

# Karakteristik Gambut Rawa Pening dan Potensinya sebagai Bahan Pembawa Mikroba

Prihastuti

Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian  
Jalan Raya Kendalpayak, Kotak Pos 66 Malang

Diterima Nopember 2011 disetujui untuk diterbitkan Mei 2012

## Abstracts

The descriptive analytical study of the Rawa Pening peat soils characteristic has been done. This study was purposed to determine the potential of peat soils as a microbial carrier. The parameters observed were chemical properties (pH, levels of C, N, P, K and CEC) and biological properties (total of soil microbial population), and its amendments by air drying, ovens drying and sterilization process with autoclave (temperature of 121° C, pressure 1.5 atm for 15 minutes). The results showed that Rawa Pening peat soil has the content of high organic C, medium-high N, low-medium P, high K and high CEC. Total of soil microbial population is quite high, and reduced by air drying and autoclave sterilization. The population of soil microbe has pressured with oven drying, but the process makes it a low pH which was caused by the cell lysis. The Rawa Pening peat soils has physical properties that are not easily changed, is also not prone to changes in pH during the process by air drying and sterilization with autoclave. The Rawa Pening peat soils have a potential to be a microbial carrier, because it has high organic matter content, and easy at processing.

**Keywords** : peat soils, characterictic, potency, carrier of microbial

## Abstrak

Penelitian bersifat deskriptif analitis terhadap sifat-sifat karakteristik tanah gambut Rawa Pening. Tujuan penelitian untuk mengetahui potensi tanah gambut Rawa Pening sebagai bahan pembawa mikroba. Parameter yang diamati adalah sifat khemis (pH, kadar C, N, P, K dan KTK) dan sifat biologis (total populasi mikroba tanah), serta perubahannya oleh adanya perlakuan kering angin, kering oven dan sterilisasi dengan autoklaf (suhu 121° C, tekanan 1,5 atm selama 15 menit). Hasil penelitian menunjukkan tanah gambut Rawa Pening mempunyai kandungan C organik cukup tinggi, N sedang-tinggi, P rendah-sedang, K tinggi dan KTK tinggi. Total populasi mikroba tanah cukup tinggi, dan berkurang oleh perlakuan kering angin dan sterilisasi dengan autoklaf. Proses kering oven menekan jumlah populasi mikroba tanah, tetapi pH bahan menjadi rendah oleh adanya proses lisis sel. Selain mempunyai sifat-sifat fisik yang tidak mudah berubah, gambut Rawa Pening juga tidak mudah mengalami perubahan pH selama proses kering angin dan sterilisasi dengan autoklaf. Gambut Rawa Pening berpotensi untuk dijadikan bahan pembawa mikroba, karena mengandung bahan organik tinggi dan mudah dalam penanganannya.

**Kata Kunci**: gambut, karakteristik, potensi, bahan pembawa mikroba

## Pendahuluan

Dalam upaya mewujudkan sistem pertanian berkelanjutan, dewasa ini semakin berkembang pemanfaatan mikroba tanah yang bermanfaat (*beneficial microbe*) untuk dikembangkan sebagai pupuk hayati. Yuwono (2006) menyatakan bahwa produksi pupuk hayati (biofertilizer) sudah berkembang sejak tahun 1990-an terutama di negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Perancis, Belgia, Jerman, Hungaria,

Australia, India, Taiwan, dan Afrika Utara.

Produksi pupuk hayati tidak akan terlepas dari bahan pembawa mikroba (bahan *carrier*), yang menjamin viabilitas mikroba yang terkandung di dalamnya. Selain kemampuannya dalam menjamin viabilitas mikroba, bahan pembawa mikroba diharapkan bersifat murah dan mudah didapatkan, karena tersedia di alam (Muraleedharan *et al*, 2010).

Tanah gambut Rawa Pening terdiri dari kayu semi fosil, yang sudah biasa digunakan

sebagai media pembibitan dan pengisi pot. Rawa Pening yang merupakan lingkungan tempat gambut ini berkembang berada di Jawa Tengah pada 7° 17' Lintang Selatan dan 101° 26' Bujur Timur. Rawa ini cukup subur dihuni oleh 103 spesies phytoplankton (Goltenboth dan Timotius, 1992),

permukaan rawa dipenuhi tumbuhan pakis kecil dan enceng gondok, serta bagian bawahnya dipenuhi *Hydrilla verticillata*. Sri Hastuti (2000) menyatakan bahwa gambut Rawa Pening mempunyai sifat-sifat yang tidak berubah, meliputi warna, kandungan serat dan abu, kerapatan partikel, fraksi mineral dan kadar air kering angin (Tabel 1).

Tabel 1. Beberapa sifat gambut Rawa Pening yang tidak mudah berubah.  
Table 1. Some characteristics of Rawa Pening peat soils which are stable

No.	Sifat	Hasil pengukuran
1.	Warna	2.5 YR,2,5/0
2.	Kadar serat (% volume)	86 ± 0,13
	-Tanpa digosok	12 ± 0,17
	-Dengan digosok	
3.	Kadar abu (% massa)	34,29 ± 1,03
4.	Kerapatan partikel (g cm <sup>-3</sup> )	1,17 ± 0,02

Memperhatikan sifat-sifat gambut Rawa Pening yang tidak mudah berubah, maka diharapkan untuk dapat digunakan sebagai bahan pembawa mikroba dalam pupuk hayati. Untuk mempelajari potensi gambut Rawa Pening sebagai bahan pembawa mikroba, maka perlu dilakukan analisis khemis dan biologisnya, sehingga dapat ditentukan kualitas dan teknik pemanfaatan tanah gambut ini sebagai bahan pembawa mikroba.

### Materi dan metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah gambut yang diambil dari Rawa Pening dan dipertahankan dalam keadaan lembab. Dari bahan yang ada ditetapkan pH dan kadar airnya, serta total populasi mikroba. Parameter kimia yang dianalisis adalah kadar C, N, P, K, dan KTK.

Penelitian ini bersifat deskriptif analitis, untuk mengetahui karakteristik gambut Rawa Pening dan kemungkinan terjadinya

perubahan sifat gambut oleh adanya perlakuan suhu pengeringan (kering angin dan oven 105° C) dan sterilisasi (autoklaf pada suhu 121° C, tekanan 1,5 atm). Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah kadar air dan pH tanah gambut setelah mengalami perlakuan pengeringan dan sterilisasi. Parameter biologis yang diamati adalah total populasi mikroba dengan metode cawan tuang (*pour plate*).

### Hasil dan pembahasan

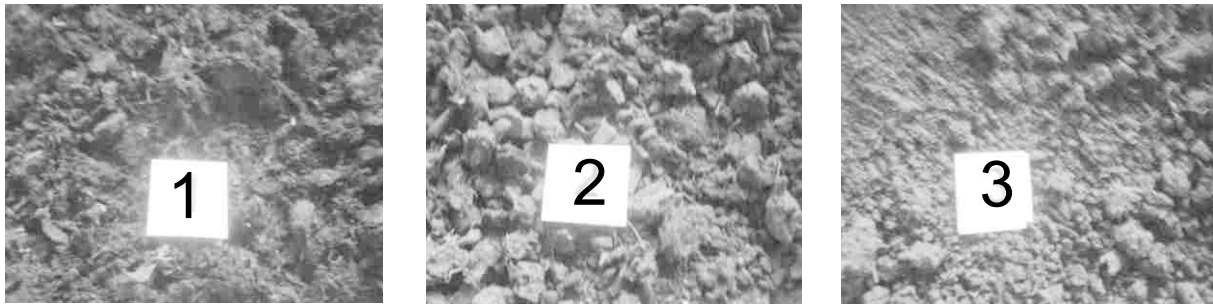
Tanah gambut mempunyai ciri fisik berwarna relatif lebih gelap dengan penyusun utama lignin hingga 64-74 % (Driesen dan Suhardjo, 1976). Menurut Sri Hastuti (2000) tanah gambut Rawa Pening mempunyai warna seperti kartu warna 2.5 YR, 2,5/0 atau hitam, yang mencerminkan kesuburannya cukup baik atau setidaknya mempunyai kemasaman yang rendah. Gambar 1. menunjukkan fisik tanah gambut Rawapening yang diambil dari 3 (tiga) lokasi yang berbeda.

Tabel 2. Kadar air dan pH tanah gambut Rawa Pening  
Table 2. Water content and soil pH of Rawa Pening peat soils

Sampel dari lokasi	Kadar air (%)	pH
1.	89,96	7,05
2.	46,31	6,82
3.	51.05	5,58

Keterangan:

- Lokasi 1: Gambut dari lahan yang masih dipenuhi tumbuhan enceng gondok,  
 Lokasi 2: Gambut dari lahan yang enceng gondoknya telah dipanen (<24 jam)  
 Lokasi 3: Gambut yang sudah ditiriskan di pinggir rawa.



Gambar 1. Kenampakan fisik tanah gambut dari Rawa Pening  
 Figure 1. Physical appearance of Rawa Pening peat soils

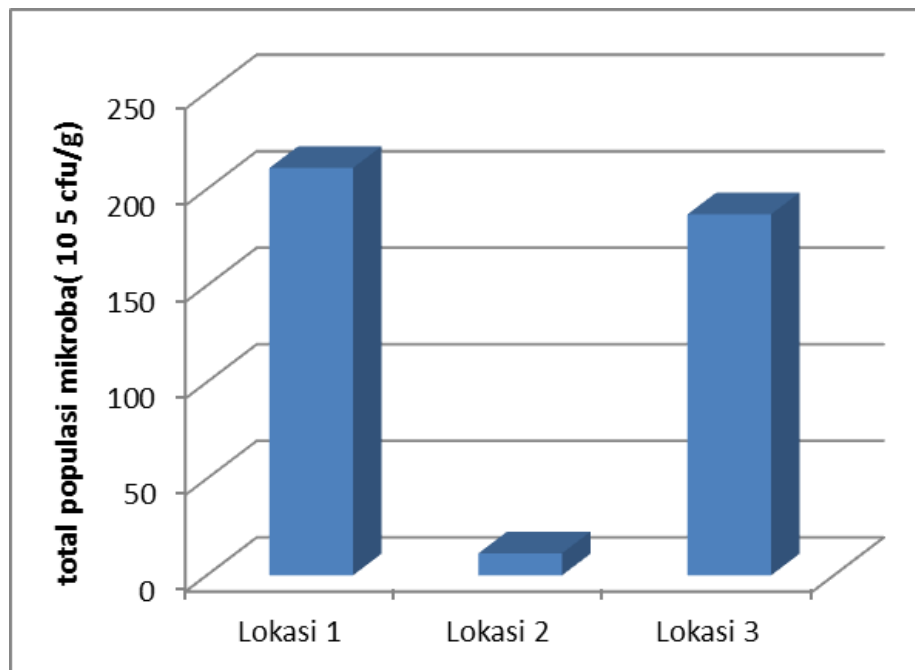
Keterangan : (1) Gambut dari lahan yang masih dipenuhi tumbuhan enceng gondok,  
 (2) Gambut dari lahan yang enceng gondoknya telah dipanen (<24 jam) dan  
 (3) Gambut yang sudah ditiriskan di pinggir rawa

Berdasarkan hasil analisis pH dan kadar air dari ketiga sampel tanah gambut Rawa Pening tampak adanya perbedaan (Tabel 2). Perbedaan kadar air yang sangat tinggi, disebabkan sampel gambut dari lokasi 2 dan 3 sudah mengalami pentirisan, masing-masing selama semalam dan lebih. Berdasarkan pengukuran nilai pH, menunjukkan bahwa dalam kondisi tanah gambut Rawa Pening yang tergenang air cenderung bersifat netral (pH 7,05), setelah mengalami aerasi pH tanah gambut menjadi lebih masam dengan nilai pH 6,82 (masih dapat dikategorikan netral atau sedikit masam) dan pada penumpukan yang cukup lama pH tanah gambut cenderung untuk menurun lagi (pH 5,58) yang kemungkinan disebabkan oleh terjadinya proses biodegradasi aerobik selama dalam penumpukan. Proses biodegradasi bahan organik, baik secara alami maupun diberi inokulan/biostarter akan diikuti dengan pembentukan asam-asam organik, yang menjadikan pH bahan menjadi rendah (Golabi, *et. al.* 2006).

Dari ketiga sampel tanah gambut Rawa Pening yang mempunyai kadar air

berbeda, ternyata mempunyai total populasi mikroba yang berbeda pula (Gambar 2.). Tampak bahwa total populasi mikroba pada Lokasi 1 yang paling tinggi ( $21,1 \times 10^6$  cfu/g tanah), menyusul Lokasi 3 ( $18,7 \times 10^6$  cfu/g tanah), dan paling rendah di Lokasi 2 ( $11,4 \times 10^5$  cfu/g tanah). Kandungan mikroba tanah yang tinggi pada Lokasi 1, dikarenakan adanya interaksi yang baik antara tanah dan tanaman yang tumbuh di atasnya, yang akan mempengaruhi dinamika populasi mikroba tanah di dalamnya. Selain mikroba yang bersifat aerob, ditemukan mikroba yang bersifat anaerob.

Rendahnya total populasi mikroba pada tanah gambut dari Lokasi 2, dikarenakan adanya pemanenan tanaman di atasnya yang merubah dinamika populasi mikroba tanah di dalamnya, yang mengalami *stress* saat pencabutan tanaman dan perubahan lingkungan tumbuh oleh aktivitas pemanenan enceng gondok tersebut. Pada Lokasi 3, terkandung mikroba tanah yang cukup besar pula, oleh adanya proses biodegradasi alami selama penumpukan tanah gambut tersebut seiring dengan waktu.



Gambar 2. Populasi total mikroba dari gambut Rawa Pening dari tiga lokasi.  
Figure 2. Total microbe population from three location in Rawa Pening bog

**Keterangan:**

- Lokasi 1: Gambut dari lahan yang masih dipenuhi tumbuhan enceng gondok,  
Lokasi 2: Gambut dari lahan yang enceng gondoknya telah dipanen (<24 jam)  
Lokasi 3: Gambut yang sudah ditiriskan di pinggir rawa.

Setelah mengalami proses kering angin, kondisi fisik tanah gambut mengalami perubahan pada kadar air yang dikandungnya, dengan perubahan pH menuju netral (Tabel 3.). Tanah gambut Rawa Pening yang telah dikering-anginkan mempunyai kadar air rata-rata 8,34 % dan nilai pH rata-rata 6,62. Setelah proses kering angin, total mikroba yang terkandung di

dalam tanah gambut Rawa Pening mendekati sama dengan rerata  $22,9 \cdot 10^4$  cfu/g tanah. Total populasi mikroba ini dikategorikan sedang, mengingat kandungan mikroba dalam biofertilizer rata-rata  $10^7$  - $10^9$  cfu/g bahan. Kandungan mikroba tersebut perlu dinon-aktifkan atau dimatikan, agar tidak mempengaruhi aktivitas mikroba penyusun pupuk hayati.

Tabel 3. Kadar air, pH dan total populasi mikroba pada tanah gambut Rawa Pening, setelah dikering-anginkan.

Table 3. Water content, pH, and total microbe populations in Rawa Pening peat soils, after air drying

Parameter	Lokasi pengambilan tanah gambut			Rata-rata
	1	2	3	
Kadar air (%)	9,43	6,79	8,79	8,34
pH	6,83	7,00	6,03	6,62
Total populasi mikroba (cfu/g)	$17,7 \cdot 10^4$	$13,7 \cdot 10^4$	$37,2 \cdot 10^4$	$22,9 \cdot 10^4$

**Keterangan:**

- Lokasi 1: Gambut dari lahan yang masih dipenuhi tumbuhan enceng gondok,  
Lokasi 2: Gambut dari lahan yang enceng gondoknya telah dipanen (<24 jam)  
Lokasi 3: Gambut yang sudah ditiriskan di pinggir rawa.

Apabila tanah gambut Rawa Pening diperlakukan kering oven (suhu 105° C selama semalam), maka tidak terlalu mempengaruhi kadar air yang dikandungnya (Tabel 4). Perlakuan kering oven justru berpengaruh pada penurunan nilai pH tanah gambut Rawa Pening. Menurunnya nilai pH akibat perlakuan kering oven ini, barang kali berhubungan dengan menurunnya jumlah populasi sel mikroba yang ada. Melalui

proses kering oven ini banyak mikroba yang mati, karena mengalami lisis sel. Peristiwa lisis sel dapat mengeluarkan senyawa-senyawa atau substansi sel yang bersifat asam, sehingga dapat menurunkan pH bahan dari rata-rata 6,62 menjadi 5,69. Keadaan ini didukung dengan menurunnya total populasi mikroba dari 10<sup>4</sup> menjadi 10<sup>1</sup> cfu/g bahan (Tabel 4).

Tabel 4. Kadar air, pH dan total populasi mikroba pada tanah gambut Rawa Pening, setelah dikering-ovenkan

Table 4. Water content, pH and total microbe population in Rawa Pening peat soils after oven drying

Parameter	Lokasi pengambilan tanah gambut			Rata-rata
	1	2	3	
Kadar air (%)	9,34	5,20	7,21	7,25
pH	6,12	6,16	4,80	5,69
Total populasi mikroba (cfu/g bahan)	32. 10 <sup>1</sup>	28. 10 <sup>1</sup>	41. 10 <sup>1</sup>	33,7. 10 <sup>1</sup>

Keterangan:

Lokasi 1: Gambut dari lahan yang masih dipenuhi tumbuhan enceng gondok,

Lokasi 2: Gambut dari lahan yang enceng gondoknya telah dipanen (<24 jam)

Lokasi 3: Gambut yang sudah ditiriskan di pinggir rawa.

Proses sterilisasi bahan karier merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan, karena bermanfaat untuk melindungi dan menjaga mikroba dalam pupuk hayati selama masa penyimpanan. Sterilisasi yang sering dilakukan adalah dengan penyinaran Gamma pada 50 kGy (5 Mrads), atau dengan autoklaf dengan suhu 121° C, tekanan 1 atm selama 1 jam. Penyinaran Gamma mempunyai kelebihan, karena tidak merubah sifat fisik dan khemis

bahan karier (Mishra and Dadhich, 2010). Melalui proses sterilisasi dengan autoklaf (suhu 121° C, tekanan 1,5 atm selama 15 menit) tidak terlalu berpengaruh terhadap perubahan kadar air dan pH tanah gambut, justru dapat menekan jumlah total populasi mikroba yang dikandungnya (Tabel 5.). Dengan demikian, apabila tidak tersedia fasilitas untuk penyinaran Gamma pada 50 kGy (5 Mrads), maka proses sterilisasi dengan autoklaf dapat dilakukan.

Tabel 5. Kadar air, pH dan total populasi mikroba pada tanah gambut Rawa Pening, setelah disterilkan dengan autoklaf.

Table 5. Water content, pH, and total microbe populations in Rawa Pening peat soils after sterilization with autoclave

Parameter	Lokasi pengambilan tanah gambut			Rata-rata
	1	2	3	
Kadar air (%)	9,69	7,18	8,43	8,43
pH	6,60	6,45	5,06	6,04
Total populasi mikroba (cfu/g tanah)	0	0	0	0

Keterangan:

Lokasi 1: Gambut dari lahan yang masih dipenuhi tumbuhan enceng gondok,

Lokasi 2: Gambut dari lahan yang enceng gondoknya telah dipanen (<24 jam)

Lokasi 3: Gambut yang sudah ditiriskan di pinggir rawa.

Tanah gambut mempunyai kelebihan pada kandungan bahan organik lebih dari 30% (USDA, 1994). Bahan organik ini terdiri atas akumulasi sisa-sisa vegetasi yang telah mengalami humifikasi, namun belum mengalami mineralisasi. Gambut akan terbentuk jika humifikasi lebih besar daripada mineralisasi (Darmawijaya, 1997).

Gambut Rawa Pening mempunyai kandungan C organik rata-rata 11,65 %, dengan kandungan C organik tertinggi pada tanah gambut yang diambil dari lokasi 1 (24,80 %). Keadaan ini dimungkinkan oleh belum banyak terjadi proses biodegradasi dan masih mempunyai siklus kehidupan interaksi antara tanaman, tanah dan air, yang di dalamnya juga terkandung biota tanah lainnya. Sedangkan tanah gambut yang diambil dari lokasi 2 dan 3 berturut-turut 3,10 % dan 7,06 %, karena sudah mengalami pentirisan dan penumpukan yang memungkinkan sudah berjalannya

proses biodegradasi. Kadar N tanah gambut Rawa Pening rata-rata adalah 1,03 yang dapat dikategorikan mempunyai nilai harkat sangat tinggi (Landon, 1984 *dalam* Syekhfani, 2010). Kadar N pada tanah gambut yang diambil dari Lokasi 1 paling tinggi (1,94 %), sedangkan kadar N pada tanah gambut yang diambil dari Lokasi 2 dan 3 berturut-turut 0,27 % dan 0,89 %, yang dikategorikan mempunyai nilai harkat sedang dan tinggi. Kadar N tanah gambut Rawa Pening yang cukup tinggi ini memungkinkan untuk digunakan sebagai hara yang baik bagi mikroba dan tanaman. Nisbah C/N tanah gambut Rawa Pening menunjukkan kemampuan tanah ini sebagai sumber organik yang baik bagi pertumbuhan tanaman (rata-rata C/N 10,73). Tidak mengherankan kalau pada saat ini tanah gambut Rawa Pening beredar di pasaran sebagai pupuk kompos, yang baik untuk media tumbuh tanaman.

Tabel 6. Hasil analisis kimia tanah gambut Rawa Pening  
Table 6. Results of soil chemical analysis of Rawa Pening peat soils

Parameter	Lokasi pengambilan tanah gambut			Rata-rata
	1	2	3	
C-organik (%)	24,80	3,10	7,06	11,65
N-organik (%)	1,94	0,27	0,89	1,03
Nisbah C/N	12,78	11,48	7,93	10,73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	44,00	15,60	19,90	26,50
K (me/100 g)	1,95	0,43	0,52	0,97
KTK (me/100 g)	263,00	62,90	157,00	160,97

Keterangan:

- Lokasi 1: Gambut dari lahan yang masih dipenuhi tumbuhan enceng gondok,  
Lokasi 2: Gambut dari lahan yang enceng gondoknya telah dipanen (<24 jam)  
Lokasi 3: Gambut yang sudah ditiriskan di pinggir rawa.

Kadar P pada tanah gambut Rawa Pening pada kategori rendah pada Lokasi 2 (5-7 ppm), sedang pada lokasi 3 (8-13 ppm) dan tinggi pada lokasi 1 (12-20 ppm), setelah dilakukan konversi dengan dikalikan 0,44 (Syekhfani, 2010). Kadar K tanah gambut Rawa Pening juga tergolong tinggi pada semua lokasi pengambilan sampel tanah. Apabila tanah gambut ini dijadikan media tanam, maka respon tanaman terhadap pemupukan K tidak begitu tampak, karena kandungan K tanah > 0,4 me/100 g (Syekhfani, 2010). Nilai KTK menunjukkan kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara. Nilai KTK tanah gambut Rawa

Pening tergolong sangat tinggi (>40 me/100 g), karena mengandung bahan organik yang cukup tinggi pula.

Sehubungan dengan analisis fisis, khemis dan biologis tanah gambut Rawa Pening, maka dapat dinyatakan bahwa tanah gambut ini baik untuk dijadikan sebagai bahan pembawa mikroba. Disamping mempunyai beberapa sifat fisis yang tidak mudah berubah, tanah gambut ini juga kaya bahan organik dan mempunyai kemampuan menyediakan unsur hara. Berdasarkan analisis biologis, menunjukkan tanah gambut Rawa Pening mengandung populasi mikroba yang sedang dan dapat

ditekan keberadaannya melalui proses sterilisasi autoklaf pada suhu 121° C, tekanan 1,5 atm selama 15 menit.

Simanungkalit *et al.*, (1999) merekomendasikan pemakaian tanah gambut Rawa Pening sebagai bahan pembawa Rhizobia, karena memiliki karakteristik kelembaban yang baik yang ditunjukkan oleh kapasitas menahan air yang tinggi serta kehilangan air yang lebih besar dibutuhkan untuk mengubah potensial. Pemakaian tanah gambut Rawa Pening sebagai bahan pembawa mikroba, dikarenakan murah, mudah didapat, mengandung bahan organik yang tinggi, tidak mengandung senyawa racun, kapasitas menahan air lebih dari 50%, dan mudah dalam penanganannya (Mishra and Dadhich, 2010).

### Simpulan

Tanah gambut Rawa Pening merupakan tanah yang mempunyai tingkat kesuburan cukup baik dan mempunyai nilai kemasaman yang rendah. Tanah gambut Rawa Pening mempunyai kandungan C organik cukup tinggi, N sedang-tinggi, P rendah-sedang, K tinggi dan KTK tinggi, menunjukkan kemampuannya sebagai penyedia unsur hara bagi mikroba dan tanaman yang cukup baik.

Total populasi mikroba pada tanah gambut Rawa Pening cukup tinggi, dan berkurang oleh perlakuan kering angin dan sterilisasi dengan autoklaf. Nilai pH dan kadar air tanah gambut Rawa Pening terhitung stabil (tidak mudah mengalami perubahan) oleh adanya proses kering angin dan sterilisasi dengan autoklaf. Proses kering oven menekan jumlah populasi mikroba tanah, tetapi pH bahan menjadi rendah oleh adanya proses lisis sel.

Memperhatikan sifat-sifat fisis, khemis dan biologisnya menunjukkan gambut Rawa Pening berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan pembawa mikroba. Kriteria kemampuan bahan ini sebagai bahan pembawa mikroba ditunjang oleh harganya yang murah, mudah didapat, mudah dalam penanganan, mengandung bahan organik tinggi, dan tidak bersifat racun.

### Daftar pustaka

- Yuwono, T. 2006. Bioteknologi Pertanian. Gajah Mada Press, Yogyakarta. 284 hal.
- Darmawijaya, M. I. 1997. Klasifikasi Tanah: dasar teori bagi peneliti tanah dan pelaksana pertanian di Indonesia. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. 411 hal.
- Driesen, P. M. dan Suhardjo, H. 1976. On the defective grain formation of sawh rice on peat. Bulletin 3. Soil Research Institute, Bogor. P. 20-44.
- Golabi, M. H., P. Denney and C. Iyekar. 2006. Composting of Disposal Organic Wastes: Resource Recovery for Agricultural Sustainability. The Chinese Journal of Process Engineering 6 (4): 585-591
- Goltenboth, F. and K. H. Timotius. 1992. The Rawa Pening Lake. Fa. Saint and Math. Univ. Kristen Satya Wacana. Salatiga, Indonesia. 84 pp.
- Mishra, B. K. and S. K. Dadhich. 2010. Methodology of Nitrogen Biofertilizer Production. J.Adv.Dev.Res.,Vol-1(1): 2010
- Muraleedaran, H., S. Seshadri, dan K. Perumal. 2010. Booklet on Biofertilizer. Shri AMM Murugappa Chettiar Research Institute, Taramani, Chennai 600 113. 16 pp
- Simanungkalit, R.D.M., R.J. Roughley, and A. Indrasumunar. 1999. The effect of carrier material and moisture potential on the quality of legume inoculants. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 18(1):64-70.
- Soil Survey Staff. 1994. Keys to Soil Taxonomy. USDA. Soil Conservation Service 6<sup>th</sup> ed. Washington DC., 305 p.
- Sri Hastuti. 2000. Sifat-sifat gambut Rawapening yang tidak mudah berubah. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan 2 (1): 17-22
- Syekhfani. 2010. Hubungan hara tanah, air dan tanaman. Dasar-dasar pengelolaan tanah subur berkelanjutan. Putra Media Nusantara. 205 hlm.

