

Keanekaragaman Mikroba Tanah Gambut di Bawah Hutan dan di Bawah Perkebunan Sawit di Provinsi Jambi

Microbial Diversity in Peat under Forest and under Oil Palm Plantation in Jambi Province

Etty Pratiwi*, Taruna D. Satwika, Fahmuddin Agus

Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor 16124, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 06 Agustus 2018

Direview: 06 Agustus 2018

Disetujui: 07 Agustus 2018

Kata kunci:

Lahan gambut

Konversi hutan gambut

Kelapa sawit

Total populasi mikroba

Keragaman mikroba

Keywords:

Peatland

Conversion of peat forest

Oil palm

Total microbial population

Microbial diversity

Abstrak. Drainase lahan gambut diperkirakan akan mempengaruhi populasi dan keanekaragaman hayati di tanah gambut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh drainase dan tutupan lahan gambut di Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi terhadap populasi dan keanekaragaman mikroba tanah gambut. Sampel tanah gambut diambil dari tiga lokasi yang berbeda yaitu: (A) perkebunan sawit dengan kedalaman saluran drainase 50-70 cm, (B) perkebunan sawit dengan kedalaman saluran drainase 20-50 cm, dan (C) hutan gambut. Total populasi mikroba dihitung menggunakan metode *Total Plate Count* dan media selektif pertumbuhan bakteri, fungi, dan aktinomicetes. Mikroba yang memperlihatkan tampilan morfologis yang berbeda masing-masing dihitung populasinya, lalu dilakukan identifikasi menggunakan *Biolog Identification Kit*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total populasi dengan keragaman mikroba tertinggi terdapat pada contoh tanah gambut yang telah didrainase pada kedalaman tanah 0-20 cm. Bakteri penambat nitrogen *Azotobacter* hanya terdeteksi pada tanah gambut lapisan tanah 0-20 cm di lokasi A. Mikroba pelarut P dengan total populasi $2,00 \times 10^4$ - $4,00 \times 10^4$ cfu g⁻¹ terdapat di tiga lokasi, tetapi hanya ditemukan pada kedalaman 0-20 cm. Pada tanah gambut di lokasi A di kedalaman 0-20 cm dijumpai delapan jenis mikroba, yaitu: *Azotobacter* sp., *Bacillus luciferensis*, *B. salarius*, *B. soli*, *Cupriavidus paucalus*, *Mycobacterium cubhense*, *Paenibacillus illinoisensis*, dan *P. wynnii*. Sedangkan pada kedalaman 20-50 cm diperoleh spesies bakteri yang lebih sedikit, yakni *Bacillus kribbensis*, *Bacillus panaciterrae*, *Chryseobacterium balustinum*, dan *Paenibacillus peoriae*. Pada lokasi B, jenis mikroba yang dijumpai lebih sedikit dan didominasi oleh enam spesies bakteri (*Bacillus salarius*, *B. soli*, *Cupriavidus paucalus*, *Nocardia jiangxiensis*, *Paenibacillus wynnii*, dan *Pseudomonas aeruginosa*), sedangkan di lokasi C didominasi oleh hanya lima spesies mikroba (*Bacillus vallismortis*, *Nocardia jiangxiensi*, *Paenibacillus glycaniliticus*, *P. peoriae*, dan *Rhodococcus equi*). Tampaknya drainase dan pemupukan pada lahan gambut di perkebunan sawit mendorong pertumbuhan mikroba.

Abstract. Drainage of peat is expected to affect belowground biodiversity. The purpose of this research was to evaluate the impact of drainage and peatlands cover in Tanjung Jabung Timur, Jambi Province on the soil microbial population and the soil microbial diversity. Peat soil samples were taken from three locations, namely (A) oil palm plantation with 50-70 cm drainage channel, (B) oil palm plantation with 20-50 cm drainage channel, and (C) logged-over forest. The total microbial population was calculated using the Total Plate Count method and the selective growth medium of bacteria, fungi and actinomycetes. The population of microbes exhibiting different morphological features were counted and then identified using the Biolog Identification Kit. The results showed that the highest total microbial population and diversity were found in drained peat at 0-20 cm soil depth. Nitrogen fixing bacteria, *Azotobacter*, was found only in 0-20 cm layer of the A location. P-solubilizing microbes were found only in the 0-20 cm layer peat with the total population ranged from 2.00×10^4 to 4.00×10^4 cfu g⁻¹ soil in the three sites. In the 0-20 cm peat layer of location A, we found eight kinds of bacteria, namely: *Azotobacter* sp., *Bacillus luciferensis*, *B. salarius*, *B. soli*, *Cupriavidus paucalus*, *Mycobacterium cubhense*, *Paenibacillus illinoisensis*, and *P. wynnii*. In peat of location B, the total population of microbes was fewer, consecutively dominated by six species of bacteria, namely *Bacillus salarius*, *B. soli*, *Cupriavidus paucalus*, *Nocardia jiangxiensis*, *Paenibacillus wynnii*, and *Pseudomonas aeruginosa*, while in peat of location C was dominated by five species of bacteria (*Bacillus vallismortis*, *Nocardia jiangxiensi*, *Paenibacillus glycaniliticus*, *P. peoriae*, and *Rhodococcus equi*). It seems that drainage and fertilization in drained peatlands under oil palm plantations encouraged microbial growth.

Pendahuluan

Indonesia memiliki lahan gambut terluas di antara negara-negara tropis, yaitu sekitar 15 juta hektar, yang tersebar terutama di Pulau Sumatera, Kalimantan dan

Papua (Ritung *et al.* 2011). Luas lahan gambut di Provinsi Jambi sekitar 700.000 ha yang tersebar di enam kabupaten, termasuk Kabupaten Tanjung Jabung Timur yang memiliki sekitar 300.000 ha lahan gambut (Nurjanah *et al.* 2013). Sebagian besar lahan gambut di Tanjung Jabung

* Corresponding author: ettypratiwi@yahoo.com

Timur juga telah diubah menjadi perkebunan kelapa sawit dan pemukiman. Konversi lahan gambut tersebut diduga berdampak pada sistem biogeokimia, keanekaragaman mikroba dan kelimpahan mikroba, karena mikroba di lahan gambut tidak hanya berfungsi dalam proses penguraian bahan organik tetapi juga alat penting dalam mineralisasi nutrisi yang memiliki peran positif terhadap lingkungan dan ekosistem (Andersen *et al.* 2013).

Total populasi dan keragaman mikroba dari suatu ekosistem perlu diketahui dan dapat digunakan sebagai salah satu indikator kesuburan tanah, sehingga penurunan total dan keragaman mikroba tanah dapat digunakan sebagai indikasi awal dari gangguan yang terjadi pada kualitas ekosistem dan dapat dimanfaatkan sebagai landasan untuk pengembangan teknologi pertanian pada tanah gambut. Dengan menganalisis keragaman mikroba, diharapkan dapat diperoleh informasi mengenai bagaimana lingkungan lahan gambut mempengaruhi mikroba dan sebaliknya. Berbagai hasil analisis keragaman dan aktivitas mikroba pada lahan gambut telah banyak diketahui (William dan Crawford 1983, Thormann 2006, Lin *et al.* 2012), namun informasi mengenai keragaman dan populasi mikroba pada tanah gambut tropis masih belum tersedia, padahal bakteri, aktinomisetes, dan fungi diketahui merupakan mikroba kontributor penting untuk pertanian (Augustine *et al.* 2004, Barman *et al.* 2011, Manonmani *et al.* 2015). Pada penelitian ini juga diamati populasi bakteri *Azotobacter* dan mikroba pelarut P masing-masing sebagai mikroba penambat nitrogen dan mikroba pelarut fosfat. *Azotobacter* diketahui merupakan bakteri yang hidup bebas di rizosfer dan memiliki kemampuan tinggi dalam menambat nitrogen, dan dapat hidup di lingkungan aerob maupun anaerob fakultatif (Alexander 1997).

Tulisan ini membahas dampak alih fungsi lahan gambut di Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi terhadap keanekaragaman mikroba tanah sebagai indikator kesuburan tanah gambut yang ditinjau melalui analisis total populasi dan jenis mikroba serta korelasinya terhadap sifat fisika-kimia tanah gambut.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan dari bulan Desember 2017 sampai Juli 2018 di Laboratorium Mikrobiologi, Balai Penelitian Tanah. Sampel tanah gambut diambil dari lahan gambut di Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi. Ada tiga lokasi pengambilan sampel, yakni:

1. Lokasi A, yaitu lahan gambut di bawah tegakan kelapa sawit umur 10 tahun, terletak di Desa Pandan Lagan, Kecamatan Mendahara Hulu (1°13'31'S, 103°39'20'E). Drainase di lokasi ini relatif dalam (50-70 cm). Pada kedalaman >1,0 m pada tanah gambut ini terdapat

lapisan keras yang menyerupai batubara muda. Gambut ini mempunyai ketebalan >3,0 m dengan kematangan hemik dan saprik.

2. Lokasi B, yaitu lahan gambut di bawah tegakan kelapa sawit umur delapan tahun, terletak di Desa Pematang Rahim, Kecamatan Mendahara Hulu (1°14'24'S, 103°37'20'E). Drainase di lokasi ini dangkal (sekitar 20-50 cm) dan ketebalan gambut berkisar antara 1,5 m sampai 2,0 m dengan kematangan hemik dan saprik.
3. Lokasi C, yaitu hutan gambut bekas tebangan yang sudah menjadi hutan lindung di Desa Pematang Rahim, Kecamatan Mendahara Hulu (1°14'18'S, 103°35'24'E), dengan ketebalan gambut sekitar 1,5 m dan kematangan fibrik. Drainase relatif dangkal dan tidak berfungsi sehingga pada musim hujan lahan ini sering tergenang.

Lokasi A dan B berjarak sekitar 6,5 km sedangkan lokasi B dan C berjarak sekitar 200 m (Gambar 1).

Pengambilan Sampel

Sampel tanah diambil dari tiga lokasi yang berbeda, masing-masing pada kedalaman 0-20 cm (*topsoil*) dan kedalaman 20-50 cm (*subsoil*). Di setiap lokasi ditentukan dua transek yang masing-masing terdiri atas lima titik sampling. Transek berjarak sekitar 40 m antara satu dengan lainnya, sedangkan titik sampling masing-masing berjarak 10, 25, 40, 65, dan 80 m dari saluran sekunder. Saluran sekunder untuk lokasi C hampir tidak berfungsi sehingga lahan pada lokasi C sering tergenang di musim hujan, termasuk pada waktu pengambilan sampel untuk penelitian ini.

Setiap sampel tanah diambil menggunakan bor gambut dari tiga titik di sekitar titik transek yang telah ditentukan. Sampel tanah individu kemudian dihomogenisasi, dikomposit, dan diperlakukan sebagai sampel tunggal. Sampel tanah dipindahkan ke dalam kantong plastik, lalu ke dalam kotak es untuk meminimalkan aktivitas mikroba selama transportasi. Selanjutnya sampel tanah tersebut diidentifikasi dan dianalisis keragamannya.

Isolasi dan Enumerasi Mikroba

Mikroba diisolasi menggunakan teknik *spread plate* dan dihitung menggunakan metode *Total Plate Count* (Lapage 1970). Prinsip dari metode ini adalah menumbuhkan sel mikroba yang masih hidup pada media agar, sehingga mikroba akan membentuk koloni. Mikroba yang tumbuh adalah dari kelompok mesofilik yang hidup pada kisaran suhu sekitar 28-35°C, tumbuh cepat (*fast growing*), bersifat aerob, dan heterotrofik. Medium tumbuh yang digunakan berbeda untuk setiap jenis mikroba. Inkubasi dilakukan pada suhu ruang selama 2-7 hari.



Gambar 1. Lokasi pengambilan contoh tanah gambut di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi
 Figure 1. Sampling sites of peat in Tanjung Jabung Timur District, Jambi Province

Total bakteri dihitung menggunakan medium Nutrient Agar dengan komposisi: 3 g l⁻¹ ekstrak daging sapi, 5 g l⁻¹ pepton, dan 20 g l⁻¹ agar. Sedangkan total fungi ditumbuhkan menggunakan medium Potato Dextrose Agar dengan komposisi: 200 g l⁻¹ ekstrak kentang, 20 g l⁻¹ dekstrosa, dan 20 g l⁻¹ agar (Beever dan Bollard 1970).

Total aktinomisetes dideterminasi menggunakan medium Humic Acid-Vitamin B Agar (1 g l⁻¹ asam humat, 0,02 g l⁻¹ CaCO₃, 0,01 g l⁻¹ FeSO₄.7H₂O, 1,71 g l⁻¹ KCl, 0,05 g l⁻¹ MgSO₄.7H₂O, vitamin B kompleks (0,5 mg masing-masing tiamin-HCl, riboflavin, niasin, piridoksin-HCl, inositol, Ca-pantotenat, asam paminobenzoat, dan 0,25 mg biotin), 0,05 g l⁻¹ sikloheksimid, 0,02 g l⁻¹ asam nalidiksad, 20 g l⁻¹ agar, pH 7,2) (Hayakawa dan Nonomura 1987).

Mikroba pelarut P ditumbuhkan pada medium Pikovskaya Agar yang terdiri atas: 5 g l⁻¹ Ca₃(PO₄)₂, 0,2 g l⁻¹ NaCl, 0,2 g l⁻¹ KCl, 0,1 g l⁻¹ MgSO₄.7H₂O, 2,5 mg l⁻¹ MnSO₄.7H₂O, 2,5 mg l⁻¹ FeSO₄.7H₂O, 0,5 g l⁻¹ (NH₄)₂SO₄, 10 g l⁻¹ glukosa, 0,5 g l⁻¹ ekstrak ragi, dan 20 g l⁻¹ agar (Pikovskaya 1948).

Bakteri *Azotobacter* ditumbuhkan pada medium Waksmann no. 77 (10 g l⁻¹ manitol, 0,2 g l⁻¹ NaCl, 0,2 g l⁻¹ MgSO₄.7H₂O, 0,5 g l⁻¹ K₂HPO₄, 2 tetes l⁻¹ FeCl₃ 1%, 2 tetes dari MnCl₂ 1%, 5 ml l⁻¹ congo red, 20 g l⁻¹ agar) (Tulajappa *et al.* 2008).

Identifikasi Mikroba

Isolat-isolat yang memperlihatkan morfologi koloni yang berbeda dihitung dan ditumbuhkan kembali atau diisolasi ulang, lalu diidentifikasi menggunakan *Biolog GN microplate* (Biolog, Hayward, CA, USA). Kultur murni bakteri ditumbuhkan di *plate agar Biolog Universal Growth*. Sebanyak 150 µl suspensi mikroba dipipet ke dalam masing-masing sumur *microplate*, lalu diinkubasi pada suhu 30°-35°C selama 4-24 jam. Reaksi positif atau negatif ditandai dengan perubahan warna pada sumur. Reaksi positif ditandai dengan berubahnya warna sumur menjadi ungu, sedangkan reaksi negatif ditandai dengan tidak berubahnya warna sumur. *Microplate* dibaca oleh sistem *Biolog MicroStation TM*, kemudian dibandingkan dengan data mikroba yang ada di *database* untuk menentukan identifikasi spesies mikroba.

Hasil dan Pembahasan

Karakter Kimia dan Fisika Tanah Gambut

Karakter fisika dan kimia lahan gambut di Tanjung Jabung Timur disajikan pada Tabel 1. Nilai pH H₂O tanah di lokasi sampling berkisar antara 3,57-3,85 yang bersifat

masam. Kandungan bahan organik berkisar antara 50-54% dan nilai nisbah C/N di semua lokasi berkisar antara 28-32%. Nilai nisbah C/N >20 ini mengindikasikan tingkat dekomposisi yang belum lanjut (Noor 2001). Kandungan P tersedia (ekstrak Bray 1) berkisar antara 27-35 mg kg⁻¹. Sifat-sifat ini hampir tidak berbeda pada lintas lokasi penelitian. Sifat kimia yang berbeda tampaknya adalah kandungan Mg dan Na yang lebih rendah pada lokasi A di Pandan Lagan dibandingkan dengan di lokasi Pematang Rahim, baik pada lahan yang ditanami kelapa sawit, maupun lokasi hutan. Hal ini kelihatannya berhubungan dengan lokasi di Pematang Rahim yang relatif dekat dengan sungai dan dipengaruhi oleh air pasang. Di lain sisi, tanah di lokasi Pandan Lagan relatif jauh dari sungai dan didominasi oleh lapisan berwarna hitam (kemungkinan merupakan batubara muda) dan semi kedap air. Lokasi A dan B berjarak sekitar 6,5 km sedangkan lokasi B dan C berjarak hanya sekitar 200 m.

Kadar air gambut di lokasi sampling bervariasi antara 450% hingga 932%, dan yang tertinggi adalah pada gambut dari hutan lindung (lokasi C) yang kadar airnya mencapai 932%. Kadar air pada lapisan 20-50 cm konsisten lebih tinggi dibandingkan kadar air pada lapisan

0-20 cm. Tidak terlihat adanya variasi kadar air pada lintas lokasi. Sama halnya dengan gambut pada umumnya, gambut di Tanjung Jabung Timur juga memiliki kadar bahan organik yang tinggi yakni sekitar 91-98%, dan kandungan C-organik sebesar 48-51% (Tabel 2).

Populasi Mikroba Tanah Berdasarkan Kedalaman Tanah dan Lokasi Gambut

Kisaran nilai total populasi mikroba tanah gambut di Tanjung Jabung Timur dapat dilihat pada Tabel 3. Secara umum total populasi bakteri lebih tinggi jika dibandingkan dengan total populasi fungi dan aktinomisetes. Dari tiga contoh tanah gambut yang dianalisis, total populasi mikroba yang tertinggi dijumpai di lokasi A atau kebun kelapa sawit drainase dalam, pada kedalaman tanah 0-20 cm dengan jumlah aktinomisetes, bakteri, dan fungi masing-masing sebanyak 1,61 x 10⁷ cfu g⁻¹, 2,08 x 10⁸ cfu g⁻¹, dan 5,00 x 10⁵ cfu g⁻¹. Populasi mikroba pada lapisan tanah yang paling atas lebih banyak daripada lapisan di bawahnya karena suasana yang lebih menguntungkan bagi mikroba aerob.

Tabel 1. Karakter kimia tanah gambut pada kedalaman 0-20 cm pada di lokasi pengambilan contoh di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi

Table 1. Chemical characteristics of peat soil of 0-20 cm depth peat layers of Tanjung Jabung Timur research sites, Jambi Province

Lokasi	Ekstrak 1:5		Terhadap contoh kering 105°C										
	pH		Bahan organik				Nilai tukar kation (NH ₄ -Acetat 1N, pH7)						
	H ₂ O	KCl	Walkley & Black	Kjeldahl	C/N	Bray 1 P ₂ O ₅	Ca	Mg	K	Na	Jumlah	KTK	KB
			C	N			cmol _c kg ⁻¹						
		 %		mg kg ⁻¹						
A	3,85	2,40	53,60	1,71	31,99	34,98	6,26	1,51	0,15	0,18	8,08	99,35	6,81
B	3,57	2,49	52,00	1,85	28,33	27,24	6,97	2,04	0,15	0,30	9,45	87,42	7,29
C	3,64	2,46	49,99	1,68	30,18	34,86	5,25	3,19	0,21	0,34	8,99	> 100,00	6,24

Tabel 2. Karakter fisika dan kandungan C pada dua lapis tanah gambut di lokasi penelitian di Kecamatan Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi

Table 2. Physical characteristics and C content of two peat layers of Tanjung Jabung Timur research sites, Jambi Province

Lokasi	Kedalaman cm	Kadar air		Bulk density g cm ⁻³	Kadar abu %	Bahan organik %	C-organik
		Berat basah	Berat kering				
	 % berat					
A	0 - 20	81,69	450,45	0,17	4,48	95,52	49,70
	20 - 50	86,93	683,73	0,14	1,53	98,47	51,23
B	0 - 20	82,08	460,26	0,17	8,57	91,43	47,57
	20 - 50	89,18	835,64	0,12	3,87	96,13	50,02
C	0 - 20	86,92	677,06	0,16	5,42	94,58	49,21
	20 - 50	89,69	931,67	0,12	3,86	96,14	50,02

Pada Tabel 3 dan Gambar 2 dapat diamati bahwa total populasi mikroba di lokasi A yang merupakan lahan gambut telah dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit (drainase dalam) lebih tinggi daripada total mikroba di lokasi B (perkebunan kelapa sawit drainase dangkal) dan lokasi C yang merupakan gambut hutan lindung. Walaupun data ini tidak sesuai dengan yang dipublikasikan oleh K n nen *et al.* (2018) yang menyimpulkan terjadi penurunan aktivitas mikroba pada lahan gambut yang telah dikelola intensif dibandingkan hutan gambut yang tidak dikelola, kami menduga penyebab lebih tingginya populasi mikroba ini adalah karena terjadi peningkatan aerasi pada tanah gambut yang dikonversi. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Andriess (1988), setelah gambut didrainase kondisi gambut bagian permukaan tanah menjadi aerob, sehingga memungkinkan fungi dan bakteri berkembang untuk merombak bahan organik.

Secara umum populasi mikroba semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah (Tabel 3). Penurunan populasi mikroba yang terjadi seiring dengan bertambahnya kedalaman lahan gambut ini dapat disebabkan oleh perubahan ketersediaan oksigen yang semakin berkurang akibat tingginya kadar air di lapisan *subsoil* (Tabel 2). Wahyuni *et al.* (2015) melaporkan bahwa selain kedalaman tanah, kelembaban tanah, serta lingkungan tanah dapat mempengaruhi total mikroba dalam tanah karena perbedaan tingkat kejenuhan dan kematangan gambut.

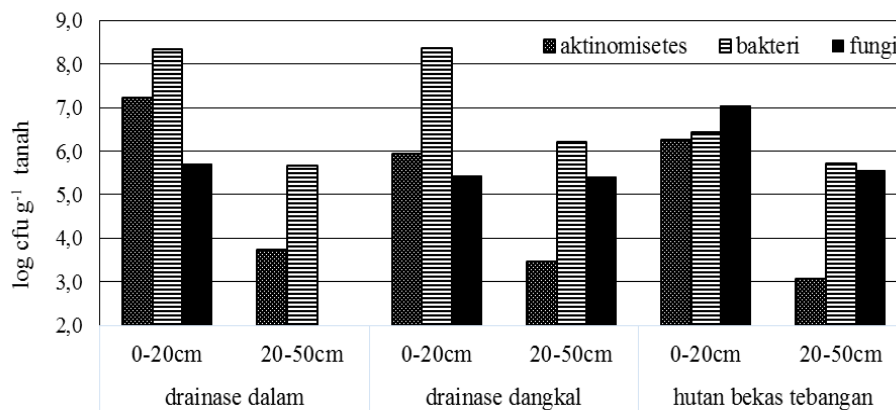
Tanah gambut dari lokasi C (hutan lindung) berada dalam keadaan tergenang saat pengambilan contoh dan memiliki kadar air tertinggi sebesar 932% (berat). Adanya genangan air ini menjadikan lingkungan menjadi semakin anaerob. Hanya mikroba yang memiliki kemampuan bertahan di lingkungan anaerob yang mampu tumbuh di tanah gambut tergenang. Penurunan populasi mikroba

Tabel 3. Total populasi mikroba pada dua kedalaman tanah gambut di lokasi penelitian di Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi

Table 3. Total microbial population of two peat layers of Tanjung Jabung Timur research sites, Jambi Province

Lokasi	Kedalaman cm	Total populasi		
		Aktinomisetes	Bakteri	Fungi
	 cfu g ⁻¹		
A (Gambut di bawah tegakan kelapa sawit, drainase dalam)	0-20	1,61 x 10 ⁷	2,10 x 10 ⁸	5,00 x 10 ⁵
	20-40	5,36 x 10 ³	4,50 x 10 ⁵	td
B (Gambut di bawah tegakan kelapa sawit, drainase dangkal)	0-20	8,56 x 10 ⁵	2,21 x 10 ⁸	2,67 x 10 ⁵
	20-40	2,93 x 10 ³	1,60 x 10 ⁶	2,50 x 10 ⁵
C (Hutan gambut bekas tebangan)	0-20	1,81 x 10 ⁶	2,60 x 10 ⁶	1,11 x 10 ⁷
	20-40	1,18 x 10 ³	5,00 x 10 ⁵	3,50 x 10 ⁵

td = tidak terdeteksi



Gambar 2. Grafik total populasi mikroba pada dua kedalaman tanah gambut di lokasi penelitian di Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi

Figure 2. Graphic of total microbial population of two peat layers of Tanjung Jabung Timur research sites, Jambi Province

seiring kedalaman sampel juga telah dilaporkan pada lahan gambut Glacial Lake Agassiz Peatland di Northwestern Minnesota (Lin *et al.* 2012) yang disebabkan oleh perubahan ketersediaan akseptor elektron terakhir dan perubahan kualitas karbon seiring dengan bertambahnya kedalaman lahan gambut (Williams and Crawford 1983, Sundh *et al.* 1997, Morales *et al.* 2006, Dedysh *et al.* 2006).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa mikroba aerob seperti fungi atau bakteri mendominasi lapisan atas yang kaya oksigen pada ekosistem gambut (*acrotelm*) (Golovchenko *et al.* 2002, Artz *et al.* 2007). Lapisan yang oksigenik temporal (*mesotelm*) lebih didominasi oleh mikroba anaerob fakultatif dan anaerob obligat, sedangkan lapisan yang sepenuhnya anoksigenik (*catotelm*) didominasi oleh mikroba anaerob obligat seperti metanogen dan bakteri fermentatif (Artz *et al.* 2007). Selain itu, mikroba pada lahan gambut juga menghadapi karakteristik lahan gambut yang memiliki bahan organik terakumulasi. Keadaan ini menyebabkan bahan organik yang berada dalam kedalaman 20-50 cm memerlukan mikroba dengan kemampuan yang lebih khusus untuk proses dekomposisi (Thormann *et al.* 2003, Artz *et al.* 2006).

Hasil yang menarik ditunjukkan dengan adanya dominasi mikroba yang berbeda antara hutan gambut (lokasi C) dengan lahan gambut yang telah dikonversi menjadi perkebunan sawit (lokasi A). Hutan gambut lebih didominasi oleh fungi, sedangkan lahan gambut perkebunan sawit lebih didominasi oleh bakteri (Tabel 3). Penelitian yang dilakukan oleh Hakim *et al.* (2016) juga memperlihatkan fungi lebih memiliki adaptasi yang tinggi terhadap kondisi di hutan gambut yang sering tergenang. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan kandungan mineral dari lahan hutan gambut dan lahan gambut perkebunan sawit. Umumnya lahan gambut yang telah

dikonversi menjadi perkebunan sawit telah diberi input pupuk kimia yang dapat memperkaya mineral yang terkandung di dalamnya, seperti pada lahan gambut minerotropik (gambut yang mendapat pengkayaan mineral), sehingga hutan gambut yang telah dikonversi menjadi perkebunan sawit didominasi oleh bakteri dan aktinomisetes dibandingkan dengan fungi.

Total Populasi Mikroba Penambat N dan Pelarut P pada Contoh Tanah Gambut

Dua unsur hara makro penting bagi tanaman adalah nitrogen dan fosfor. Mikroba yang berperan dalam daur nitrogen dan daur fosfor masing-masing adalah mikroba penambat N₂ dan mikroba pelarut P. Bakteri penambat nitrogen berperan dalam penyediaan nitrogen pada tanah karena mampu menambat N₂ dengan mengoksidasi ion ammonium pada tanah sehingga dapat terikat dengan kuat pada komponen-komponen humus yang menyebabkan nitrat tidak mudah terbilas keluar tanah (Schlegel 1991). Di tanah-tanah masam P akan membentuk senyawa Al-P dan Fe-P. Asam-asam organik yang dihasilkan oleh mikroba pelarut fosfat ini mampu melarutkan fosfat tidak tersedia tersebut menjadi tersedia dan dapat diserap tanaman (Satyaprakash *et al.* 2017).

Populasi *Azotobacter* dan mikroba pelarut P dan di lahan gambut Tanjung Jabung Timur disajikan pada Tabel 4. Bakteri *Azotobacter* hanya terdeteksi tanah gambut dengan kedalaman 0-20 cm di lokasi A (gambut di bawah tegakan kelapa sawit, drainase dalam). Mikroba pelarut P dengan total populasi sebanyak 2,00 x 10⁴ - 4,00 x 10⁴ cfu g⁻¹ terdapat di lokasi A, B, dan C tetapi hanya ditemukan di kedalaman 0-20 cm. Pada tanah gambut dengan kedalaman tanah lebih dari 20 cm apalagi dalam keadaan tergenang (gambut di lokasi C), baik *Azotobacter* atau pun mikroba pelarut P tidak ditemukan sama sekali.



Gambar 3. Mikrob pelarut P yang ditemukan di tanah gambut di Kecamatan Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi (foto: Etty Pratiwi)

Figure 3. *P-solubilizing microbes* found in peat soil of Tanjung Jabung Timur Districts, Jambi Province (photo: Etty Pratiwi)

Karakteristik lahan gambut yang selalu tergenang air membuat kondisi lingkungan menjadi anaerob, sehingga *Azotobacter* dan mikroba pelarut P tidak dapat mendominasi sebagai penambat nitrogen dan pelarut P pada lahan gambut tersebut.

Keragaman Mikroba pada Contoh Tanah Gambut

Dari hasil identifikasi mikroba menggunakan *Biolog Identification Kit* dapat diketahui jenis-jenis bakteri yang mendominasi di tanah gambut (Tabel 5). Karakterisasi atau identifikasi mikroba menggunakan *Biolog Identification Kit* merupakan karakterisasi secara fenotipik (morfologi, fisiologi, biokimia) yang hanya dapat dilakukan untuk mikroba yang dapat dikulturkan. Menurut Pace (1997) dan Torsvik *et al.* (1998) dari sekitar 5000 spesies bakteri yang telah diketahui, hanya sekitar 0,1%

hingga 1,0% dari populasi bakteri tanah dapat dikulturkan karena ada keterbatasan kondisi pertumbuhan seperti suhu, pH, dan cahaya. Teknik plate count yang tergolong cepat dan murah ini walaupun tidak sepenuhnya mencerminkan keragaman total komunitas mikroba, tetapi dapat memberikan informasi tentang keragaman mikroba heterotrofik yang tumbuh cepat dan populasi mikroba yang dapat dikulturkan (Fakruddin and Mannan 2013).

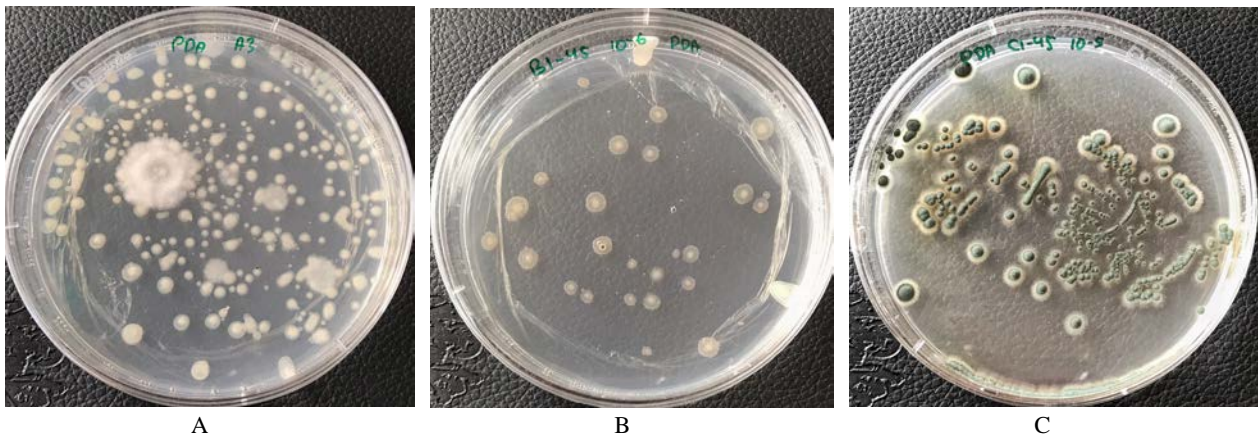
Dilihat dari sebaran mikroba yang dominan tumbuh pada media padat, diketahui lokasi A memiliki jenis bakteri yang tumbuh lebih banyak dan lebih beragam daripada lokasi B dan C. Bakteri di lokasi A ini terdiri atas bakteri Gram negatif, Gram positif dan aktinomisetes (Gambar 4). Data pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa di lokasi A dan B populasi bakteri lebih tinggi daripada populasi fungi, sedangkan di lokasi C fungi lebih mendominasi daripada bakteri.

Tabel 4. Populasi *Azotobacter* dan mikrob pelarut P pada dua lapisan gambut yang berasal dari Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi

Table 4. Population of *Azotobacter* and P-solubilizing microbes of two peat layers of Tanjung Jabung Timur Districts, Jambi Province

Lokasi	Kedalaman cm	Populasi	
		<i>Azotobacter</i> sp. cfu gram ⁻¹	Mikrob pelarut P
A (Gambut di bawah tegakan kelapa sawit, drainase dalam)	0-20	2,00 x 10 ⁴	2,00 x 10 ⁴
	20-40	td	td
B (Gambut di bawah tegakan kelapa sawit, drainase dangkal)	0-20	td	4,00 x 10 ⁴
	20-40	td	td
C (Hutan gambut bekas tebangan)	0-20	td	2,00 x 10 ⁴
	20-40	td	td

td = tidak terdeteksi



Gambar 4. Keragaman mikrob di tanah gambut di lokasi A, B, dan C di Kecamatan Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi (foto: Etty Pratiwi)

Figure 4. Microbial diversity in peat soil at location A, B, C, in Tanjung Jabung Timur Districts, Jambi Province (photo: Etty Pratiwi)

Tabel 5. Jenis bakteri yang dominan ditemukan pada dua lapisan gambut asal Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi

Table 5. Dominant bacteria of two peat layers of Tanjung Jabung Timur District, Jambi Province

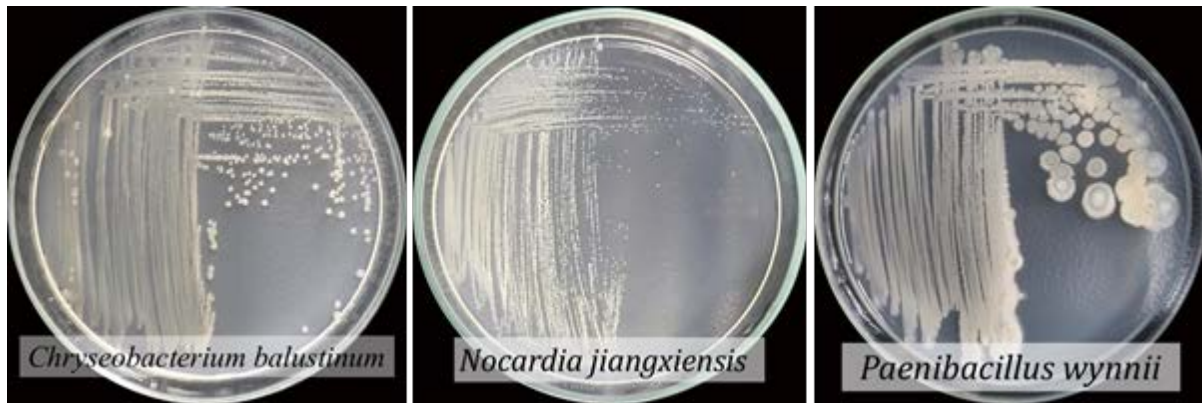
Lokasi	Kedalaman tanah 0-20 cm		Kedalaman tanah 20-50 cm	
	Jenis bakteri	Jumlah populasi cfu g ⁻¹	Jenis bakteri	Jumlah populasi cfu g ⁻¹
A	▪ Total bakteri	2,10 x 10 ⁸	▪ Total bakteri	4,50 x 10 ⁵
	▪ <i>Azotobacter</i> sp.	2,00 x 10 ⁴	▪ <i>Bacillus kribbensis</i>	1,00 x 10 ⁵
	▪ <i>Bacillus luciferensis</i>	3,00 x 10 ⁶	▪ <i>Bacillus panaciterrae</i>	1,30 x 10 ⁶
	▪ <i>Bacillus salarius</i>	3,23 x 10 ⁷	▪ <i>Chryseobacterium balustinum</i>	1,00 x 10 ⁵
	▪ <i>Bacillus soli</i>	1,91 x 10 ⁸	▪ <i>Paenibacillus peoriae</i>	2,00 x 10 ⁵
	▪ <i>Cupriavidus paucalus</i>	6,38 x 10 ⁷		
	▪ <i>Mycobacterium cubhense</i>	1,00 x 10 ⁵		
	▪ <i>Paenibacillus illinoisensis</i>	2,00 x 10 ⁵		
	▪ <i>Paenibacillus wynnii</i>	1,84 x 10 ⁷		
B	▪ Total bakteri	2,21 x 10 ⁸	▪ Total bakteri	1,60 x 10 ⁶
	▪ <i>Bacillus salarius</i>	7,00 x 10 ⁶	▪ <i>Bacillus kribbensis</i>	1,00 x 10 ⁵
	▪ <i>Bacillus soli</i>	4,15 x 10 ⁷	▪ <i>Bacillus panaciterrae</i>	6,70 x 10 ⁵
	▪ <i>Cupriavidus paucalus</i>	1,31 x 10 ⁷	▪ <i>Chryseobacterium balustinum</i>	1,00 x 10 ⁵
	▪ <i>Nocardia jiangxiensis</i>	8,56 x 10 ⁵	▪ <i>Paenibacillus peoriae</i>	2,00 x 10 ⁵
	▪ <i>Paenibacillus wynnii</i>	2,12 x 10 ⁸		
	▪ <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	4,20 x 10 ⁷		
C	▪ Total bakteri	2,60 x 10 ⁶	▪ Total bakteri	5,40 x 10 ⁵
	▪ <i>Bacillus vallismortis</i>	1,00 x 10 ⁵	▪ <i>Bacillus panaciterrae</i>	2,50 x 10 ⁴
	▪ <i>Nocardia jiangxiensis</i>	1,81 x 10 ⁶	▪ <i>Nocardia jiangxiensis</i>	1,00 x 10 ⁴
	▪ <i>Paenibacillus glycaniliticus</i>	5,61 x 10 ⁵		
	▪ <i>Paenibacillus peoriae</i>	2,80 x 10 ⁵		
	▪ <i>Rhodococcus equi</i>	1,00 x 10 ⁵		

Lapisan tanah 0-20 cm merupakan zona oksidatif yang memungkinkan banyak jenis mikroba aerob hidup. Di zona ini dijumpai *Azotobacter* sp., *Bacillus luciferensis*, *B. salarius*, *B. soli*, *B. vallismortis*, *Cupriavidus paucalus*, *Mycobacterium cubhense*, *Nocardia jiangxiensis*, *Paenibacillus glycaniliticus*, *P. illinoisensis*, *P. peoriae*, *P. wynnii*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Rhodococcus equi*. Pada tanah gambut dengan kedalaman 20-50 cm diperoleh jenis bakteri yang lebih sedikit, yakni *Bacillus kribbensis*, *B. panaciterrae*, *Chryseobacterium balustinum*, *Nocardia jiangxiensis* dan *Paenibacillus peoriae*. Bakteri *Azotobacter*, *Cupriavidus*, dan *Pseudomonas* merupakan bakteri Gram negatif, sedangkan *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, dan *Rhodococcus* merupakan bakteri Gram positif. *Nocardia* diketahui merupakan bakteri Gram positif dan banyak ditemukan di tanah-tanah yang kaya bahan organik (Mc Neil dan Brown 1994).

Pada tanah gambut di lokasi A di kedalaman 0-20 cm dijumpai delapan jenis mikroba, yaitu: *Azotobacter* sp., *Bacillus luciferensis*, *B. salarius*, *B. soli*, *Cupriavidus paucalus*, *Mycobacterium cubhense*, *Paenibacillus illinoi-*

sensis, dan *P. wynnii*. Sedangkan pada kedalaman 20-50 cm diperoleh spesies bakteri yang lebih sedikit, yakni *Bacillus kribbensis*, *Bacillus panaciterrae*, *Chryseobacterium balustinum*, dan *Paenibacillus peoriae*. Pada lokasi B, jenis mikroba yang dijumpai lebih sedikit dan didominasi oleh enam spesies bakteri (*Bacillus salarius*, *B. soli*, *Cupriavidus paucalus*, *Nocardia jiangxiensis*, *Paenibacillus wynnii*, dan *Pseudomonas aeruginosa*), sedangkan di lokasi C didominasi oleh hanya lima spesies mikroba (*Bacillus vallismortis*, *Nocardia jiangxiensi*, *Paenibacillus glycaniliticus*, *P. peoriae*, dan *Rhodococcus equi*).

Tanah gambut di lokasi A sudah mengalami alih fungsi dan dibudidayakan secara intensif. Tingginya total populasi mikroba dan keragaman bakteri pada gambut di lokasi A kemungkinan disebabkan pengelolaan perkebunan sawit yang lebih intensif melalui pemberian sejumlah input berupa pupuk dan amelioran sehingga merangsang pertumbuhan dan keragaman mikroba dalam tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Alexander (1977) yang menjelaskan bahwa jumlah dan jenis mikroba tanah dipengaruhi oleh adanya sistem pengelolaan tanah.



Gambar 5. Beberapa bakteri yang ditemukan di tanah gambut di Kecamatan Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi (foto: Etty Pratiwi)

Figure 5. Many bacteria found in peat soil in Tanjung Jabung Timur District, Jambi Province (photo: Etty Pratiwi)

Tingginya jumlah dan keragaman mikroba pada lahan gambut yang didrainase berkaitan erat dengan tingginya laju dekomposisi bahan organik (emisi CO₂) dibandingkan dengan lahan gambut di bawah tegakan hutan (F. Agus, *pers. comm.*).

Dari hasil analisis keragaman bakteri pada contoh tanah gambut setelah alih fungsi maupun gambut hutan lindung pada kedalaman 20-50 cm diketahui ada bakteri yang selalu ada, yakni *Bacillus panaciterrae*. Bakteri ini termasuk Gram positif, berbentuk batang, dapat hidup pada kondisi aerob obligat dan anaerob fakultatif, memiliki kemampuan bertahan pada kondisi lingkungan tergenang dengan membentuk endospora sehingga bakteri ini dapat hidup dorman dalam waktu yang cukup lama (Graff dan Conrad 2005). Kemungkinan *B. panaciterrae* adalah bakteri *indigenous* tanah gambut di Tanjung Jabung Timur karena selalu ditemui di dalam tanah dan tidak tergantung kepada pengaruh-pengaruh lingkungan luar.

Kesimpulan

Total populasi mikroba tertinggi terdapat pada lapisan atas tanah gambut yang telah didrainase di bawah perkebunan kelapa sawit. Bakteri *Azotobacter* hanya ditemukan pada lapisan 0-20 cm tanah gambut di bawah perkebunan sawit dengan sistem drainase konvensional (kedalaman drainase 50-70 cm). Mikroba pelarut P juga ditemukan di kedalaman 0-20 cm, tidak hanya di bawah perkebunan kelapa sawit dengan sistem drainase dalam (kedalaman drainase 50-70 cm) dan sistem drainase dangkal (kedalaman drainase 20-50 cm), tetapi juga ditemukan di gambut di bawah hutan.

Jumlah populasi dan keragaman mikroba di tanah gambut di bawah kebun sawit lebih banyak daripada jumlah populasi dan keragaman mikroba di tanah hutan

gambut. Ini menunjukkan bahwa populasi dan keragaman mikroba didorong oleh drainase dan pengelolaan kesuburan tanah.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) melalui Dana Ilmu Pengetahuan Indonesia (DIPI). Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof. Jane Hill dan Dr. Eleanor Warren-Thomas dari University of York, United Kingdom, atas saran perbaikannya.

Daftar Pustaka

- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. 2nd Ed. John Wiley and Sons. New York.
- Andriess JP. 1988. Nature and Management of Tropical Peat Soils. FAO Bulletin 59, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 165 pp.
- Andersen R, Chapman SJ, Artz RRE. 2013. Microbial communities in natural and disturbed peatland: A review. *Soil Biol. Biochem.* 57:979-994.
- Artz RRE, Anderson IC, Chapman SJ, Hagn A, Schloter M, Potts JM, Campbell CD. 2007. Fungal diversity and community composition change in response to vegetational succession during natural regeneration of cut-over peatlands. *Microb. Ecol.* 54:508-522.
- Artz RRE, Chapman SJ, Campbell CD. 2006. Substrate utilization profiles of microbial communities in peat are depth dependent and correlate with whole soil FTIR profiles. *Soil Biol. Biochem.* 38:2958-2962.
- Augustine SK, Bhavsar SP, Baserisalehi M, Kapadnis BP. 2004. Isolation, characterization and optimization of antifungal activity of an actinomycete of soil origin. *Indian J. Exp. Biol.* 42:928-932.

- Barman D, Saud ZA, Habib MR, Islam MF, Hossain K, Yeasmin T. 2011. Isolation of cellulolytic bacterial strains from soil for effective and efficient bioconversion of solid waste. *Life Sci. Med. Res.* 25:1-6.
- Beever RE, Bollard EG. 1970. The nature of the stimulation of fungal growth by potato extract. *J. Gen. Microbiol.* 60:273-279.
- Dedysh SN, Pankratov TA, Belova SE, Kulichevskaya IS, Liesack W. 2006. Phylogenetic analysis and in situ identification of bacteria community composition in an acidic Sphagnum peat bog. *Appl. Environ. Microbiol.* 72:2110-2117.
- Fakruddin Md, Mannan KS. 2013. Methods for analyzing diversity of microbial communities in natural environments. *Ceylon J. Sci. (Bio. Sci.)* 42:19-33.
- Golovchenko AV, Dobrovolskaya NG, Inisheva LI. 2002. Structure and stocks of microbial biomass in oligotrophic peat bogs of the southern Taiga in western Siberia. *Eurasian Soil Sci.* 35:1296-1301.
- Graff A, Conrad R. 2005 Impact of flooding on soil bacterial communities associated with poplar (*Populus* sp.) trees. *FEMS Microbiol. Ecol.* 53:401-415.
- Hakim SS, Yuwati TW, Alimah D. 2016. Hutan rawa gambut: habitat untuk berbagai jenis fungi. p. 483-486. *In* R. Diana, Y.B. Sulistioadi, Karyati, S. Sarminaj, K.Y. Widiati, H. Kuspradini, D.R. Sari, R. Mulyadi (Eds.). Mengatasi Perubahan Iklim terhadap Kelestarian Sumberdaya Hutan dan Ekonomi Sumberdaya Hayati. Prosiding Seminar Nasional Silvikultur ke-IV, Balikpapan, 19-20 Juli 2016.
- Hayakawa M and Nonomura H. 1987. Humic acid-vitamin agar, a new medium for the selective isolation of soil *Actinomyces*. *J. Ferment. Technol.* 65:501-509.
- Könönen M, Jauhiainen J, Strakova P, Heinonsalo J, Laiho R, Kusin K, Limin S, Vasander H. 2018. Deforested and drained tropical peatland sites show poorer peat substrate quality and lower microbial biomass and activity than unmanaged swamp forest. *Soil Biol. Biochem.* 123:229-241.
- Lapage S, Shelton J, Mitchell T. 1970. *Methods in Microbiology*, Norris J. and Ribbons D., (Eds.), Vol. 3A, Academic Press, London.
- Lin X, Green S, Tfaily MM, Prakash O, Konstantinidis KT, Corbett JE, Chanton JP, Cooper WT and Kostka JE. 2012. Microbial community structure and activity linked to contrasting biogeochemical gradients in and fen environments of the Glacial Lake Agassiz Peatland. *Appl. Environ. Microbiol.* 78:7023-7031.
- Manonmani P, Raj SP, Ramar M and Erusan RR. 2015. Load of infectious microorganisms in hospital effluent treatment plant in Madurai. *South Ind. J. Biol. Sci.* 1:30-33.
- McNeil MM, Brown JM. 1994. The medically important aerobic actinomycetes: epidemiology and microbiology. *Clin. Microbiol. Rev.* 7:357-417.
- Morales SE, Mouser PJ, Ward N, Hudman SP, Gotelli NJ, Ross DS, Lewis TA. 2006. Comparison of bacterial communities in New England Sphagnum bogs using Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism (T-RFLP). *Microbiol. Ecol.* 52: 34-44.
- Noor M. 2001. Pertanian Lahan Gambut: Potensi dan Kendala. Kanisius. 174 hal.
- Nurjanah S, Octavia D, Kusumadewi F. 2013. Identifikasi Lokasi Penanaman Kembali Ramin (*Gonystylus bancanus*, Kurz) di Hutan Rawa Gambut Sumatera dan Kalimantan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi. Bogor, Indonesia.
- Pace NR. 1997. A molecular view of microbial diversity and the biosphere. *Science* 276:734-740.
- Pikovskaya RI. 1948. Mobilization of phosphorus in soil in connection with vital activity of some microbial species. *Microbiol.* 17:362-70.
- Ritung S, Wahyunto, Nugroho K, Sukarman, Hikmatullah, Suparto, Tafakresnanto C. 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1:250.000. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor, Indonesia.
- Satyaprakash M, Nikitha T, Reddi EUB, Sadhana B, and Satya VS. 2017. A review on phosphorous and phosphate solubilising bacteria and their role in plant Nutrition. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 6:2133-2144.
- Schlegel HG. 1991. *General Microbiology*. 7th Ed., Cambridge University Press, Cambridge, pp: 435-445.
- Sundh I, Nilsson M, Borgå P. 1997. Variation in microbial community structure in two boreal peatlands as determined by analysis of phospholipid fatty acid profiles. *Appl. Environ. Microbiol.* 63:1476-1482.
- Thormann M.N, Currah RS and Bayley SE. 2003. Succession of microfungus assemblages in decomposing peatland plants. *Plant Soil* 250:323-333.
- Thormann MN. 2006. Diversity and function of fungi in peatlands: a carbon cycling perspective. *Can. J. Microbiol.* 86:281-293.
- Torsvik V, Daae FL, Sandaa RA, Ovreas L. 1998. Review article: novel techniques for analysing microbial diversity in natural and perturbed environments. *J. Biotechnol.* 64:53-62.
- Tulajappa AN, Ninganna E, Papanna N, Simon L. 2008. Molecular characterization of *Azotobacter chroococcum* strains isolated from different agroclimatic zone of Karnataka, India. *Dynamic Soil, Dynamic Plant* 2:73-76.
- Wahyuni D, Khotimah S, Linda R. 2015. Eksplorasi bakteri selulolitik pada tingkat kematangan gambut yang berbeda di Kawasan Hutan Lindung Gunung Ambawang Kabupaten Kubu Raya. *Protobiont* 4:69-76.
- Williams RT, Crawford RL. 1983. Microbial diversity of Minnesota peatlands. *Microbiol. Ecol.* 9:201-214.