1 -12.
- Setyanto P. 2008. Perlu Inovasi Teknologi Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca dari Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Deptan. *Surat Kabar Sinar Tani*. 28-29 April.
- Sudana W. 2005. Potensi dan Prospek Lahan Rawa sebagai Sumber Produksi Pertanian. Balai Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Bogor, Juni 2005. 3(2): 141-151.
- Sukmawati. 2015. *Efektivitas Pemberian Bakteri Metanotrof dan Ochrobacterium anthropi Terhadap Penurunan Emisi Gas CH₄ dan N₂O dan Pemacuan Pertumbuhan Padi di Dataran Rendah*, Tesis S2 (Published). Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Suprihati, Iswandi A., Daniel M., Supiandi S dan Gunawan D. 2006. Fluks Metana dan Karakteristik Tanah pada Beberapa Macam Sistem Budidaya. *Bul. Agron*. 34(3): 181-187.
- Sutanto H. 2013. *Efektivitas Bakteri Metanotrof dan Bakteri Pereduksi N₂O sebagai Pupuk Hayati pada Pertumbuhan Padi di Sawah Organik*, Skripsi S1 (Published). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wicaksono T., Sairi G. dan Ismahan U. 2015. Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah pada Beberapa Cara Penggunaan Lahan di Desa PAL IX Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. *Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura*, Pontianak.
- Widyati E. 2011. Kajian Optimasi Pengelolaan Lahan Gambut dan Isu Perubahan Iklim. Puslitbang Konservasi dan Rehabilitasi. *J. Tekno Hutan Tanaman*. 4(2): 57-68.
- Yazid M. dan Aris B. 2011. Seleksi Mikroba Metanogenik Menggunakan Irradiasi Gamma Untuk Peningkatan Efisiensi Proses Digesti Anaerob Pembentukan Biogas. *J. Iptek Nuklir Ganendra*, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan. BATAN, Yogyakarta. 14(1): 47-55.

Yulianti N. 2009. *Cadangan Karbon Lahan Gambut dari Argoekosistem Kelapa Sawit PTPN IV Ajamu Kabupaten Labuhan Batu Sumatera Utara*, Tesis S2 (Published). Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.