



**PENGGUNAAN STERILISASI  
IRADIASI SINAR GAMMA Co-60 DAN MESIN BERKAS ELEKTRON  
PADA VIABILITAS INOKULAN DALAM BAHAN PEMBAWA  
(KOMPOS DAN GAMBUT)**

Oleh :  
**ENJELIA  
A14060600**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN  
DEPARTEMEN ILMU TANAH DAN SUMBERDAYA LAHAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**2011**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

## RINGKASAN

**ENJELIA.** Penggunaan Sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan Mesin Berkas Elektron pada Viabilitas Inokulan dalam Bahan Pembawa (Kompos dan Gambut). Di bawah bimbingan **ISWANDI ANAS, FAHRIZAL HAZRA,** dan **ANIA CITRARESMINI.**

Bahan pembawa memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan kualitas dari pupuk hayati. Bahan pembawa mengandung mikroba indigenus (bawaan) dalam jumlah yang sangat banyak hingga  $10^6$  sel/gram bahan pembawa bahkan lebih. Oleh karena itu sterilisasi bahan pembawa yang bertujuan membunuh atau mengurangi jumlah mikroba indigenus merupakan suatu hal yang mutlak dilakukan. Beberapa hal yang menjadi faktor penentu dalam sterilisasi bahan pembawa seperti efektivitas sterilisasi, biaya sterilisasi, dan pengaruh proses sterilisasi terhadap sifat bahan pembawa.

Penelitian ini menggunakan beberapa metode sterilisasi yaitu metode Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan metode Mesin Berkas Elektron (MBE) pada 50 kGy. Metode sterilisasi tersebut (keduanya) dibandingkan dengan metode autoklaf yang merupakan metode konvensional dengan suhu  $121^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam dan dilakukan selama 2 hari berturut-turut. Bahan pembawa yang digunakan dalam penelitian ini adalah kompos yang diproduksi di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dan gambut yang diambil dari Kalimantan Selatan, serta untuk menguji kemampuan bertahan hidup inokulan (*Azotobacter*, *Azospirillum*, dan Fungi Pelarut Fosfat), maka inokulan tersebut ditambahkan ke dalam bahan pembawa yang sudah disterilisasi dan kemudian disimpan dalam suhu  $20^{\circ}\text{C}$ . Secara berkala populasi inokulan ditetapkan hingga sepuluh minggu.

Efektivitas dalam membunuh mikroba indigenus dari sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60, MBE, dan autoklaf relatif sama, sedangkan dari hasil pengujian viabilitas inokulan, pengaruh sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan MBE terhadap sifat bahan pembawa lebih baik dibandingkan autoklaf. Tidak seperti metode sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan MBE, metode sterilisasi autoklaf hanya bisa memberikan pengaruh yang baik terhadap bahan pembawa (gambut) kurang dari 6 minggu karena secara visual pada minggu ke-6 mulai terjadi kontaminasi. Bahan pembawa yang disterilisasi dengan metode sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan MBE secara visual masih baik hingga minggu ke-10.

Kata kunci: Sterilisasi Bahan Pembawa, Iradiasi Sinar Gamma, MBE, Viabilitas, Kompos dan Gambut.



## SUMMARY

**ENJELIA.** Using of Gamma Ray Irradiation Co-60 and Electron Beam Machine Sterilization for Inoculants Viability in Carriers (Compost and Peat). Under direction of **ISWANDI ANAS, FAHRIZAL HAZRA,** and **ANIA CITRARESMINI.**

Carrier material is very important role to decide the quality of biological fertilizer. The carrier consist of high amount of indigenous microbes about  $10^6$  cell/gram carrier even more. Therefore, sterilization of carrier material either for kill or reduce the amount of indigenous microbe is the absolutely thing to do. There are several factors in carrier sterilization, such as sterilization activity, sterilization cost, and sterilization process effect of carrier type.

This research used some of sterilization methods, there were Gamma Ray Irradiation C0-60 method and Electron Beam Machine (EBM) method at 50 kGy. Both of them are compared with autoclave method which is conventional method at temperate  $121^{\circ}\text{C}$  for one hour on two days in a row. The carriers that used in this research were compost product of BATAN and peat from South Kalimantan. in testing the ability of inoculants survival (*Azotobacter*, *Azospirillum*, Phosphate Solublizing Fungi), they are added in the sterilized carriers and they are saved at  $20^{\circ}\text{C}$ . and then we do counting the inoculants population periodically until ten weeks.

Gamma Ray Irradiation Co-60, Electron Beam Machine, and autoclave the same method to kill indigenous microbes. Whereas from inoculant viability tests, The Effect of Gamma Ray Irradiation Co-60 and Electron Beam Machine to carriers is better than autoclave because this method only give good effect to carrier (peat) less than six weeks, where contaminant will not found visually. On the other hand the Gamma Ray Irradiation Co-60 and Electron Beam Machine carriers still have good condition until ten weeks.

Keywords: Carrier Sterilization, Gamma Ray Irradiation, EBM, Viability, Compost and Peat.



**PENGUNAAN STERILISASI  
IRADIASI SINAR GAMMA Co-60 DAN MESIN BERKAS ELEKTRON  
PADA VIABILITAS INOKULAN DALAM BAHAN PEMBAWA  
(KOMPOS DAN GAMBUT)**

**Oleh :  
ENJELIA  
A14060600**

Skripsi  
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian,  
Institut Pertanian Bogor

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN  
DEPARTEMEN ILMU TANAH DAN SUMBERDAYA LAHAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**2011**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Penelitian : Penggunaan Sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan Mesin Berkas Elektron pada Viabilitas Inokulan dalam Bahan Pembawa (Kompos dan Gambut)

Nama Mahasiswa : Enjelia

Nomor Pokok : A14060600

**Menyetujui,**  
Pembimbing

Ketua

Prof. Dr Ir Iswandi Anas, M.Sc.  
NIP. 19500509 197703 1 001

Anggota

Anggota

Ir Fahrizal Hazra, M.Sc.  
NIP. 19631120 198903 1 002

Ania Citraresmini, SP. MP.  
NIP. 19720411 200012 2 002

**Mengetahui,**

Ketua Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan

Dr Ir Syaiful Anwar, M.Sc  
NIP. 19621113 198703 1 003

Tanggal lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bagansiapiapi pada tanggal 26 Januari 1988, putri kelima dari lima bersaudara, pasangan Yusrizal Jacob dan Jusmiati. Pendidikan formal penulis dari mulai Sekolah Dasar Negeri (SDN) 004 Bangko Bagansiapiapi yang diselesaikan pada tahun 2000, dilanjutkan dengan pendidikan jenjang Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri (SLTPN) 1 Bangko Bagansiapiapi yang diselesaikan pada tahun 2003. Selanjutnya pada tahun 2003-2006 dengan pendidikan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 1 Bangko Bagansiapiapi. Pada tahun 2006, penulis diterima di Institut Pertanian Bogor melalui program Beasiswa Utusan Daerah Kabupaten Rokan Hilir-Riau, yaitu di Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan dengan Mayor Manajemen Sumberdaya Lahan.

Selama menjadi mahasiswa, penulis berkesempatan menjadi asisten praktikum Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra pada tahun 2007. Penulis aktif di beberapa kegiatan kampus seperti Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah (HMIT) IPB sebagai Sekretaris pada periode 2008/2009, Organisasi Mahasiswa Daerah Riau periode 2006-2010, pelatihan SRI Organik di (NOSC) di Sukabumi (2008 dan 2010), serta mengikuti kepanitiaan beberapa kegiatan seperti Masa Perkenalan Departemen (MPD 2008), Composting (2008-2009), Soilidarity (2008), Seminar Nasional “Soil and Mining” (2008) dan Seminar Nasional “Soil and Palm Oil” (2009).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan berkah dan rahmat-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini berjudul **“Penggunaan Sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan Mesin Berkas Elektron pada Viabilitas Inokulan dalam Bahan Pembawa (Kompos dan Gambut)”**. Selama proses penyelesaian skripsi ini penulis banyak mendapatkan pengetahuan baru, masukan, semangat, dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr Ir Iswandi Anas, M.Sc. selaku pembimbing skripsi yang selalu membagikan ilmu, membimbing, membiayai penelitian, memberi masukan, serta mengajarkan etika baik seorang peneliti.
2. Bapak Ir Fahrizal Hazra, M.Sc. selaku pembimbing skripsi yang selalu menuntun, mengawasi, membagi ilmu dan pengalaman kepada penulis.
3. Ibu Ania Citraesmini SP. MP. selaku pembimbing skripsi yang juga selalu membagikan ilmu dan pengalaman kepada penulis, membimbing jalannya penelitian, sehingga penulis mendapatkan banyak pelajaran.
4. Ibu Dr Rahayu Widyastuti, M.Sc. selaku dosen Penguji tamu yang bersedia meluangkan waktu, memberikan kritik dan masukan yang baik kepada penulis.
5. Ibu Soertini Gandanegara yang senantiasa meluangkan waktu, memberikan masukan, pengetahuan, dan membantu kelancaran penelitian penulis.
6. Ayah, Ibu, dan kakak-kakak atas kasih sayangnya dan senantiasa mendoakan, memberi masukan, dan menyemangati tiada henti.
7. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (PATIR BATAN), lebak Bulus, Jakarta, sebagai salah satu tempat penelitian penulis.
8. Bapak dan Ibu di Laboratorium Bioteknologi Tanah, Pak Sarjito, Ibu Asih, Ibu Juleha, dan Ibu Yeti yang selalu membantu dan mengarahkan penulis selama bekerja di Laboratorium.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

9. Sahabat-sahabat MSL 43 dan sahabat-sahabat lain, seta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas kerjasama yang baik dan semangat yang diberikan.

Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Bogor, Januari 2011

Penulis





## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	v
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	2
1.3. Hipotesis .....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1. Pupuk Hayati ( <i>Biofertilizer</i> ) .....	3
2.2. Mikroba .....	4
2.3. Sterilisasi .....	7
2.4. Bahan Pembawa .....	10
3. BAHAN DAN METODE .....	12
3.1. Waktu Penelitian .....	12
3.2. Tempat Penelitian .....	12
3.3. Bahan dan Alat .....	12
3.4. Metode Penelitian .....	13
3.4.1. Persiapan Sampel Bahan .....	13
3.4.2. Proses Sterilisasi Bahan Pembawa .....	14
3.4.3. Pengujian Proses Sterilisasi dan Inokulasi .....	15
3.4.4. Pengujian Viabilitas Inokulan .....	15
4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	16
4.1. Populasi Mikroba Indigenus dalam Bahan Pembawa Kompos dan Gambut .....	16
4.1.1. Jumlah Populasi Mikroba pada Bahan Pembawa .....	16
4.1.2. Inokulan yang ditambahkan ke dalam bahan pembawa .....	18
4.2. Pengujian Viabilitas Inokulan .....	19
4.2.1. <i>Azotobacter</i> .....	19
4.2.2. <i>Azospirillum</i> .....	20
4.2.3. Fungi Pelarut Fosfat .....	21
5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	25
5.1. Kesimpulan .....	25
5.2. Saran .....	25
DAFTAR PUSTAKA .....	26
LAMPIRAN .....	29



## DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
	<i>Teks</i>	
1.	Jumlah Populasi Mikroba dalam Bahan Pembawa Sebelum dan Setelah Sterilisasi .....	16
2.	Jumlah Populasi Inokulan yang Ditambahkan ke dalam Bahan Pembawa .....	18
3.	Viabilitas <i>Azotobacter</i> dalam Bahan Pembawa Kompos dan Gambut .....	19
4.	Viabilitas <i>Azospirillum</i> pada Bahan Pembawa Kompos dan Gambut .....	20
5.	Viabilitas Fungi Pelarut Fosfat dalam Bahan Pembawa Kompos dan Gambut .....	22
	<i>Lampiran</i>	
1.	Medium <i>Nutrient Broth</i> dan <i>Nutrien Agar</i> .....	30
2.	Medium <i>Nitrogen Free Manitol</i> .....	30
3.	Medium <i>Nitrogen Free Bromtymolblue</i> .....	30
4.	Medium <i>Pikovskaya</i> .....	31
5.	Medium <i>Potato Dextrose Agar</i> .....	31
6.	Hasil Pengukuran pH .....	31

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Efektifitas disinfeksi Radiasi Sinar Gamma pada Kompos terhadap Jumlah Mikroba dan Fungi (Nhan <i>et al.</i> , 2004).....	9
2.	Skema Mesin Beerkas Elektron (Sukarman, 2007) .....	10
3.	Ketahanan Hidup Bakteri <i>Rhizobium</i> DCM 2.1.2 dalam Tanah Gambut pada Bulan Ke-3(Harmastini <i>et al.</i> , 1996) .....	11
4.	Bagan Prosedur Kerja .....	13
5.	Jumlah Populasi <i>Azotobacter</i> dalam Bahan Pembawa Kompos dan Gambut Berdasarkan Lama Penyimpanan .....	20
6.	Jumlah populasi <i>Azospirillum</i> dalam Bahan Pembawa Kompos dan Gambut Berdasarkan Lama Penyimpanan.....	21
7.	Jumlah Populasi Fungi Pelarut Fosfat dalam Bahan Pembawa Kompos dan Gambut Berdasarkan Lama Penyimpanan.....	23
<i>.Lampiran</i>		
1.	Sterilisasi Bahan Pembawa dengan Metode Gamma Irradiation Co-60.....	32
2.	Sterilisasi Bahan Pembawa dengan Metode Mesin Berkas Elektron .....	32
3.	Sterilisasi Bahan Pembawa dengan Metode autoklaf .....	32
4.	Proses Inokulasi .....	32
6.	Penjamuran pada Bahan Pembawa (Gambut).....	32

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pupuk hayati merupakan suatu bahan yang mengandung sejumlah mikroba yang menguntungkan dalam penyediaan hara yang dibutuhkan tanaman, memacu pertumbuhan tanaman, menambat nitrogen, melarutkan fosfat, dan juga mencegah timbulnya patogen. Bahan pembawa menjadi faktor penting dalam menghasilkan pupuk hayati yang berkualitas, sehingga perlu digunakan metode sterilisasi yang tepat dan efektif.

Proses sterilisasi digunakan untuk menghilangkan atau mengurangi mikroba yang terdapat di dalam bahan pembawa, untuk mencegah persaingan yang terjadi antara mikroba indigenus (bawaan) dan mikroba yang ditambahkan. Jika bahan pembawa bebas dari mikroba alami di dalamnya, maka mikroba yang ditambahkan akan berfungsi secara optimal.

Lawrence (1956) dalam Toharisman (1989) mengatakan bahwa metode sterilisasi yang digunakan adalah metode fisik dan kimia. Metode fisik meliputi pemanasan, pengeringan, dan radiasi, sedangkan metode kimia dengan pemberian senyawa-senyawa kimia. Sterilisasi panas lembab cukup efektif dalam mematikan mikroba dengan diikuti oleh perubahan sifat bahan yang disterilisasi, sedangkan sterilisasi pengeringan hanya menurunkan jumlah mikroba dalam sementara waktu dan jumlah mikroba akan kembali meningkat setelah kondisi lingkungan kembali normal.

Sterilisasi radiasi yang umum digunakan adalah sterilisasi dengan memanfaatkan radiasi gamma. Metode sterilisasi ini tidak menyebabkan terjadinya perubahan sifat bahan, sehingga jika ditambahkan sejumlah mikroba yang menguntungkan, bahan pembawa akan mampu menjadi wadah yang baik untuk menyimpan mikroba seperti *Azotobacter*, *Azospirillum*, dan Fungi Pelarut Fosfat. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian mengenai keefektifan dari beberapa metode sterilisasi seperti penggunaan metode sterilisasi autoklaf, Iradiasi Sinar Gamma Co-60, dan Mesin Berkas Elektron. Berbagai metode sterilisasi akan memberikan keefektifan yang hampir sama dalam mengurangi jumlah

mikroba indigenus. Kualitas dari bahan pembawa seperti Kompos dan Gambut yang telah disterilkan dapat diketahui melalui pengujian viabilitas inokulan berdasarkan lama penyimpanan.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui jumlah populasi mikroba indigenus di dalam bahan pembawa kompos dan gambut;
2. Mengetahui efektivitas metode sterilisasi bahan pembawa dengan menggunakan Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan Mesin Berkas Elektron (MBE) yang dibandingkan dengan metode sterilisasi autoklaf;
3. Mengetahui viabilitas inokulan *Azotobacter*, *Azospirillum*, dan Fungi Pelarut Fosfat di dalam bahan pembawa kompos dan gambut yang sudah disterilisasi.

## 1.3. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan adalah:

1. Bahan pembawa kompos dan gambut mengandung mikroba indigenus yang tinggi;
2. Sterilisasi bahan pembawa kompos dan gambut menggunakan Iradiasi Sinar Gamma Co-60, Mesin Berkas Elektron, dan autoklaf sama efektifnya dalam membunuh mikroba indigenus;
3. Viabilitas inokulan dalam kompos dan gambut yang disterilisasi dengan menggunakan metode sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan Mesin Berkas Elektron akan dapat dipertahankan dalam waktu penyimpanan 70 hari.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pupuk Hayati (*Biofertilizer*)

Bahan organik adalah fraksi organik yang berasal dari biomassa tanah dan biomassa dari luar tanah. Biomassa tanah adalah massa total flora dan fauna tanah serta bagian vegetasi yang hidup dalam tanah (akar). Biomassa luar tanah adalah massa bagian vegetasi yang hidup diluar tanah (daun, batang, cabang, ranting, bunga, buah, dan biji) (Notohadiprawiro, 1999). Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari tanaman dan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan dalam mensuplai bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Simanungkalit *et al.*, 2006).

Pupuk hayati berbeda dengan pupuk organik, pada pupuk hayati digunakan mikroba yang dimasukkan ke dalam suatu bahan pembawa. Pupuk ini berperan dalam meningkatkan pengambilan hara oleh tanaman dari dalam tanah atau udara. Mikroba yang digunakan umumnya adalah jenis mikroba yang mampu bersimbiosis dengan tanaman inangnya.

Rao (1982) menganggap bahwa sebenarnya penggunaan inokulan mikroba lebih tepat dengan istilah pupuk hayati. Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) Biofertilizer Project Group (2006) mengusulkan definisi pupuk hayati merupakan suatu substans yang mengandung mikroba hidup yang mengkolonisasi rizosfer atau bagian dalam tanaman dan memacu pertumbuhan dengan jalan meningkatkan pasokan ketersediaan hara primer dan atau stimulus pertumbuhan tanaman target, yaitu bila dipakai pada benih, permukaan tanaman, atau tanah.

Mikroba yang digunakan sebagai pupuk hayati (*biofertilizer*) dapat diberikan langsung ke dalam tanah, disertakan dalam pupuk organik atau disalutkan pada benih yang akan ditanam. Penggunaan yang menonjol dewasa ini adalah mikroba penambat N dan mikroba untuk meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Sumber utama N berasal dari gas  $N_2$  dari atmosfer.

Pupuk hayati dibuat dengan menggunakan beberapa komponen dasar yaitu (1) mikroba yang sesuai untuk suatu jenis pupuk hayati, (2) medium untuk

perbanyak sel mikroba yang akan digunakan, (3) bahan pembawa (*carrier*) mikroba, dan (4) bahan pengemas.

Baku mutu pupuk hayati merupakan syarat-syarat mutu yang harus dipenuhi oleh suatu pupuk hayati agar fungsi mikroba yang terkandung dalam pupuk hayati yang bersangkutan dapat memberikan pengaruh positif terhadap tanaman yang diinokulasi. Beberapa karakteristik mikroba yang menentukan mutu suatu pupuk hayati antara lain adalah 1) jumlah populasi, minimal populasi mikroba yang hidup pada waktu produksi dan sebelum kadaluarsa yang dapat memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman, 2) keefektifan, yaitu mikroba dalam inokulan merupakan mikroba pilihan (unggul) hasil seleksi, 3) bahan pembawa, harus dapat memberikan lingkungan hidup yang baik bagi mikroba atau campuran berbagai mikroba selama produksi, transportasi, dan penyimpanan sebelum inokulan tersebut digunakan, 4) masa kadaluarsa, yaitu menyangkut umur inokulan apakah masih dapat digunakan. Bila masa kadaluarsa initerlewati, mutu (keefektifan) inokulan telah menurun, karena jumlah mikroba sudah tidak memenuhi syarat minimal (Simanungkalit *et al.*, 2006).

## 2.2. Mikroba

Sejumlah besar mikroba terdapat di dalam tanah dan sebagian besar dari mereka termasuk dalam golongan tumbuhan (Yuwono, 2006). Secara umum, mikroba tanah digolongkan sebagai fauna tanah dan flora tanah. Fauna tanah terdiri dari fauna makro, yang terdiri dari herbivora dan karnivora dan fauna mikro yang berupa parasit seperti nematoda, protozoa, dan rotifer. Selain itu juga terdapat mikroflora yang meliputi ganggang, cendawan, aktinomisetes, dan bakteri.

Sebagian besar bakteri tanah merupakan khemoheterotrofik yang tergantung pada karbon organik dan bersifat nonfotosintetik, berperan besar dalam siklus energi dan hara. Diversitas dan kelimpahan bakteri tergantung pada ketersediaan hara dan kondisi lingkungan, sedangkan fungi merupakan mikroba organo/heterotrofik yang variatif baik dari segi ukuran maupun strukturnya. Jamur berkembangbiak dari spora yang berstruktur seperti benang, ber dinding atau tanpa dinding penyekat. Benang-benang ini secara individu disebut hifa (Hanafiah, 2005).

Cendawan (fungi) adalah mikroba eukariotik yang berbentuk filamen. Cendawan biasanya terdapat pada tempat-tempat yang banyak mengandung substrat organik. Peran cendawan dalam suatu ekosistem biasanya sebagai perombak bahan organik, agen penyakit, simbiosis yang menguntungkan, dan agen agregasi tanah. Iswandi (1989) mengatakan bahwa sejumlah fungi dapat menyebabkan penyakit (patogen). Penghitungan fungi bisa dengan metode agar cawan tetapi kurang memuaskan karena akan sulit menentukan fungi berasal dari spora atau hifa.

Yuwono (2006) mengatakan bahwa fungi merupakan jasad mikro yang lebih mampu bertahan hidup dibandingkan bakteri dan memiliki metabolisme yang lebih efisien. Rao (1994) mengatakan bahwa kualitas dan kuantitas bahan organik yang ada dalam tanah mempunyai pengaruh langsung terhadap jumlah fungi dalam tanah karena kebanyakan fungi itu nutrisinya heterotrofik. Fungi dominan pada tanah yang asam karena lingkungan asam tidak baik untuk bakteri sehingga fungi dapat memonopoli pemanfaatan substrat alami dalam tanah. Fungi juga ada dalam tanah yang netral atau bersifat basa dan beberapa dapat tetap hidup dalam pH di atas 9.0. Tetapi pada kelembaban tanah yang terlalu tinggi jumlahnya dapat menurun.

### *Azotobacter*

*Azotobacter* merupakan bakteri penambat nitrogen yang hidup bebas. Bersifat gram negatif dan berflagela, aerob obligat, tumbuh baik pada media defisien N dan menghasilkan lendir kapsuler apabila diberikan glukosa sebagai sumber karbon (Imas *et al.*, 1989).

Alexander (1977) mengatakan, suhu yang optimum bagi pertumbuhan *Azotobacter* adalah  $\pm 30^{\circ}\text{C}$ . Menurut Waksman (1961), ketika suplai nitrogen menurun, hanya mikroba yang dapat menfiksasi nitrogen dari atmosfer yang akan mampu untuk mengubah dan menggunakan glukosa. *Azotobacter chroococcum* hanya ditemukan pada tanah yang memiliki pH di atas 6.0 padahal *Azotobacter indicum* dapat bertahan pada reaksi yang lebih masam. *Azotobacter* menunjukkan suatu kelompok yang sangat menarik dari organisme aerob. *Azotobacter* dapat hidup pada temperatur diantara  $10^{\circ}\text{C}$  dan  $40^{\circ}\text{C}$  dan optimum pada  $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$ .



mikroba ini sangat sensitif pada kondisi masam dan optimum pada pH 7-8. Sumber energi yang digunakan mikroba ini, sebagian besar dari bahan organik.

### *Azospirillum*

*Azospirillum* berasal dari kata "azote" yang berarti nitrogen (Prancis) dan "spirillum" berarti spiral, dengan demikian *Azospirillum* berarti spiral nitrogen (Iswandi, 1989). *Azospirillum* banyak terdapat di daerah perakaran tanaman rumput-rumputan. Bakteri ini juga menghasilkan metabolit penting.

Penambatan nitrogen atmosfer oleh *Azospirillum* paling baik terjadi pada keadaan mikroaerofilik. Meskipun demikian, bakteri ini tidak dapat menambat nitrogen dalam keadaan anaerob total. Inokulan *Azospirillum* dapat dibuat dengan menggunakan beberapa bahan pembawa, misalnya gambut, pupuk kandang, arang, dan sebagainya (Yuwono, 2006).

Koloni *Azospirillum* dapat dilihat dari pembentukan *pelicle* berwarna putih, padat dan berombak jika ditumbuhkan pada media semi padat yang mengandung malat. Pertumbuhan *Azospirillum* optimum pada suhu antara 32–36<sup>0</sup> C dan pH diantara 6.8–7.9. *Azospirillum* merupakan bakteri gram negatif yang dapat memfiksasi N<sub>2</sub> pada kondisi mikroaerofilik tanpa membentuk bintil akar. Rao (1982) mengatakan bahwa nitrogen yang telah difiksasi diserap tanaman dalam bentuk ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Inokulasi dengan *Azospirillum* memiliki pengaruh yang baik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman secara nyata, demikian pula dengan kandungan N tanaman serta hasil bijinya pada kondisi lapangan (Yuwono, 2006). Menurut Iswandi (1989), ada tiga pendapat tentang mekanisme menguntungkan dari *Azospirillum* adalah 1) pengikatan N<sub>2</sub> udara oleh *Azospirillum* yang hidup di sekitar akar dan tersedia bagi tanaman, 2) *Azospirillum* melindungi tanaman dari patogen, 3) *Azospirillum* menstimulir pertumbuhan tanaman melalui produksi hormon, vitamin, dan zat pengatur tumbuh. *Azospirillum* menghasilkan hormon pemacu pertumbuhan tanaman diantaranya adalah IAA, giberelin dan sitokonin (Tien *et al.*, 1979).

## Fungi Pelarut Fosfat

Aktivitas mikroba tanah berpengaruh langsung terhadap ketersediaan fosfat di dalam larutan tanah. Sebagian aktivitas mikroba tanah dapat melarutkan fosfat dari ikatan fosfat tak larut menjadi mudah larut. Kelompok mikroba yang mampu menyediakan fosfat meliputi kelompok bakteri maupun fungi. Beberapa bakteri tanah khususnya yang termasuk genus *Pseudomonas* dan *Bacillus*, serta fungi yang termasuk dalam genus *Penicillium* dan *Aspergillus* mempunyai kemampuan untuk mengubah fosfat yang tidak tersedia bagi tanaman (tidak larut) menjadi bentuk fosfat yang larut sehingga dapat digunakan oleh tanaman (Yuwono, 2006).

Hifnalisa (1998) mengatakan bahwa tidak terdeteksinya Fungi Pelarut Fosfat tidak hanya disebabkan oleh rendahnya populasi mikroba tersebut di alam tetapi juga oleh karena kelemahan metode penetapan populasi dengan medium *Pikovskaya*. Medium *Pikovskaya* [mengggunakan sumber P dari  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ] mempunyai pH 7.5 yang menyebabkan bakteri tumbuh lebih dominan dan berkembang dengan cepat, dengan demikian pertumbuhan fungi tertekan.

### 2.3. Sterilisasi

#### Autoklaf

Mensterilkan tanah atau bahan pembawa dapat menjadikannya steril sepenuhnya atau steril sebagian karena tidak semua mikroba dapat dihilangkan. Biasanya dibutuhkan sterilisasi sebagian untuk membunuh mikroba berbahaya atau patogen fungi tetapi tidak membunuh keseluruhan populasi. Sebagian teori menjelaskan akibat sterilisasi sebagian dapat meningkatkan kesuburan tanah. Proses sterilisasi seringkali dibutuhkan untuk pekerjaan di laboratorium, pertumbuhan kultur murni mikroba yaitu untuk pengujian kemurnian strain, dan pemeliharaan peralatan laboratorium (Hadioetomo, 1993).

Sterilisasi yang menggunakan autoklaf dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu: 1) mensterilisasi bahan pembawa dengan autoklaf pada suhu  $121^\circ\text{C}$  selama 4 jam, atau 2) mensterilisasi bahan pembawa selama 1 jam pada suhu  $121^\circ\text{C}$  untuk 2 sampai 3 kali setiap hari. Cara kedua biasanya dilakukan karena bahan pembawa tidak dapat disteril secara penuh pada autoklaf. Setiap 4 jam sekali mikroba sering mengalami toleran terhadap temperatur sehingga spora fungi dapat berkecambah.

Perkecambahan spora fungi ini dapat menekan pertumbuhan bakteri seperti *Rhizobium*, *Azotobacter*, dan *Azospirillum*, sehingga diperlukan sterilisasi berulang dalam beberapa hari seperti cara kedua.

### **Iradiasi Sinar Gamma Co-60**

Radiasi sinar Gamma atau elektron berenergi tinggi disebut juga radiasi pengion karena energi radiasi yang terserap oleh benda akan berinteraksi dengan inti atom benda tersebut dan menimbulkan ionisasi, eksitasi dan reaksi kimia. Perubahan ini menimbulkan efek biologi yang mengubah proses kehidupan normal dari sel hidup. Pada mikroba perubahan tersebut terutama terjadi pada DNA. Mikroba dapat kehilangan kesanggupan untuk membelah diri akibat perubahan yang ditimbulkan oleh radikal bebas hasil ionisasi lingkungan (Ridwan, 1986).

Pemakaian radiasi sinar Gamma atau elektron berenergi tinggi untuk mengontrol kehidupan mikroba merupakan suatu cara pengontrolan yang sama pentingnya dengan cara-cara konvensional seperti pemanasan, pendinginan dan penggunaan zat kimia (Hilmy, 1986).

Sterilisasi bahan pembawa sangat penting untuk menjaga tingginya jumlah bakteri inokulan pada bahan pembawa untuk periode penyimpanan yang lama. Iradiasi Sinar Gamma adalah cara yang paling sesuai untuk sterilisasi bahan pembawa, karena proses ini membuat hampir tidak menyebabkan terjadinya perubahan dalam sifat fisik dan kimia dari bahan.

Darjanto (1995) mengatakan bahwa semakin berkurangnya sel *Salmonella kentucky* sangat nyata dengan bertambahnya dosis radiasi. Kematian bakteri yang semakin besar dengan bertambahnya dosis ini diakibatkan karena kemampuan sinar Gamma yang sangat besar sebagai pengion dengan panjang gelombang yang pendek dan energi yang besar untuk membunuh mikroba.

Salah satu penelitian mengatakan bahwa fungi akan mati jika dipanaskan pada suhu 121°C ataupun dengan penggunaan Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan Mesin Berkas Elektron dengan dosis 50 kGy, yaitu berdasarkan pemaparan Nhan *et al.* (2004) dalam Gambar 1 berikut,

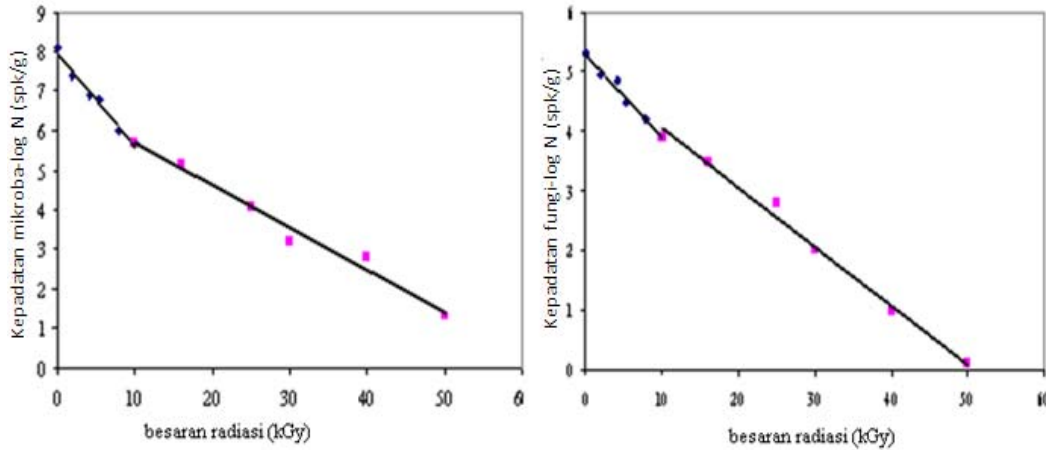
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan literatur atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

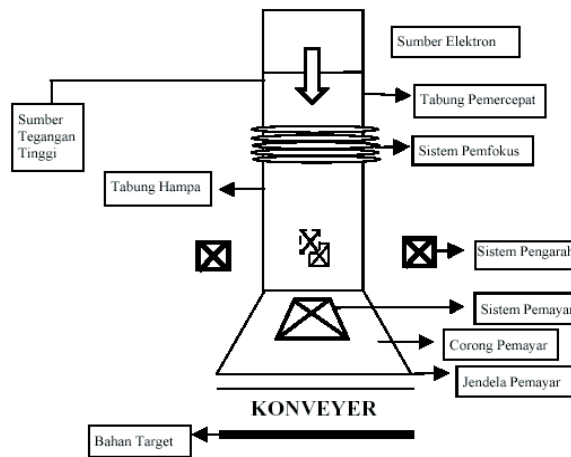
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 1. Efektifitas disinfeksi radiasi sinar Gamma pada kompos terhadap jumlah mikroba dan fungi (Nhan *et al.*, 2004).

**Mesin Berkas Elektron (MBE)**

Mesin Berkas Elektron (MBE) dikatakan sebagai sumber radiasi yang dioperasikan pada tegangan tinggi. Prinsip kerja MBE secara singkat yaitu elektron dihasilkan oleh sumber elektron yang umumnya berupa filamen yang dipanaskan dengan arus listrik sehingga menghasilkan elektron-elektron bebas, yang pada akhirnya berkas elektron dipancarkan dengan sistem pemayar berkas untuk mengiradiasi bahan atau target (Sukarman, 2007).



Gambar 2. Skema Mesin Berkas Elektron (Sukarman, 2007)

Berkas elektron yang dihasilkan oleh MBE melalui jendelanya itu dapat menumbuk perangkat transportasi yang biasanya terbuat dari logam sehingga terbentuk sinar-X, dan untuk menghindarkan bahaya sinar-X itulah diperlukan sistem perisai berupa tembok beton atau sekat pengaman yang terbuat dari logam berat seperti lembaran logam timbal (Pb). Dengan demikian operator MBE akan terhindar dari radiasi sinar-X (Razzak, 1990).

Perbedaan metode sterilisasi autoklaf dengan metode radiasi yaitu autoklaf menggunakan biaya yang rendah, sesuai untuk perawatan atau pengolahan skala kecil sedangkan sterilisasi radiasi menggunakan biaya yang tinggi tetapi sterilisasinya menyeluruh atau lengkap serta cocok untuk skala besar. Keuntungan dari radiasi Gamma dan MBE antara lain yaitu sinar Gamma memiliki penetrasi (daya tembus) tinggi dan membentuk sistem yang baik, dan MBE walaupun memiliki penetrasi yang rendah (perlakuan permukaan), MBE memiliki pengamanan yang tinggi dan biaya yang rendah (Kume, 2005).

## 2.4. Bahan Pembawa

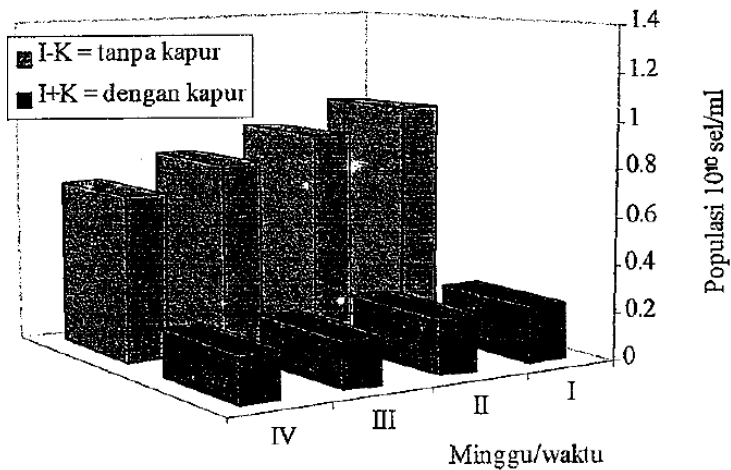
### Kompos

Proses pengomposan di lingkungan alam terbuka, bisa terjadi dengan sendirinya. Lewat proses alami, bahan-bahan seperti rumput, daun-daunan dan kotoran hewan serta sampah lama-kelamaan membusuk karena adanya kerjasama antara mikroba dengan faktor lingkungan yang salah satunya adalah cuaca. Proses tersebut bisa dipercepat oleh perlakuan manusia, yaitu dengan menambahkan mikroba pengurai sehingga dalam waktu yang singkat akan diperoleh kompos yang berkualitas baik.

Kompos dapat memperbaiki pH dan meningkatkan hasil pertanian pada tanah masam jika digunakan dalam jangka panjang. Kompos mengandung banyak mikroba, dengan ditambakkannya kompos ke dalam tanah, mikroba lain yang berada di dalam tanah akan terpacu untuk terus berkembang sehingga proses dekomposisi akan terus berlanjut di tanah tanpa mengganggu tanaman. Selama proses pengomposan, mikroba yang bersifat patogen akan mati karena suhu yang sangat tinggi (Setyorini *et. al.*, 2006).

## Gambut

Ketahanan hidup bakteri *Rhizobium* pada bahan pembawa gambut ternyata sangat ditentukan oleh kondisi pH gambut yang digunakan. Sel bakteri yang disimpan pada tanah gambut yang diberi perlakuan kapur untuk menetralkan pH hingga 6.8 ternyata lebih dapat bertahan hidup dibandingkan dengan penyimpanan pada tanah gambut yang tidak diberi kapur. Jumlah sel yang dapat hidup pada gambut yang diberi kapur lebih tinggi dibandingkan tanpa kapur (Harmastini *et al.*, 1996).



Gambar 3. Ketahanan hidup bakteri *Rhizobium* DCM 2.1.2 dalam tanah gambut pada bulan ke-3 (Harmastini *et al.*, 1996)

Setelah penyimpanan dua bulan terjadi penambahan jumlah bakteri, demikian juga halnya dengan masa penyimpanan selama tiga bulan. Gambut tanpa kapur mengalami penurunan jumlah sel bakteri. Pengemasan produk inokulan dilakukan dengan cara memasukkan suspensi bakteri ke dalam bahan pembawa gambut yang telah disterilisasi dengan sinar Gamma (50 kGy).



## BAB III

### BAHAN DAN METODE

#### 3.1. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2010-Juli 2010. Penelitian dimulai dari tahap persiapan sampel bahan, proses sterilisasi, pengujian proses sterilisasi dan inokulasi, serta pengujian viabilitas inokulan.

#### 3.2. Tempat Penelitian

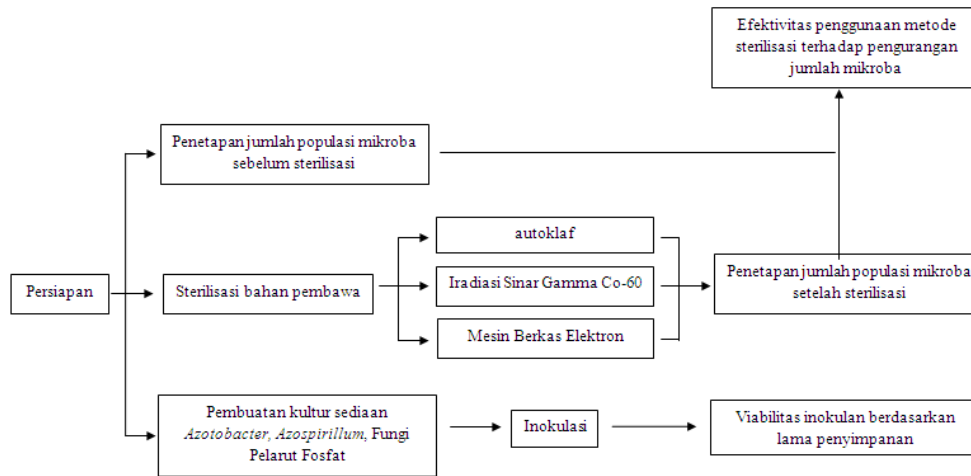
Penelitian dilakukan di Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (PATIR BATAN) untuk melakukan proses sterilisasi bahan pembawa dengan menggunakan Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan Mesin Berkas Elektron (MBE). Persiapan bahan pembawa kompos dan gambut (pengeringudaraan, penghalusan, penetapan kadar air, serta pengepakan dalam kantong plastik tahan panas), proses pengujian sterilisasi, dan viabilitas inokulan di dalam bahan pembawa dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Institut Pertanian Bogor (IPB).

#### 3.3. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah gambut yang diambil dari Kalimantan Selatan, Kecamatan Gambut-Banjarmasin; kompos yang diproduksi di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), terbuat dari pangkasan rumput dari lokasi BATAN yang pengolahannya juga dilakukan di laboratorium BATAN; Cocopeat dan Kompos yang diperoleh dari toko pertanian; biakan *Azotobacter*, biakan *Azospirillum*, dan biakan Fungi Pelarut Fosfat. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Mesin Iradiasi Sinar Gamma Co-60, Mesin Berkas Elektron, autoklaf, *laminar flow*, dan *oven*.

Medium yang digunakan untuk menumbuhkan mikroba (Tabel lampiran 1, 2, 3, 4, dan 5) antara lain adalah *Nutrient Broth* dan *Nutrient Agar*, *Nitrogen Free Manitol*, *Nitrogen Free Bromtymolblue*, *Pikovskaya*, dan *Potato Dextrose Agar*.

### 3.4. Metode Penelitian



Gambar 4. Bagan Prosedur Kerja

Metode penelitian dibagi dalam beberapa tahapan yaitu:

#### 3.4.1. Persiapan Sampel Bahan Pembawa

Bahan yang digunakan sebagai sampel bahan pembawa disiapkan sebanyak 10 gram per kemasan. Kemasan yang digunakan ada dua jenis yaitu plastik tahan panas yang digunakan untuk sterilisasi autoklaf dan plastik *High Density Pressure* yang digunakan untuk sterilisasi Iradiasi Gamma Co-60 dan Mesin Berkas Elektron (MBE).

Tujuan menggunakan plastik tersebut agar dalam proses sterilisasi bahan terjaga dengan baik tanpa terjadi kerusakan kemasan yang nantinya akan mempengaruhi kualitas bahan pembawa. Tujuan memasukkan 10 gram bahan pembawa dalam setiap kemasan adalah untuk mempermudah dalam pengujian proses sterilisasi yaitu dalam menetapkan populasi mikroba setelah proses sterilisasi. Proses ini akan mengurangi terjadinya kontaminasi, selain itu mempermudah dalam melakukan viabilitas inokulan.

Biakan *Azotobacter* dan *Azospirillum* terlebih dahulu diperbanyak dengan menggunakan *Nutrient Broth* sedangkan biakan Fungi Pelarut Fosfat diperbanyak dengan menggunakan *Potato Dextrose Agar*. Kemudian *Azotobacter* ditumbuhkan



pada medium *Nitrogen Free Manitol*, *Azospirillum* ditumbuhkan pada medium *Nitrogen Free Bromtymolblue*, dan Fungi Pelarut Fosfat ditumbuhkan pada medium *Pikovskaya*. Hal ini dilakukan sebelum proses inokulasi.

### 3.4.2. Proses Sterilisasi Bahan Pembawa

Metode sterilisasi yang digunakan adalah Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan Mesin Berkas Elektron (MBE) pada 50 kGy, serta autoklaf pada 121°C. Tahap pelaksanaan Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dimulai dengan memasukkan bahan pembawa yang telah dikemas ke dalam *irradiator* (Gambar lampiran 1), yaitu ruangan tempat melakukan iradiasi di Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (PATIR BATAN). Bahan mendapatkan radiasi dari sumber radiasi Co-60. Ruang radiasi dilapisi oleh beton dengan ketebalan 1-2 meter untuk menahan radiasi. Proses yang berjalan di dalam ruang radiasi dikelola melalui pusat kendali yang berada di luar ruang radiasi. Setelah mendapatkan radiasi sinar Gamma dalam waktu tertentu maka bahan pembawa dikeluarkan dari ruang radiasi.

Kerja Iradiasi Sinar Gamma Co-60 berbeda dengan MBE. Tahap pelaksanaan sterilisasi dengan metode MBE (di PATIR BATAN) dimulai dengan memasukkan bahan yang sudah dikemas ke dalam wadah, yang diatur sedemikian rupa agar ketebalan bahan dalam kemasan kurang dari 1 cm. Wadah tersebut dimasukkan ke dalam ruangan yang berlapis beton untuk melewati pancaran elektron pada jalur khusus ruang radiasi (Gambar lampiran 2). Dalam proses ini hanya terjadi tumbukan terhadap permukaan bahan, oleh karena itu kemasan yang disiapkan harus tipis sehingga seluruh bahan akan terkena radiasi.

Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan MBE disebut juga metode sterilisasi dingin, sedangkan autoklaf merupakan metode sterilisasi panas lembab. Tahapan pengerjaan sterilisasi metode autoklaf dimulai dengan memasukkan bahan yang sudah dikemas ke dalam keranjang autoklaf, kemudian mengatur temperatur 121°C selama 60 menit (Gambar lampiran 3). Proses ini dilakukan sebanyak dua kali di hari yang berbeda. Setelah sterilisasi pertama selesai, bahan-bahan dikeringudarkan dengan posisi masih di dalam plastik yang ujungnya dijepit menggunakan klip, selanjutnya di hari yang kedua dilakukan kembali sterilisasi

autoklaf dengan cara yang sama, kemudian kemasan ditutup dengan menggunakan *sealer* sehingga terhindar dari kontaminasi. Proses sterilisasi autoklaf ini dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB.

### 3.4.3. Pengujian Proses Sterilisasi dan Inokulasi

Efektivitas dari proses sterilisasi dapat diketahui melalui pengujian sterilitas, yaitu dengan melakukan penetapan jumlah populasi mikroba setelah proses sterilisasi dilakukan. Jumlah populasi yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan jumlah populasi mikroba indigenus sebelum proses sterilisasi yang telah ditetapkan sebelumnya. Selanjutnya dilakukan proses inokulasi secara aseptik di *laminar flow*.

Proses inokulasi diawali dengan melakukan pembuatan kultur sediaan untuk masing-masing inokulan *Azotobacter*, *Azospirillum*, dan Fungi Pelarut Fosfat. Kultur sediaan masing-masing sebanyak 5 ml dimasukkan ke dalam masing-masing bahan pembawa dengan cara injeksi, selanjutnya lubang bekas injeksi ditutup sehingga tidak memungkinkan terjadinya kontaminasi. Setiap kemasan diberi label, larutan inokulan dalam bahan pembawa diratakan hingga homogeny, kemudian dimasukkan ke dalam kotak, dan disimpan pada suhu 20°C (Gambar lampiran 4).

### 3.4.4. Pengujian Viabilitas Inokulan

Pengujian viabilitas inokulan yang pertama dilakukan pada hari ke-7, dilanjutkan pada hari ke-21, hari ke-42, dan hari ke-70. Tahapan pekerjaannya dilakukan dengan cara mengambil satu kemasan berisi 10 g bahan pembawa yang berisi 5 ml inokulan, dimasukkan ke dalam 90 ml larutan fisiologis steril dan kemudian *dishaker* selama 15 menit, dilanjutkan dengan membuat seri pengenceran, serta langsung diinkubasi selama 3 hari untuk *Azotobacter* dan Fungi Pelarut Fosfat, 15 hari untuk *Azospirillum*. Pengujian viabilitas inokulan ini dilakukan di dalam *laminar flow*.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Populasi Mikroba Indigenus dalam Bahan Pembawa Kompos dan Gambut.

##### 4.1.1. Jumlah Populasi Mikroba pada Bahan Pembawa

Sebelum proses sterilisasi, dilakukan penetapan jumlah populasi mikroba indigenus pada beberapa bahan pembawa. Ada beberapa bahan pembawa yang digunakan dalam penetapan jumlah populasi mikroba seperti kompos BATAN, kompos Dramaga, gambut Kalsel dan cocopeat yaitu serabut halus diantara serabut kelapa dan kulit luar kelapa.

Tabel 1. Jumlah Populasi Mikroba dalam Bahan Pembawa Sebelum dan Setelah Sterilisasi.

Bahan Pembawa	Sebelum Sterilisasi	Setelah Sterilisasi		
		Iradiasi Sinar Gamma Co-60	Mesin Berkas Elektron	Autoklaf
	-----pk/g-----		----- spk/g -----	
<b>Kompos (Batan)</b>	$2.30 \times 10^9$	$3.00 \times 10^1$ Td	$3.00 \times 10^1$ Td	0
<b>Gambut (Kalsel)</b>	$2.45 \times 10^6$	$1.60 \times 10^1$ Td	$3.00 \times 10^1$ Td	0
<b>Kompos (Dramaga)</b>	$6.34 \times 10^7$	$3.00 \times 10^2$ Td	$6.8 \times 10^3$	0
<b>Cocopeat</b>	$7.38 \times 10^6$	$3.00 \times 10^2$ Td	$1.68 \times 10^3$	0

Keterangan: Batas minimum terdeteksi :  $10^2$  (McNamara *et al.* 2007)

Td: Tidak terdeteksi.

spk/g : satuan pembentuk koloni per gram bahan pembawa

Jumlah populasi mikroba indigenus di dalam bahan pembawa dapat mencapai  $10^9$  spk/g, jumlah populasi ini tergolong sangat tinggi sehingga mutlak perlu dilakukan sterilisasi. Setelah proses sterilisasi dilakukan dan diadakan pengujian, diketahui tidak ada mikroba yang bertahan hidup dari bahan pembawa yang disterilisasi dengan menggunakan autoklaf. Sedangkan pada penggunaan sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan Mesin Berkas Elektron (MBE) masih

terdapat 30 spk/g bahan pembawa. McNamara *et al.* (2007) menetapkan batas minimum masih terdeteksinya mikroba yaitu  $10^2$  spk/g, sehingga  $10^1$  spk/g bahan pembawa kompos BATAN dan  $10^1$  spk/g gambut Kalsel dikatakan tidak terdeteksi.

Berdasarkan Tabel 1, jumlah populasi mikroba indigenus berada di bawah batas minimum tersebut, sehingga dapat dikatakan tidak terdeteksi (Td). Jika Td merupakan acuan terkecil dari efektivitas metode sterilisasi yang dapat menerangkan bahwa sangat rendahnya populasi mikroba indigenus yang masih bertahan hidup, maka ketiga metode sterilisasi (Iradiasi Sinar Gamma Co-60, MBE, dan autoklaf) memiliki keefektifan yang relatif sama dalam mensterilisasi bahan pembawa.

Populasi mikroba indigenus yang sangat tinggi bukan hanya terdapat pada bahan pembawa kompos BATAN dan Gambut Kalsel. Penetapan populasi indigenus pada bahan pembawa kompos Dramaga dan Cocopeat, menunjukkan bahwa bahan pembawa tersebut juga memiliki populasi mikroba indigenus yang tinggi. Setelah dilakukan proses sterilisasi, tidak ditemukan mikroba di dalam bahan pembawa yang disterilisasi dengan autoklaf. Sedangkan pada bahan pembawa yang disterilisasi dengan Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan MBE masih terlihat sejumlah populasi mikroba indigenus. Jumlah tersebut dikatakan masih terdeteksi berdasarkan penetapan McNamara *et al.* (2007).

Jumlah populasi mikroba suatu bahan pembawa juga dipengaruhi oleh pH. Mikroba dapat tumbuh optimal pada pH sekitar 6.0-7.5, sedangkan pada pH dibawah 5 jarang sekali bisa ditemukan mikroba yang tumbuh dengan baik. Hal ini dapat dilihat dari hasil populasi mikroba antara lain kompos (BATAN) dan gambut (Kalsel) yang dipengaruhi oleh pH (Tabel lampiran 6).

Pengurangan populasi mikroba indigenus yang sangat tinggi dapat dilihat dari pengaruh proses sterilisasi terhadap ketahanan mikroba di dalam bahan pembawa. Penggunaan metode sterilisasi autoklaf mampu membunuh semua populasi mikroba karena pada autoklaf terjadi proses sterilisasi yang memanfaatkan panas lembab yaitu dengan  $121^{\circ}\text{C}$  selama 60 menit yang dilakukan sebanyak 2 kali. Selama 2 kali proses sterilisasi tersebut diselingi dengan proses inkubasi. Mikroba akan resisten dan berkecambah pada masa inkubasi, sehingga pada masa

pemanasan berikutnya sel-sel vegetatif dapat dihancurkan. Hal ini bukan hanya dapat merusak mikroba indigenus di dalamnya namun juga dapat merusak sifat bahan pembawa.

Metode sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan MBE merupakan sterilisasi dingin. Sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 mampu mengurangi jumlah populasi mikroba indigenus dengan cara merusak rantai DNA sehingga terjadi kematian sel, mutasi sel, atau transformasi sel. Radiasi Gamma mampu menembus bahan pembawa walaupun dengan pengemasan di dalam kotak. Hal ini berbeda dengan MBE yang memancarkan elektron, hanya terjadi tumbukan elektron terhadap permukaan partikel atau bahan pembawa yang diradiasi. Proses ini menghasilkan sinar-X sehingga ruang radiasi dilapisi oleh dinding beton dengan ketebalan 1-2 meter sama halnya dengan ruang radiasi Sinar Gamma yaitu untuk menahan radiasi ke luar lingkungan.

#### 4.1.2. Inokulan yang ditambahkan ke dalam bahan pembawa

Sejumlah inokulan dari kultur sediaan akan dimasukkan ke dalam bahan pembawa yang sudah disterilisasi. Kultur sediaan tersebut diperbanyak dalam medium cair yang kemudian diinokulasikan ke dalam bahan pembawa. Sebelum proses inokulasi, terlebih dahulu dilakukan penetapan jumlah populasi dari masing-masing inokulan.

Tabel 2. Jumlah Populasi Inokulan yang Ditambahkan ke dalam Bahan Pembawa

Inokulan	Media Pertumbuhan	Populasi spk/ml
<i>Azotobacter</i>	<i>Nirogen Free Manitol</i>	$9.56 \times 10^8$
<i>Azospirillum</i>	<i>Nitrogen Free Bromtymolblue</i>	$1.40 \times 10^7$
Fungi Pelarut Fosfat	<i>Pikovskaya</i>	$6.88 \times 10^7$

Hasil penetapan jumlah populasi inokulan adalah  $9.56 \times 10^8$  spk/ml *Azotobacter*,  $1.4 \times 10^7$  spk/ml *Azospirillum*, dan  $6.88 \times 10^7$  spk/ml Fungi Pelarut Fosfat. Jumlah tersebut ditambahkan ke dalam bahan pembawa dan merupakan acuan dalam menghitung viabilitas inokulan (Tabel 2).

## 4.2. Pengujian Viabilitas Inokulan

Satu minggu setelah proses inokulasi, dilakukan pengujian ketahanan mikroba dalam bahan pembawa melalui proses pengujian viabilitas inokulan. Pengujian dilakukan pada hari ke-7, 21, 42, dan hari ke-70 setelah penyimpanan.

### 4.2.1. *Azotobacter*

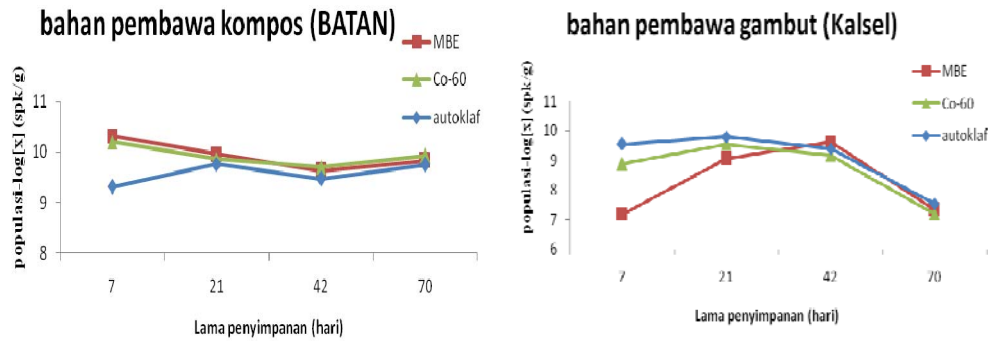
Hasil viabilitas menunjukkan bahwa bahan pembawa kompos yang ditrerilisasi dengan berbagai metode sterilisasi, memiliki jumlah populasi *Azotobacter* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan populasi semula yang ditambahkan. Pada bahan pembawa ini baik metode sterilisasi autoklaf, maupun Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan Mesin Berkas Elektron menunjukkan jumlah populasi yang stabil dari hari ke-21 hingga hari ke-70 (Tabel 3).

Tabel 3. Viabilitas *Azotobacter* dalam Bahan Pembawa Kompos dan Gambut

Metode Sterilisasi	Lama Penyimpanan (hari)			
	7	21	42	70
--spk/g kompos--				
autoklaf	$2.05 \times 10^9$	$5.79 \times 10^9$	$2.98 \times 10^9$	$5.65 \times 10^9$
MBE	$2.09 \times 10^{10}$	$9.18 \times 10^9$	$4.27 \times 10^9$	$6.75 \times 10^9$
Co-60	$1.59 \times 10^{10}$	$7.18 \times 10^9$	$5.05 \times 10^9$	$8.56 \times 10^9$
--spk/g gambut--				
autoklaf	$3.57 \times 10^9$	$6.34 \times 10^9$	$2.48 \times 10^9$	$3.38 \times 10^7$
MBE	$1.47 \times 10^7$	$1.15 \times 10^9$	$4.25 \times 10^9$	$2.20 \times 10^7$
Co-60	$7.70 \times 10^8$	$3.58 \times 10^9$	$1.47 \times 10^9$	$1.60 \times 10^7$

Keterangan: populasi awal ( $9.56 \times 10^8$  spk/ml)

Bahan pembawa gambut yang disterilisasi dengan berbagai metode sterilisasi memiliki jumlah populasi yang beragam hingga pengujian viabilitas hari ke-21, sedangkan jika dibandingkan dengan jumlah populasi semula yang ditambahkan, bahan pembawa gambut memiliki jumlah populasi *Azotobacter* yang lebih tinggi hingga hari ke-42, dan terjadi penurunan jumlah populasi pada hari ke-70 (Gambar 6).



Gambar 5. Jumlah populasi *Azotobacter* dalam bahan pembawa kompos dan gambut berdasarkan lama penyimpanan

Pupuk hayati yang disimpan selama 6 bulan, menunjukkan penurunan viabilitas walaupun masing-masing bakteri memiliki tingkat viabilitas yang beragam. Hasil pengujian viabilitas bakteri *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, dan *Azotobacter* mengalami penurunan hingga bulan ke-6. Bahkan populasi *Azotobacter* tidak ditemukan pada minggu ke-4 (Hidayati, 2009).

#### 4.2.2. *Azospirillum*

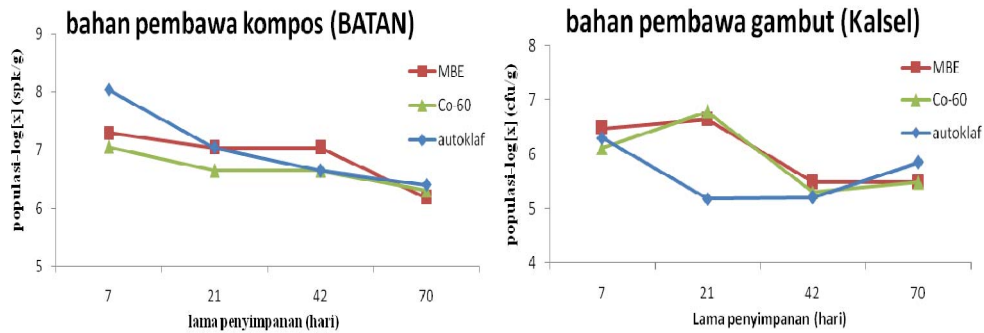
Bahan pembawa kompos memiliki jumlah populasi *Azospirillum* yang lebih rendah pada hari ke-70 dibandingkan populasi semula yang ditambahkan. Dibandingkan ketiga metode sterilisasi, metode autoklaf mengalami penurunan yang signifikan dari hari ke-7 hingga hari ke-70, sedangkan metode Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan MBE stabil meskipun juga terjadi penurunan hingga hari ke-70.

Tabel 4. Viabilitas *Azospirillum* pada Bahan Pembawa Kompos dan Gambut

Metode Sterilisasi	Lama Penyimpanan (hari)			
	7	21	42	70
--spk/g kompos--				
autoklaf	$1.10 \times 10^8$	$1.10 \times 10^7$	$4.50 \times 10^6$	$2.50 \times 10^6$
MBE	$2.00 \times 10^7$	$1.10 \times 10^7$	$1.10 \times 10^7$	$1.50 \times 10^6$
Co-60	$1.15 \times 10^7$	$4.50 \times 10^6$	$4.50 \times 10^6$	$2.00 \times 10^6$
--spk/g gambut--				
autoklaf	$2.00 \times 10^6$	$1.50 \times 10^5$	$1.60 \times 10^5$	$7.00 \times 10^5$
MBE	$3.00 \times 10^6$	$4.50 \times 10^6$	$3.00 \times 10^5$	$1.40 \times 10^5$
Co-60	$1.30 \times 10^6$	$6.00 \times 10^6$	$2.00 \times 10^5$	$3.00 \times 10^5$

Keterangan: populasi awal ( $1.40 \times 10^7$  spk/ml)

Jumlah populasi *Azospirillum* di dalam bahan pembawa gambut lebih rendah dibandingkan dengan jumlah populasi semula yang ditambahkan. Berdasarkan metode sterilisasi yang digunakan, jumlah populasi *Azospirillum* beragam berdasarkan metode sterilisasinya. Terlihat perbedaan pada metode autoklaf mengalami penurunan jumlah populasi mulai dari hari ke-21, sedangkan pada metode sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan MBE terjadi penurunan stabil yang dimulai pada hari ke-42 hingga hari ke-70.



Gambar 6. Jumlah populasi *Azospirillum* dalam bahan pembawa kompos dan gambut berdasarkan lama penyimpanan

Berdasarkan hasil penelitian Astuti (2007), *Azospirillum* tumbuh dengan baik pada medium yang mengandung asam organik seperti malat, suksinat, laktat, dan piruvat. Beberapa galur tumbuh baik pada pH netral, yang lainnya lebih menyukai kondisi yang lebih masam dengan suhu optimum pertumbuhan antara 34-37 °C. Jika dilihat hasil pengujian viabilitas bahwa pada pH netral mikroba ini dapat tumbuh dengan baik pada kompos meski terjadi penurunan populasi. Tetapi pada gambut, populasi mikroba ini berada di bawah populasi yang seharusnya ada atau yang ditambahkan ke dalam bahan pembawa.

#### 4.2.3. Fungi Pelarut Fosfat

Populasi Fungi Pelarut Fosfat tidak mengalami perbedaan yang sangat jauh terhadap populasi semula yang ditambahkan.



Tabel 5. Viabilitas Fungi Pelarut Fosfat dalam Bahan Pembawa Kompos dan Gambut

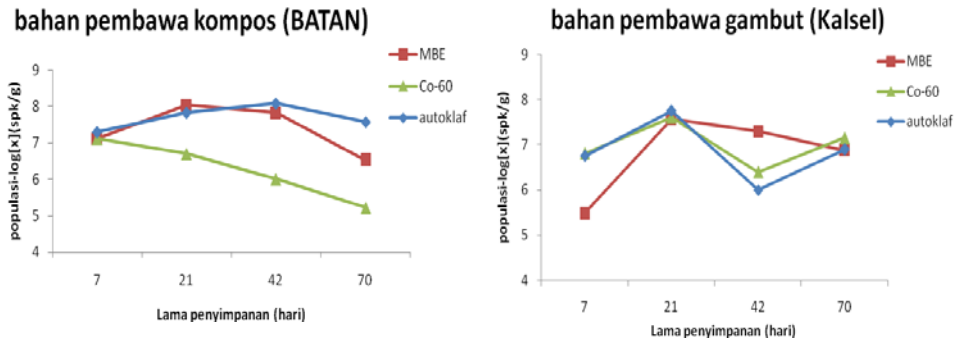
Metode Sterilisasi	Lama Penyimpanan (hari)			
	7	21	42	70
	--spk/g kompos--			
autoklaf	$2.00 \times 10^7$	$6.70 \times 10^7$	$1.20 \times 10^8$	$3.73 \times 10^7$
MBE	$1.29 \times 10^7$	$1.10 \times 10^8$	$6.80 \times 10^7$	$3.33 \times 10^6$
Co-60	$1.62 \times 10^7$	$5.00 \times 10^6$	$1.00 \times 10^6$	$1.67 \times 10^5$
	--spk/g gambut--			
autoklaf	$5.70 \times 10^6$	$5.60 \times 10^7$	$1.00 \times 10^6$	$9.62 \times 10^6$
MBE	$3.00 \times 10^5$	$3.60 \times 10^7$	$2.00 \times 10^7$	$7.67 \times 10^6$
Co-60	$6.40 \times 10^6$	$3.89 \times 10^7$	$2.50 \times 10^6$	$1.43 \times 10^7$

Keterangan: populasi awal ( $6.88 \times 10^7$  spk/ml)

Populasi Fungi Pelarut Fosfat dalam bahan pembawa kompos yang menggunakan metode sterilisasi autoklaf relatif sama, sedangkan pada metode sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma mengalami penurunan yang dimulai dari hari ke-21 hingga hari ke-70. Berbeda dengan metode sterilisasi MBE yang menyebabkan jumlah populasi Fungi pelarut Fosfat beragam.

Populasi Fungi Pelarut Fosfat dalam bahan pembawa gambut lebih rendah dan menurun populasinya pada setiap metode sterilisasi. Hingga hari ke-70 metode sterilisasi autoklaf dan Iradiasi Sinar Gamma Co-60 mampu menyimpan Fungi Pelarut Fosfat dalam jumlah yang relatif sama dengan jumlah Fungi Pelarut Fosfat semula yang ditambahkan ke dalam bahan pembawa.

Keberagaman jumlah populasi Fungi pelarut Fosfat dalam kedua bahan pembawa dapat disebabkan oleh pengaruh peningkatan pH pada proses sterilisasi yang dilakukan. Berbeda dengan metode sterilisasi autoklaf, populasi Fungi Pelarut Fosfat yang mampu bertahan hidup dengan populasi yang relatif tetap, dapat disebabkan oleh kondisi lembab yang optimal dari penggunaan metode autoklaf serta pH bahan pembawa yang masam yaitu pada bahan pembawa gambut.



Gambar 7. Jumlah populasi Fungi Pelarut Fosfat dalam bahan pembawa kompos dan gambut berdasarkan lama penyimpanan

Motsara *et al.* (1995) menyatakan bahwa bahan pembawa kadang disterilisasi dan kadang tidak tetapi lebih baik disterilisasi. Sterilisasi sangat penting mengingat adanya pertumbuhan sebagian besar bakteri dalam bahan pembawa dari pada bakteri tertentu dalam kultur *broth*. Jika terdapat bakteri lain dalam bahan pembawa, bakteri tersebut akan tumbuh bersama dengan bakteri yang diinginkan misalnya *Azotobacter*. Jika jumlah mereka hampir sama besarnya dengan jumlah *Azotobacter* yang ditambahkan, atau tumbuh lebih cepat daripada *Azotobacter*, maka akan menjadi mikroba yang tidak diinginkan pada hasil akhir pupuk hayati. Sterilisasi bahan pembawa ini biasanya melibatkan cara autoklaf atau Iradiasi Gamma.

Hasil penelitian ini memberikan gambaran bahwa kompos mampu menjadi bahan pembawa yang baik untuk tempat bertahan hidup mikroba sehingga mampu digunakan sebagai pupuk hayati yang baik. Mikroba hasil pengujian viabilitas inokulan, masih mampu bertahan pada hari ke-70 walaupun memiliki populasi yang beragam.

Mikroba hasil pengujian viabilitas inokulan, masih mampu bertahan hidup pada hari ke-70 bahkan populasinya relatif sama. Berbagai metode sterilisasi juga menunjukkan hasil yang relatif sama. Sterilisasi autoklaf pada minggu-minggu terakhir pengamatan, memberikan pengaruh yang lebih rendah terhadap bahan pembawa gambut dibandingkan dengan sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan MBE. Hal ini dapat dilihat pada pengamatan hari ke-42, secara visual terjadi kontaminasi (penjamuran) pada bahan pembawa gambut yang disterilisasi dengan

menggunakan metode sterilisasi autoklaf (Gambar lampiran 5), penjamuran ini mempengaruhi kualitas dari mikroba di dalamnya. Oleh sebab itu digunakan beberapa perlakuan sterilisasi untuk melihat sekaligus membandingkan kualitas dari metode sterilisasi masing-masing.

Pengujian viabilitas inokulan pada gambut yang memiliki pH netral menunjukkan hasil yang beragam yaitu mulai stabil atau terjadi penurunan hingga minggu ke-8. Populasi awal kultur sediaan berkisar  $5.34 \times 10^{10}$ - $1.62 \times 10^{13}$  spk/g gambut. Setelah penyimpanan, populasi kultur sediaan tersebut stabil maupun menurun pada kisaran  $3.42 \times 10^{10}$  –  $4.48 \times 10^{12}$  spk/g gambut pada minggu ke-8 (Lema, 2008).

Membandingkan dengan populasi semula mikroba yang ditambahkan, secara umum dan sebagian besar populasi mikroba di dalam bahan pembawa lebih rendah populasinya dibandingkan jumlah mikroba semula yang ditambahkan ke dalam bahan pembawa. Hal ini berkaitan dengan ketahanan hidup mikroba yang pada pengujian awal viabilitas akan mengalami peningkatan, dilanjutkan dengan tahap penurunan, serta mengalami masa ketahanan hidup yang stabil meskipun sebagian uji viabilitas beragam.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Bahan pembawa kompos dan gambut memiliki populasi mikroba indegenus yang tinggi yaitu  $10^9$  spk/g kompos dan  $10^6$  spk/g gambut. Setelah dilakukan sterilisasi terhadap bahan pembawa, keefektifan dari metode sterilisasi yang digunakan dalam mengurangi populasi mikroba indegenus relatif sama.

Bahan pembawa kompos BATAN yang disterilisasi dengan metode sterilisasi autoklaf, efektif menyimpan mikroba dalam waktu 10 minggu. Bahan pembawa gambut Kalsel yang disterilisasi dengan metode sterilisasi autoklaf hanya efektif menyimpan mikroba dalam waktu 6 minggu. Bahan pembawa kompos BATAN dan gambut Kalsel yang disterilisasi dengan metode sterilisasi Iradiasi Sinar Gamma Co-60 dan Mesin Berkas Elektron, efektif menyimpan mikroba dalam waktu 10 minggu.

#### 5.2. Saran

Informasi lebih lanjut mengenai ketahanan mikroba, dapat diperoleh dengan cara melanjutkan pengujian viabilitas inokulan hingga lebih dari 10 minggu. Keefektifan inokulan dapat dilihat melalui pengujian inokulan yang diaplikasikan ke tanaman.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. Second Edition. Wiley Eastern Limited. New Delhi.
- Astuti, A. 2007. Isolasi dan Karakterisasi *Azospirillum* sp. Indigenus Penghasil Asam Indol Asetat Asal Tanah Rizosfer [skripsi]. Fakultas MIPA. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Darjanto, L.D. 1995. Pengaruh Laju Dosis dan Dosis Radiasi Sinar Gamma ( $\gamma$ ) Cobalt 60 terhadap Jumlah Sel dan Harga  $D_{10}$  *Salmonella* spp. pada Media NA dan BHI Agar [skripsi]. Fakultas MIPA. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Dwiatmoko, J.C.B. 2000. Pengaruh Radiasi Sinar Gamma (Co-60) terhadap Viabilitas *Aspergillus* sp. DUCC 001 M pada Medium PDA ('Potato Dextrosa Agar') dan Produksi Selulasesnya pada Medium Fermentasi Adaptif Campuran Jerami-Bekatul [skripsi]. Fakultas MIPA. Universitas Diponegoro. Semarang.
- FNCA Biofertilizer Project Group. 2006. Biofertilizer Manual. Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA). Japan Atomic Industria Forum, Tokyo.
- Gandanegara, S. 2005. Sterilization of Carrier by Irradiation for Biofertilizer. Adhoc Technical Meeting On Sterilization of Carrier by Irradiation for Biofertilizer. Tokyo.
- Hadioetomo, R.S. 1993. Mikrobiologi Dasar dalam Praktek. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hanafiah, K.A. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Rajawali Press. Jakarta.
- Harmastini, I.S., H. Karsono, D. Ariani, S. Lekatompes, S. Saono, A. Rivai, H. Raharja, Supriadi, Juanda, I. Suryadi, Tatang, L. Nurdjanah. 1996. Produksi Inokulan Skala 100 kg. Penelitian Lingkungan Hidup.
- Hidayati, N. 2009. Efektivitas Pupuk Hayati pada Berbagai Lama Simpan terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza sativa*) dan Jagung (*Zea mays*) [skripsi]. Fakultas MIPA. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hifnalisa. 1998. Populasi MPF pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan dan Peranannya dalam Transformasi P anorganik Tanah [tesis]. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hilmy, N. 1986. Penetapan Dosis Sterilisasi dan Pasteurisasi Radiasi. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN. Jakarta
- Imas, T., R.S. Hadioetomo, A.W. Gunawan, dan Y. Setiadi. 1989. Mikrobiologi Tanah II. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor.
- Iswandi, A. 1989. Biologi Tanah dalam Praktek. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kume, T. 2005. Radiation Sterilization of Carrier. FNCA Biofertilizer Project Technical Meeting on Sterilization of Carrier by Irradiation. Tokyo.

- Lema, A.T.H. 2008. Viabilitas Isolat-isolat Bakteri Selulolitik pada Bahan Pembawa Gambut [skripsi]. Fakultas MIPA. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Motsara, M.R., P. Bhattacharyya, and B. Srivastava. 1995. Biofertiliser Technology, Marketing and Usage: A Sourcebook-cum-glossary, Fertiliser Development and Consultation Organisation. New Delhi.
- Nhan, D.D., P.V. Toan, T.M. Quynh, N.M. Hung, and V.V. Thuan. 2004. Gamma Irradiation Sterilization of Municipal Waste For Rause As A Carrier For Biofertilizers. FNCA Biofertilizer Workshop. Hanoi.
- Notohadiprawiro, T. 1999. Tanah dan Lingkungan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Rao, S.N.S. 1982. Biofertilizer in Agriculture. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi.
- \_\_\_\_\_. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Edisi Kedua. Terjemahan S. Herawati dan Subiyanto. Universitas Indonesia. Press. Jakarta.
- Razzak, M.T. dan M. Ridwan. 1990. Aspek Dosimetri pada Proses Sterilisasi Radiasi. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN. Jakarta.
- Ridwan, M. 1986. Penggunaan Sumber Radiasi Sinar Gamma Co-60 untuk Sterilisasi Alat Kedokteran. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN. Jakarta.
- Setyorini, D., R. Saraswati, dan E.K. Anwar. 2006. Kompos *In* Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. R.D.M. Simanungkalit, Didi A.S., Rasti S., Diah S., dan Wiwik H. (eds). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Simanungkalit, R.D.M., D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Simanungkalit, R.D.M., E. Husen, dan R. Saraswati. 2006. Baku Mutu Pupuk Hayati dan Sistem Pengawasannya *In*. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. R.D.M. Simanungkalit, Didi Ardi Suriadikarta, Rasti Saraswati, Diah Setyorini, dan Wiwik Hartatik (eds). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor
- Sukarman, M. 2007. Simulasi sistem *interlock* pengaman operasi Mesin Berkas Elektron (MBE) dengan perangkat lunak bascom 805. *Jurnal Forum Nuklir* 1(2): 121-123
- Tien, T.M., H. Gaskins, and D.H. Hubbel. 1979. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). *Appl. Environ. Microbiol.* 37:1016-1024

- Toharisman, A. 1989. Evaluasi Berbagai Metode Sterilisasi Tanah dan Pengaruh Sterilisasi autoklaf terhadap Sifat Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Kedelai dan Jagung [skripsi]. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Waksman, S.A. 1961. Soil Microbiology. John Wiley & Sons. New York.
- Yuwono, N.W. 2006. Pupuk Hayati. <http://repository.usu.ac.id/bitstream> [diakses pada 7 Juli 2010].
- Yuwono, T. 2006. Bioteknologi Pertanian. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

# LAMPIRAN



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Tabel lampiran 1. Medium *Nutrient Broth* dan *Nutrien Agar* (Iswandi, 1989)

Bahan	Takaran (per liter)
<i>Nutrient Broth</i>	8
<i>Nutrien Agar</i>	20

Tabel lampiran 2. Medium *Nirogen Free Manitol* (Iswandi, 1989)

Bahan	Takaran (per liter)
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.9 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.1 g
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0.1 g
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	0.1 g
NaMoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0.005 g
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0.0125 g
Manitol	5.0 g
Agar	2.0 g

Tabel lampiran 3. Medium *Nitrogen Free Bromtymolblue* (Iswandi, 1989)

Bahan	Takaran (per liter)
DL-Asam Malat	5.0 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.5 g
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	2.0 g
NaCl	1.0 g
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	0.2 g
Agar	2.3 g
BTB	2.0 ml
Larutan Vitamin	2.0 ml
KOH	Secukupnya*

\*secukupnya hingga terjadi perubahan warna menjadi warna kehijauan sebagai indikator perubahan pH

Tabel lampiran 4. Medium *Pikovskaya* (Iswandi, 1989)

Bahan	Takaran (per liter)
Glukosa	10 g
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	5.0 g
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0.1 g
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.5 g
KCl	0.2 g
FeSO <sub>4</sub>	Sedikit
MnSO <sub>4</sub>	Sedikit
Yeast Extract	0.5 g
Agar	2.0 g

Tabel lampiran 5. Medium *Potato Dextrose Agar* (Iswandi, 1989)

Bahan	Takaran (per liter)
Kentang	200 g
Dextrose (bacto)	20 g
Agar (bacto)	25 g

Tabel lampiran 6. Hasil Pengukuran pH

Bahan Pembawa	pH
Kompos (Batan)	7.3
Gambut (Kalsel)	4.2
Kompos (Dramaga)	6.7
Cocopeat	6.5

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

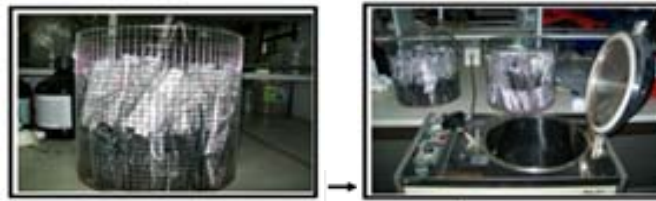
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



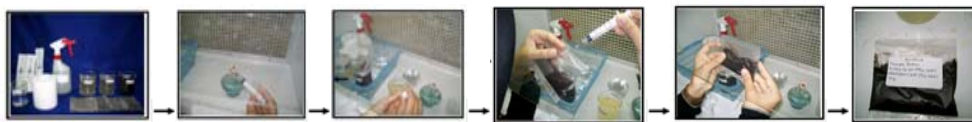
Gambar lampiran 1. Sterilisasi Bahan Pembawa dengan Metode Gamma Irradiation Co-60



Gambar lampiran 2. Sterilisasi Bahan Pembawa dengan Metode Mesin Berkas Elektron



Gambar lampiran 3. Sterilisasi Bahan Pembawa dengan Metode autoklaf



Gambar lampiran 4. Proses Inokulasi



Gambar lampiran 5. Penjamuran pada Bahan Pembawa (Gambut)