

SKRIPSI

POPULASI BAKTERI DENITRIFIKASI DI RIZOSFER KELAPA SAWIT PADA LAHAN PASANG SURUT

***THE DENITRIFYING BACTERIA POPULATION IN
PALM OIL RHIZOSPHERE AT TIDAL LAND***



**Indra Gumelar
05121007073**

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

SKRIPSI

POPULASI BAKTERI DENITRIFIKASI DI RIZOSFER KELAPA SAWIT PADA LAHAN PASANG SURUT

***THE DENITRIFYING BACTERIA POPULATION IN
PALM OIL RHIZOSPHERE AT TIDAL LAND***

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



**Indra Gumelar
05121007073**

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

RINGKASAN

INDRA GUMELAR. Populasi Bakteri Denitrifikasi di Rizosfer Kelapa Sawit Pada Lahan Pasang Surut (Dibimbing oleh **NUNI GOFAR** dan **AGUS HERMAWAN**).

Lahan pasang surut merupakan lahan marginal yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai areal budidaya kelapa sawit. Kondisi drainase yang terhambat dapat mengakibatkan terjadinya proses denitrifikasi. Gas nitrous oxide (N_2O) yang dihasilkan saat denitrifikasi dapat menyebabkan konsekuensi terhadap lingkungan dan pertanian yakni hilangnya unsur hara nitrogen pada tanah, pemanasan global dan dapat juga merusak lapisan ozon. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari populasi bakteri denitrifikasi pada rizosfer kelapa sawit berbagai umur yang ditanam di lahan pasang surut dan hubungannya dengan pH, C-organik dan N-total. Penelitian ini dilaksanakan di lahan agroekosistem kelapa sawit milik perusahaan swasta berada pada wilayah administrasi Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan pada bulan Agustus sampai November 2015. Contoh tanah diambil dengan metode survei pada lahan yang ditanami kelapa sawit. Bakteri denitrifikasi diisolasi dari rizosfer kelapa sawit, piringan kelapa sawit, di luar piringan dan daerah yang tidak ditanami kelapa sawit. Isolasi bakteri denitrifikasi dilakukan menggunakan medium agar selektif yaitu medium denitrifikasi, pada suhu $27^{\circ}C$ dan penghitungan koloni dilakukan dengan metode cawan hitung. Hubungan antara populasi bakteri metanotrof dengan sifat kimia tanah dianalisis dengan uji regresi dan korelasi. Perhitungan jumlah populasi bakteri denitrifikasi menggunakan koloni counter. Peubah yang diamati adalah populasi bakteri denitrifikasi di laboratorium, pH tanah, C-organik dan N-total. Selain itu juga dikumpulkan data sekunder di lapangan seperti sejarah pemupukan, penggunaan lahan dan umur tanaman. Populasi bakteri denitrifikasi diuji dengan menggunakan uji F RALF taraf 0,5% dan diuji lanjut dengan menggunakan uji BNJ 0,5%. Hubungan antara populasi bakteri denitrifikasi dengan pH, C-organik dan N-total di analisis dengan regresi korelasi. Hasil perhitungan menunjukkan di lokasi penelitian ditemukan variasi bakteri denitrifikasi dimana populasi terbanyak $8,30 \log \text{ spk}^{-1}$ terdapat pada zona luar piringan pada umur tanaman kelapa sawit 8 tahun, sedangkan populasi bakteri denitrifikasi terendah $7,22 \log \text{ spk}^{-1}$ terdapat di zona lahan yang tidak ditanami kelapa sawit pada umur 3 tahun. Berdasarkan hasil regresi dan korelasi, populasi bakteri denitrifikasi berkorelasi tidak nyata dengan pH tanah, C-organik dan N-total.

Kata kunci: Bakteri Denitrifikasi, Lahan pasang surut.

SUMMARY

INDRA GUMELAR. The Denitrifying Bacteria Population in Palm Oil Rhizosphere at Tidal Land (Supervised by **NUNI GOFAR** and **AGUS HERMAWAN**).

Tidal land is marginal land that could be developed as an area of oil palm cultivation. Impeded drainage conditions cause denitrifying process. Nitrous oxide (N_2O) generated during denitrifying was cause consequences to the environment and agriculture, loss of nitrogen in the soil, global warming and also damage the ozone layer. This research was conducted to study about the population of denitrifying bacteria in the rhizosphere of palm oil on various ages which were planted at tidal land and its relationship with pH, C organic and total N. The research was conducted on palm oil agroecosystem land of private company that is located in the Banyuasin regency administrative area of South Sumatera from August until November 2015. The soil samples were taken by survey method on the land which was planted by palm oil. Denitrifying bacteria isolated from the rhizosphere of palm oil, palm oil disc, outside the disc and area which was not planted by palm oil. Isolation of denitrifying bacteria was performed using denitrifying agar as the medium, at a temperature of $27^\circ C$ and colony counting was done by counting plate method. The relationship between the metanotrophic bacterial population with soil chemical properties were analyzed with regression and correlation. The population calculation of denitrifying bacteria using colony counter. Measured variable were the population of denitrifying bacteria in the laboratory, soil pH, C organic and total N. In addition, secondary data collected in the field such as the history of fertilization, land use and age of the plant. The population of denitrifying bacteria was analyzed by factorial completely randomized design on the level of 0.5% and was further analyzed by using HSD 0.5%. The relationship between the population of denitrifying bacteria with pH, C organic and total N were analyzed by correlation regression. The calculations result showed that in the location of the research found various denitrifying bacteria where the highest population was 8,30 log spk-1 which was in the palm oil canopy out zone at the age of 8 years, while the lowest population of denitrifying bacteria was 7.22 log spk-1 which was contained in uncultivated by palm oil zone at age of 3 years. Based on the results of regression and correlation, the population of denitrifying bacteria unreal correlated with soil pH, C organic and total N.

Keywords : *denitrifying bacteria, tidal land*

LEMBAR PENGESAHAN

**POPULASI BAKTERI DENITRIFIKASI DI
RHIZHOSFER KELAPA SAWIT PADA LAHAN
PASANG SURUT**

***THE DENITRIFYING BACTERIA POPULATION IN
PALM OIL RHIZOSPHERE AT TIDAL LAND***

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Pertanian

Oleh:

**Indra Gumelar
05121007073**

Indralaya, September 2016

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian



Skripsi dengan judul "Populasi Bakteri Denitrifikasi di Rizosfer Kelapa Sawit pada Lahan Pasang Surut" oleh Indra Gumelar telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 07 September 2016 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan dari tim penguji.

Komisi Penguji

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

Ketua (.....)

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

Sekretaris (.....)

3. Ir. Yaswan Karimuddin, M.S.
NIP. 195608091983031004

Anggota (.....)

4. Dr. Ir. Abdul Madjid Rohim, M.S.
NIP. 196110051987031023

Anggota (.....)

5. Erise Anggraini, S.P., M.Si.
NIP. 198902232012122001

Anggota (.....)

Indralaya, 07 September 2016

Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya



Dr. Ir. Erizal Sodikin
NIP. 196002111985031002

Ketua Program Studi
Agroekoteknologi



Dr. Ir. Munandar, M.Agr
NIP 196012071985031005

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indra Gumelar

NIM : 05121007073

Judul : Populasi Bakteri Denitrifikasi di Rizosfer Kelapa Sawit pada Lahan Pasang Surut.

Menyatakan bahwa seluruh data dan informasi yang dimuat dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri di bawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya 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.



Indralaya, September 2016



[Indra Gumelar]



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Palembang pada tanggal 30 Maret 1995. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, putra dari pasangan Ayah Dedi Junaedi S,ST dan Ibu Ida Royani.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN 2 Indralaya pada tahun 2006, sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Indralaya pada tahun 2009, dan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Indralaya Utara pada tahun 2012. Penulis melanjutkan pendidikannya di Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2012. Sekarang tercatat sebagai mahasiswa Agroekoteknologi Peminatan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.

Tahun 2014 penulis dipercaya menjadi kepala divisi bidang olahraga di Himpunan Mahasiswa Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian dan pada tahun 2015 penulis dipercaya menjadi Ketua Umum Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Jadilah pribadi yang berguna buat sesama. Hal terindah dalam hidup ini adalah ketika kita dapat memberikan apa yang kita punya sehingga dapat membuat orang lain tersenyum dan bahagia.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahhirobbila'lamin penulis panjatkan atas nikmat kesehatan jasmani dan rohani yang telah diberikan oleh Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi dengan judul "**Populasi Bakteri Denitrifikasi di Rhizosfer Kelapa Sawit pada Lahan Pasang Surut**".

Skripsi ini penulis buat tidak hanya sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana, tetapi juga untuk memberikan refrensi kepada pembaca mengenai proses dalam melakukan penelitian populasi bakteri denitrifikasi di rhizosfer kelapa sawit pada lahan pasang surut. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT, terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu **Prof. Dr. Ir. Nuni Gofar, M.S** dan Bapak **Dr. Ir. Agus Hermawan, M.T.** selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Bapak **Ir. Yaswan Karimuddin, M.S.,** Bapak **Dr. Ir. Abdul Madjid Rohim, M.S.,** dan Ibu **Eriese Anggraini, S.P., M.Si.** yang telah berkenan menjadi penguji skripsi penulis serta telah memberikan bimbingan dan pengarahannya dalam penyusunan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang mendasar dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu kami mengundang pembaca untuk memberikan saran serta kritik yang dapat membangun. Kritik konstruktif dari pembaca sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan laporan ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita sekalian.

Indralaya, September 2016

Penulis

Universitas Sriwijaya

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3. Manfaat	3
1.4. Hipotesis.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Lahan Rawa pasang Surut.....	4
2.2 Kelapa Sawit	5
2.2.1. Syarat Tumbuh Kelapa Sawit	5
2.2.2. Pemupukan	6
2.3. Bakteri Denitrifikasi.....	8
BAB 3 PELAKSANAAN PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu	12
3.2. Alat dan Bahan.....	12
3.2.1. Alat	12
3.2.2. Bahan	12
3.3. Metode	13
3.4. Cara Kerja	13
3.4.1. Kegiatan di Lapangan.....	13
3.4.1.2. Pengambilan Sampel Tanah.....	13
3.4.2. Kegiatan di Laboratorium.....	14
3.4.2.1. Isolasi media.....	14
3.4.2.2. Penanaman Bakteri.....	14
3.4.2.3. Perhitungan Populasi Bakteri	14

3.5. Pengamatan	15
3.6. Analisis Data	15

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Umum	16
4.2. Analisis Sifat Kimia	16
4.3. Isolasi Bakteri Denitrifikasi	18
4.4. Dinamika Populasi Bakteri Denitrifikasi	20
4.5. Hubungan Antara Sifat Kimia Tanah Dengan Populasi Bakteri Denitrifikasi	22
4.5.1. Hubungan Antara pH tanah dengan Populasi Bakteri Denitrifikasi	22
4.5.2. Hubungan Antara C-Organik dengan Populasi Bakteri denitrifikasi ..	23
4.5.3. Hubungan Antara N-Total dengan Populasi Bakteri Denitrifikasi	24

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	27
5.2. Saran.....	27

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Proses reduksi nitrat bakteri DNRA.....	10
Gambar 4.1. Foto bakteri denitrifikasi.....	19
Gambar 4.2. Grafik regresi dan korelasi antara pH tanah dengan populasi bakteri denitrifikasi	23
Gambar 4.3. Grafik regresi dan korelasi antara C-organik dengan populasi bakteri denitrifikasi.....	24
Gambar 4.4. Grafik regresi dan korelasi antara N-total dengan populasi bakteri denitrifikasi.....	25

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Sifat-sifat umum tanah pasang surut.....	4
Tabel 4.1. Hasil analisis beberapa sifat kimia.....	17
Tabel 4.2. Populasi bakteri denitrifikasi pada beberapa umur tanaman dan beberapa zona sekitar kelapa sawit pada lahan rawa pasang surut.....	18
Tabel 4.3. pengaruh berbagai umur tanaman dan zona pada pengamatan terhadap populasi bakteri denitrifikasi.....	20

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Hasil data uji F

Lampiran 2. Kriteria penilaian sifat kimia tanah

Lampiran 3. Regresi C-organik dengan populasi bakteri denitrifikasi

Lampiran 4. Regresi pH dengan populasi bakteri denitrifikasi

Lampiran 5. Regresi N-total dengan populasi bakteri denitrifikasi

Lampiran 6. Foto-foto kegiatan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lahan pasang surut merupakan lahan marginal yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai areal budidaya kelapa sawit. Potensi tersebut didasarkan pada karakteristik lahan maupun luasannya. Menurut Suriadikarta (2005), penciri umum dari lahan pasang surut adalah muka air tanah yang dangkal serta drainase yang buruk dari kategori sangat terhambat hingga tergenang. Kondisi drainase terhambat akan mengakibatkan dampak buruk bagi tanaman, karena terjadi proses denitrifikasi (Winarna *et al.*, 2014).

Denitrifikasi merupakan proses dimana nitrat direduksi menjadi nitrit, nitrit oksida, nitrous oksida, dan terakhir terbentuk gas dinitrogen. Madigan *et al.*, (2009) bakteri denitrifikasi adalah kelompok bakteri yang memiliki kemampuan untuk melakukan reaksi reduksi senyawa nitrat (NO_3^-) menjadi senyawa nitrogen bebas (N_2).

Menurut Mandigan *et al.* (2012) denitrifikasi merupakan proses yang merugikan. Contoh dalam lahan agrikultur yang diberikan pupuk nitrat bila tergenang oleh air, maka akan terjadi kondisi anoksigenik dan denitrifikasi dapat terjadi sehingga akan melepaskan unsur nitrogen ke udara. Produksi gas N_2O dan NO oleh denitrifikasi dapat menyebabkan konsekuensi pada lingkungan.

Menurut Wihardjaka (2004) Gas Nitro-oksida atau nitrous oxide (N_2O) merupakan salah satu gas rumah kaca yang dihasilkan oleh jasad renik di lahan persawahan maupun lahan pasang surut, yang terdiri atas persenyawaan hara nitrogen dan oksigen. Gas nitrous oxide (N_2O) kemungkinan dihasilkan pada saat denitrifikasi, menyusul terjadinya ketidak sempurnaan penghilangan nitrat (Herlambang, 2003).

Gas tersebut dapat merugikan bagi lingkungan, karena sebagai salah satu penyebab pemanasan global bumi, juga dapat merusak lapisan ozon. Gas ini terbilang rendah dibandingkan dengan emisi gas karbondioksida, namun gas nitrous oxide dapat menyerap panas 300 kali lebih kuat dibandingkan dengan CO_2 . Selain itu, gas nitrous oxide bisa tinggal lebih lama (166 +16 tahun) di

atmosfir dibandingkan dengan CO₂ dan juga CH₄. Konsentrasi nitro-oksida di atmosfir kini telah mencapai 310 ppbv dengan laju peningkatan kosentrasi berkisar 0,6-0,9ppbv/tahun (Wihardjaka, 2004).

Proses mereduksi nitrat dan nitrit menjadi gas nitrogen tersebut terbentuk oleh adanya bakteri heterotrophic seperti *Paracocans denitrificans*, *Thiobacillus denitrificans* dan berbagai Pseudomonas dari kelompok Proteolytic (Anonim 2006). Menurut Herlambang (2003) bakteri yang bekerja pada proses denitrifikasi adalah bakteri anaerobik, yaitu bakteri yang tidak memerlukan oksigen dalam aktifitasnya, bahkan kehadiran oksigen dapat menyebabkan bakteri ini mati.

Menurut Wihardjaka *et al.* (2010) kehilangan hara N melalui nitrifikasi-denitrifikasi menyebabkan efisiensi pupuk N rendah. Kehilangan N dalam pemupukan pada urea melalui denitrifikasi sekitar 30-60% pada semua jenis tanah, sehingga mempengaruhi sistem keseimbangan N dalam sistem produksi tanaman. Efisiensi pemupukan nitrogen pada lahan pertanian umumnya rendah dan hanya 30-40% yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman, sedangkan 60-70% hilang melalui volatllisasi ammonia, nitrifikasi-denitrifikasi, penguapan pada permukaan, dan pencucian (Nieuwenhuyse, 2000).

Pengaruh pupuk baik organik maupun anorganik pada perkebunan kelapa sawit di lahan pasang surut terhadap aktivitas bakteri denitrifikasi belum pernah dipelajari. Aktivitas bakteri denitrifikasi tergantung pada populasi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dipelajari populasi bakteri denitrifikasi pada perkebunan kelapa sawit di lahan pasang surut berbagai lokasi sekitar tanaman. Juga ingin dipelajari bagaimana hubungan antara beberapa sifat kimia tanah (pH, C-Organik, dan N-Total) dengan populasi mikroba denitrifikasi.

1.2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari populasi bakteri dinitrififikasi pada rhizhosfer tanaman kelapa sawit berbagai umur yang ditanam di lahan pasang surut dan hubungannya dengan pH, C-Organik, N-Total.

1.3. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang populasi mikroba yang mampu mereduksi nitrat dan hubungannya dengan pH, C-Organik dan N-Total.

1.4. Hipotesis

1. Ditemukan variasi populasi bakteri denitrifikasi pada beberapa zona sekitar area pemupukan kelapa sawit di daerah Banyuasin
2. Ada korelasi yang nyata antara populasi bakteri denitrifikasi dengan pH, C-Organik dan N-total.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 2015. Petunjuk pemberian dosis pemupukan kelapa sawit yang tepat. Diakses pada tanggal 2 Juni 2016 di <http://klpswt.blogspot.co.id/2015/09/petunjuk-dosis-pemupukan-kelapa-sawit.html?m=1>.
- Anggraini, E. 2009. Aktivitas reduksi nitrat dan kinetika bakteri denitrifikasi dari muara sungai pada konsentrasi oksigen yang berbeda. Skripsi (Publikasi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Atlas R.M, Bartha R. 1998. *Microbial Ecology: Fundamental and Application*. 4th Edition. California. Benjamin/Cumming Science Pub.
- Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumber Daya Pertanian (BB Litbang SDLP). 2008. Laporan Tahunan 2008: Konsorsium Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim Pada Sektor Pertanian. BB Litbang SDLP, Bogor.
- Choudhury, A.T.M.A. and Khanif, Y.M. 2004. Effects of nitrogen and copper fertilization on rice yield and fertiliser nitrogen efficiency: A ¹⁵N tracer study. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research 47:50-55.
- Darmosarkoro W, Sutarta, E.S. dan Winarna. 2003. Teknologi pemupukan tanaman kelapa sawit dalam Lahan dan Pemupukan Kelapa Sawit. Pusat Penelitian KelapaSawit. Medan. Hal:113-134.
- Dewi, N. 2009. Respon bibit kelapa sawit terhadap lama penggenangan dan pupuk pelengkap cair. Agronobis, 1(1)11-18.
- Enwall K, Laurent P and Sara H. 2005. Activity and composition of the denitrifying bacterial community respond differently to long-term fertilization. *J of Appl Microbiol* 7: 8335-8343.
- Leiwakabessy, F.M. dan Sutandi, A. 2004. Pupuk dan Pemupukan (TNH). Bogor: Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian IPB.
- Lubis, A.U. 1992, Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Indonesia. Pusat Penelitian Perkebunan Marihat – Bandar Kuala, Pematang Siantar, Sumatera Utara, Indonesia.
- Firmansyah, M.A. 2012. Kesesuaian lahan rawa pasang surut untuk tanaman karet di tiga desa eks lahan sejuta hektar, kabupaten pulang pisau, provinsi kalimantan tengah. Jurnal Lahan Suboptimal ISSN: 2252-6188 (Print), 1 (2):149-157.
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Akademika Presindo, Jakarta.
- Hasibuan, B.E. 2006. Pupuk dan Pemupukan. Fakultas pertanian. Universitas Sumatera Utara, Medan.

- Halomoan, T.G. 2005. Dinamika populasi bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi pada beberapa tipe penggunaan lahan. Tesis (Publikasi). Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Herlambang, A dan Marsidi, R. 2003. Proses denitrifikasi dengan sistem biofilter untuk pengolahan air limbah yang mengandung nitrat. Peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Kemas, A.H. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Kurniaji, A. 2015. Peranan bakteri nitrobacter dalam akuakultur. Diakses di https://www.academia.edu/15538251/Peranan_Bakteri_Nitrobacter_dalam_Akuakultur. Pada tanggal 29 februari 2016.
- Madigan M.T, Martinko J.M, Dunlap P.V. and Clark D.P. 2009. *Brock Biology of Microorganisms*. 12nd Ed. New York: Person.
- Madigan M, Martinko J, Stahl D and Clark D. 2012. *Brock Biology of Microorganisms*. 13rd Ed. New York: Person.
- McKenney, D.J, Drury, C.F, and Wang, S.W. 2001. Effect of oxygen on denitrification, repression, and deppression in soil colums. *Soil Sci.Soc Am.J.* 65: 126-132.
- Mustiawan, Wulandari, K.S.Y dan Indrayanti, E.2014. Distribusi konsentrasi nitrogen anorganik terlarut pada saat pasang dan surut di muara sungai perancak dan industri pelabuhan perikanan pengembangan bali. *J. Oseanografi.*, 3(3):438-447.
- Nieuwenhuyse E.V. 2000. Production of urea and urea ammonium nitrate European. Fertilizer Manufacturers' Association P: 5 of 8.
- Nirlina. 2007. Aktivitas bakteri denitrifikasi asal sawah di Bogor, Jawa Barat. Skripsi (Publikasi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Noor, M. 2004. Upaya perbaikan produktivitas tanah sulfat masam. Disertasi (Publikasi). Doktor Fakultas Pertanian Bidang Studi Ilmu Tanah Pada Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Notohadiprawiro, T. 2000. Tanah estuarine: watak, sifat, kelakuan dan kesuburanya. Dep. Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Pahan, I, 2008. Panduan Lengkap Kelapa Sawit, Cetakan Ke-empat, Penerbit Penebar Swadaya, Jakarta.
- Pahan, I. 2010. Panduan Lengkap Kelapa Sawit. Penebar Swadaya: Jakarta.

Pusat Penelitian Tanah, 1983. Term of Reference Type A Survey. Kapabilitas Klasifikasi Kesesuaian Lahan. P3MT, Bogor.

Richardson, D.J., Berk, B.C., Ressel, D.A., Spiro, S and Taylor C.J. 2001. Functional biochemical and genetic diversity of prokaryotic nitrate reductases. *Cell Mol. Life. Sci.* 58: 165-178.

Rusmana I. 2003. Reduksi nitrat disimilatif pada bakteri: isu lingkungan dan penerapannya. *Hayati* 10:158-160.

Rusmana I. 2003. Nitrous oxide formation in bacteria. [Komunikasi Singkat]. *J Microbiol Indones* 8: 63-68.

Setyaningsih, R. 2011. Karakterisasi dan uji aktivitas bakteri denitrifikasi pereduksi dinitrogen oksida (N_2O) yang diisolasi dari tanah sawah. Disertasi pada. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Sianturi, H.S.D., 2001. Budidaya Tanaman Karet. Universitas Sumatera Utara Press, Medan.

Sukamto, 2008. Kiat Meningkatkan Produktivitas dan Mutu Kelapa Sawit. Penebar Swadaya, Jakarta.

Suriadiarta, D.A., 2005. Pengelolaan lahan sulfat masam untuk usaha pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor. Jurnal Litbang Pertanian 24(1)134-141

Tan, K.H. 1995. Dasar-Dasar Kimia Tanah. Terjemahan D.H Goenadi dan B. Radjagukguk. Gadjah Mada Universitas. Yogyakarta.

Teixeira P dan Oliveira R. 2002. Metabolism of alcaligenes denitrificans in bio films vs planktonic cells. *J of Appl Microbiol* 92: 256-260.

Wihardjaka, A. 2004. Mewaspadai emisi gas nitor-oksida dari lahan persawahan. Artikel dikirimkan pada loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian.

Wihardjaka A, Djalal S.T, Hendro B.S, dan Sugiharto A. 2010. Emisi gas dinitrogen oksida dari padi gogorancah oleh pemberian jerami padi dan bahan penghambat nitrifikasi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 29(3):144-151, Yogyakarta.

Winarna, H. Santoso, M. A. Yusuf, Sumaryanto dan E. S. Sutarta. 2014. Pertumbuhan tanaman kelapa sawit di lahan pasang surut. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014, Palembang 26-27 September 2014.

Winarso, 2005. Pengertian dan Sifat Kimia Tanah. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Woon, B.H. 2007. Removal of nitrat nitrogen in conventional wastewater treatment plants. Skripsi. Faculty of Civil Engineering. Universiti Teknologi Malaysia.