

PENINGKATAN KECEPATAN DEKOMPOSISI LIMBAH KULIT KOPI DENGAN PENAMBAHAN *Trichoderma spp* SEBAGAI DEKOMPOSER DAN *Pseudomonas sp* UNTUK PENGKAYAAN KANDUNGAN FOSFAT

(*Improving Decomposition Rate Process of Coffee Husk Waste By The Addition of Trichoderma spp as Decomposer and Pseudomonas sp for Phosphate Enrichment*)

Sunjoto, W.D, T.C. Setiawati*, S. Winarso

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

*E-mail : candra.setiawati@gmail.com

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *Trichoderma spp* terhadap kecepatan dekomposisi limbah kulit kopi dan pengaruh penambahan *Pseudomonas sp* terhadap peningkatan ketersediaan unsur P (fosfor). Percobaan dilakukan berdasarkan Rancangan Acak Lengkap dengan 2 faktor perlakuan yaitu: 1). Isolat yang terdiri dari 4 taraf (K₀=Kontrol, K₁= *Trichoderma spp* (1×10^3 cfu/g), K₂ = *Pseudomonas sp* (5×10 cfu/ml), K₃ = *Trichoderma spp* (1×10^3 cfu/g) + *Pseudomonas sp* (5×10 cfu/ml)). 2). Batuan fosfat yang terdiri dari 2 taraf (P₀ = Kontrol, P₁ = Batuan fosfat (10%) dan masing-masing perlakuan diulang 3 kali. *Trichoderma spp* dan *Pseudomonas sp* yang digunakan merupakan koleksi Laboratorium Biologi Fakultas Pertanian Universitas Jember serta batuan fosfat yang digunakan dari deposit guano yang mengandung P (10%P₂O₅). Evaluasi pengaruh perlakuan dilakukan pengamatan fisik limbah kulit kopi (warna, bau, dan penyusutan volume bahan hasil dekomposisi) dan analisis laboratorium (kadar air, kandungan C-organik, N - Total, C/N ratio, P- Total dan K- Total) yang dilakukan pada 10, 20 dan 30 hari setelah inokulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan warna limbah kulit kopi menjadi hitam atau gelap secara berangsur berdasarkan waktu inkubasi yaitu pada 30 hari inkubasi hampir semua perlakuan kecuali K₀P₀ (tanpa *Trichoderma spp* dan *Pseudomonas sp* serta batuan fosfat) dan K₀P₁ (tanpa *Trichoderma spp* dan *Pseudomonas sp*). Rata-rata penyusutan volume terjadi pada 10 hari setelah inkubasi sebesar 20-30% dan penyusutan volume bobot tertinggi terjadi pada perlakuan K₁P₀, K₃P₀ dan K₃P₁. C/N ratio semua perlakuan berkisar antara 10 – 20, yaitu 16,22 hingga 19,43. Nilai C/N limbah kulit kopi ini sudah termasuk rendah sehingga sudah dapat diaplikasikan secara langsung pada tanah tanpa harus khawatir adanya proses immobilisasi. Sifat kimia bahan hasil dekomposisi pada semua perlakuan yaitu N – total dan K – total sudah memenuhi persyaratan SNI 19-7030-2004 yaitu N – total lebih dari 0,4% dan K – total lebih dari 0,2%, sedangkan P – total masih belum memenuhi persyaratan SNI 19-7030-2004 yaitu P – total kurang dari 0,10%.

Keywords: Limbah kulit kopi, *Trichoderma spp*, *Pseudomonas sp*.

ABSTRAK

This research aimed to determine the effect of Trichoderma spp addition on decomposition rate of coffee husk waste and the effect of Pseudomonas sp addition on the availability enrichment of P (phosphate) as well as to enrich the quality of decomposition results of coffee husk waste by the addition of Trichoderma spp and Pseudomonas sp. The experiment was carried out based on Completely Randomized Design with 2 experimental factors, that is: 1). Isolate which consisted of 4 levels (K₀ = Control, K₁ = Trichoderma spp (1×10^3 cfu/g), K₂ = Pseudomonas sp (5×10 cfu/ml), K₃ = Trichoderma spp (1×10^3 cfu/g) + Pseudomonas sp (5×10 cfu/ml)). 2). Phosphate rock which consisted of 2 levels (P₀ = Control, P₁ = Phosphate rock (10%P₂O₅)), and each treatment was replicated 3 times. Trichoderma spp and Pseudomonas sp used belonged to the collection of Laboratory of Biology, Faculty of Agriculture, University of Jember, and the rock phosphate used was from guano deposit containing P (10%P₂O₅). The evaluation of the effect of treatment was conducted by observing physical performance of coffee husk wastes (color, odor, and volume of shrinkage of decomposed materials) and by laboratory analysis (moisture content, C-organic content, N - total, the C/N ratio, P-total and K-Total) undertaken on the 10th, 20th and 30th day after inoculation. The research results showed that there were changes in the color of coffee husk waste into black or dark coffee slowly based on the incubation time, that is, on the 30th day of incubation for almost all treatments, except K₀P₀ (without Trichoderma spp and Pseudomonas sp and rock phosphate) and K₀P₁ (without Trichoderma spp and Pseudomonas sp). The average volume shrinkage occurred on 10th day after incubation by 20-30% and the highest weight volume shrinkage occurred in the treatments K₁P₀, K₃P₀ and K₃P₁. C/N ratio of all treatments ranged 10-20, that is 16.22 to 19.43. C/N value of the coffee husk waste was categorized low, so that it could be applied directly on the land without having to be worried about the immobilization process. Chemical properties of the decomposed materials in all treatments, that is N-total and K-total, had met the requirements of SNI 19-7030-2004, that is, N-total of more than 0.4% and K-total of more than 0.2%, while P-total still had not met the requirement of SNI 19-7030-2004 i.e. P-total of less than 0.10%.

Keywords: Coffee husk waste, *Trichoderma spp*, *Pseudomonas sp*.

How to cite: Sunjoto, W.D, T.C. Setiawati, S. Winarso. 2014. Peningkatan Kecepatan Dekomposisi Limbah Kulit Kopi dengan Penambahan *Trichoderma spp* Sebagai Dekomposer dan *Pseudomonas sp* untuk Pengkayaan Kandungan Fosfat. *Berkala Ilmiah Pertanian* 1(1): xx-xx

PENDAHULUAN

Menurut Direktorat Pascapanen Dan Pembinaan Usaha Direktorat Jenderal Perkebunan - Kementerian Pertanian (2010), dalam 1 ha areal pertanaman kopi akan memproduksi limbah segar sekitar 1,8 ton. Luas lahan perkebunan kopi rakyat kabupaten jember sebanyak 5.608 ha dapat menghasilkan limbah sekitar 10.094 ton setiap tahunnya. Pusat Penelitian Kopi Kakao (2004), menyatakan bahwa kadar C-organik kulit buah kopi adalah 45,3 %, kadar nitrogen 2,98 %, fosfor 0,18 % dan kalium 2,26 %. Dari hasil analisis yang di lakukan oleh Puslitkoka tersebut limbah kulit kopi yang dihasilkan memiliki peluang yang sangat besar untuk di

kembangkan menjadi pupuk organik agar dapat menunjang sistem pertanian organik yang memiliki tren yang terus meningkat pada saat ini.

Pupuk organik yang di hasilkan dari pengomposan limbah kulit kopi ini di harapkan dapat berperan dalam peningkatan kesuburan tanah yang merupakan kunci keberhasilan sistem pertanian organik, baik kesuburan fisik, kimia maupun biologi tanah. Bila kesuburan tanah telah baik maka akan tercipta lingkungan pertanaman terutama untuk perakaran yang diinginkan, ketersediaan hara makro dan mikro terpenuhi dan aktivitas mikroorganisme tanah utnuk membantu kesuburan tanah juga terjaga.

Berbagai macam bahan organik yang di jadikan kompos memiliki kandungan kimia dan biologi yang relatif seragam sehingga tidak memiliki keunggulan tertentu. Dengan adanya pemanfaatan *Trichoderma spp* dan *Pseudomonas sp* diharapkan kompos yang di hasilkan dari bahan dasar limbah kulit kopi ini memiliki keunggulan tertentu baik dalam segi kimia maupun biologinya.

Trichoderma spp adalah jamur penghuni tanah yang dapat diisolasi dari perakaran tanaman lapangan. Beberapa spesies *Trichoderma* telah dilaporkan sebagai agensia hayati adalah *T. Harzianum*, *T. Viridae*, dan *T. Konigii* yang berspektrum luas pada berbagai tanaman pertanian. *Trichoderma spp* memiliki peran sebagai dekomposer yang dapat mendekomposisi limbah organik (rontokan dedaunan dan ranting tua) menjadi kompos yang bermutu. Selain itu, *Trichoderma spp* dapat juga digunakan sebagai biofungisida, dimana *Trichoderma spp* mempunyai kemampuan untuk dapat menghambat pertumbuhan beberapa jamur penyebab penyakit pada tanaman antara lain *Rigidiforus lignosus*, *Fusarium oxysporum*, *Rizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, dll (Mey, 2009).

Pseudomonas sp terbagi atas sub-grup, diantaranya adalah sub-grup berpendarfluor (Fluorescent) yang dapat mengeluarkan pigmen phenazine. Kebolehan menghasilkan pigmen phenazine juga dijumpai pada kelompok tak berpendarfluor yang disebut sebagai spesies *Pseudomonas multivorans*. Sehubungan itu maka ada empat spesies dalam kelompok Fluorescent yaitu *Pseudomonas aeruginosa*, *P. fluorescens*, *P. putida*, dan *P. Multivorans* (Efri, 1994).

Pseudomonas fluorescens merupakan salah satu jenis bakteri pelarut fosfat dan decomposer yang mengkonsumsi senyawa carbon sederhana, seperti eksudat akar dan sisa tanaman. Melalui proses ini bakteri mengkonversi energi dalam bahan organik tanah menjadi bentuk yang bermanfaat untuk organisme tanah lain dalam rantai makanan tanah. Bakteri ini dapat merombak pencemar tanah, dapat menahan unsur hara di dalam selnya.

Dengan adanya penambahan bakteri *pseudomonas fluorescens* ini di harapkan mendekomposisi dan memineralisasi bahan organik. Senyawa fosfat yang berada dalam betuk organik dalam kompos limbah kulit kopi ini dapat di rilis menjadi bentuk anorganik, sehingga P tersedia dalam tanah akan meningkat. Jumlah P total dalam tanah cukup banyak, namun yang tersedia bagi tanaman jumlahnya rendah hanya 0,01 – 0,2 mg/kg tanah (Isgitani, 2005).

BAHAN DAN METODE

Mengambil contoh limbah kulit kopi kering dari bak penampungan limbah kulit kopi milik PTPN XII Kebun Rayap. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biologi dan untuk analisis kimia di Laboratorium Kesuburan tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember. Pelaksanaan dimulai bulan Desember 2012 sampai selesai. Penelitian dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang terdiri atas 2 faktor dan 3 ulangan.

1. Faktor pertama adalah isolat, terdiri dari 4 taraf:

K_0 : Kontrol

K_1 : *Trichoderma spp*

K_2 : *Pseudomonas sp*

K_3 : *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp*

2. Faktor kedua adalah bahan (batuan fosfat) , terdiri dari 2 taraf

P_0 : Kontrol

P_1 : Batuan fosfat

Mengambil contoh kulit kopi dari bagian tengah tumpukan kulit kopi di bak penampung limbah kulit kopi PTP N XII Kebun Rayap, Jember. Kemudian contoh kulit kopi yang diperoleh disimpan dalam kantong plastik kemudian di jemur hingga kering. Setelah kering, limbah kulit kopi di selep hingga mencapai ukuran 2 mm. Kulit kopi yang sudah di selep kemudian di perlakukan (di aplikasikan).

Meremajakan kembali isolat jamur *Trichoderma spp* pada media PDA (Potato Dextrose Agar). Peremajaan jamur dilakukan dengan mengambil isolat menggunakan jarum ose kemudian digoreskan pada media PDA dan diinkubasi pada suhu kamar selama 48 jam. Kemudian ditumbuhkan pada tabung yang berisi media PDA miring sebagai stok.

Mengukus 1 kg beras jagung selama sekitar satu jam hingga setengah matang. Beras yang sudah dikukus didinginkan di atas meja beralaskan plastik, kemudian didinginkan hingga kadar airnya turun dan cukup kering. Memasukkan beras jagung dalam kantong plastik ukuran 1 kg (50gr/kantong), dengan ose steril, menggores inokulasi *Trichoderma spp* yang ada pada tabung. Hasil goresan pindahkan ke dalam masing – masing kantong plastik yang telah berisi beras jagung. Mengaduk secara merata untuk 50gr beras jagung dan cukup satu gores inokulasi *Trichoderma spp*. Menyimpan di tempat sejuk dan bersih selama 3 - 5 hari. *Trichoderma spp* siap diaplikasikan.

Meremajakan kembali isolat bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas sp*). Media yang digunakan adalah media Kings'B Agar. Bakteri *Pseudomonas sp* di tumbuhkan pada media Kings'B. Peremajaan bakteri dilakukan dengan mengambil isolate menggunakan jarum ose kemudian digoreskan pada media cawan petri dan diinkubasi pada suhu kamar selama 48 jam. Kemudian ditumbuhkan pada tabung yang berisi media Kings'B miring sebagai stok.

Memperbanyak bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas sp*) pada media cair yaitu media nutrient broth (NB). Perbanyak bakteri dilakukan dengan mengambil isolat bakteri yang ditumbuhkan pada tabung miring. Mengambil satu ose bakteri kemudian pindahkan ke tabung yang berisi media cair hingga pengenceran 10^{-3} dengan mikro pipet 1ml, mengambil inokulasi bakteri yang ada di tabung pengenceran 10^{-3} , dan memindahkan pada media NB. Selanjutnya menginkubasikan pada temperatur yang sesuai selama 3-5 hari. *Pseudomonas sp* siap diaplikasikan.

Berikut ini cara membuat bahan hasil dekomposisi limbah kulit kopi:

- a) Menyiapkan bahan limbah kulit kopi.
- b) Mencacah kulit kopi hingga halus, kemudian diaduk merata.
- c) Mengayak hasil cacahan yang telah di sterilkan dengan ayakan 0,3- 0,5 cm.
- d) Mensterilkan limbah kulit kopi.
 - Menimbang limbah kulit kopi sebanyak 250 gr
 - Membungkus kulit kopi yang sudah ditimbang kedalam plastik ukuran 2 kg
 - Mensterilkan kulit kopi yang telah dibungkus rapi kedalam autoklav \pm 2 jam
 - Limbah kopi yang sudah disterilkan siap diaplikasikan.
- e) Memasukkan bahan kulit kopi kedalam botol (250 gr/botol) dan menambahkan inokulasi dengan cara:
 - Menyiapkan plastik ukuran 5 kg yang sudah disterilkan dalam autoklav
 - Memasukkan limbah kulit kopi kedalam plastik.
 - Menambahkan jamur *Trichoderma spp*, bakteri *Pseudomonas sp*, batuan fosfat dan air (sesuai perlakuan) kedalam plastik yang sudah ada limbah kulit kopinya.
 - Mengikat plastik kemudian kocok-kocok dengan maksud agar semua bahan tercampur rata.
 - Menggunakan sarung tangan steril, masukkan sedikit, demi sedikit bahan yang telah tercampur kedalam botol ukuran 1 liter.
- f) Membuat perlakuan pada limbah kulit kopi
 - Perlakuan 1 (K_0P_0) : Limbah kulit kopi
 - Perlakuan 2 (K_0P_1) : Limbah kulit kopi + batuan fosfat
 - Perlakuan 3 (K_1P_0) : Limbah kulit kopi + *Trichoderma spp*
 - Perlakuan 4 (K_1P_1) : Limbah kulit kopi + batuan fosfat + *Trichoderma spp*
 - Perlakuan 5 (K_2P_0) : Limbah kulit kopi + *Pseudomonas sp*
 - Perlakuan 6 (K_2P_1) : Limbah kulit kopi + batuan fosfat + *Pseudomonas sp*
 - Perlakuan 7 (K_3P_0) : Limbah kulit kopi + *Trichoderma spp* Dan *Pseudomonas sp*.
 - Perlakuan 8 (K_3P_1) : Limbah kulit kopi + batuan fosfat + *Trichoderma spp* Dan *Pseudomonas sp*.
- g) Mengulangi langkah-langkah diatas untuk tiga kali ulangan.

- h) Mengaduk bahan limbah kulit kopi kira-kira satu minggu sekali
 i) Menjaga kelembaban proses dekomposisi.
 l) Membiarkan selama tiga puluh hari dan setiap sepuluh hari diamati dengan parameter pengamatan karakteristik fisika bahan hasil dekomposisi dan karakteristik kimia bahan hasil dekomposisi (Kadar air, C-organik, N - Total, P - Total, K - Total).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Hara Kulit Kopi Sebelum di Perlakukan

Kandungan hara limbah kulit kopi sebelum diperlakukan (setelah panen dan dikeringkan) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kandungan Awal Hara Kulit Kopi Kering

No	Unsur Hara	Satuan	Nilai
1	Kadar Air	%	45,11
2	C	%	49,71
3	N - Total	%	1,64
4	C/N		30,34
5	P - Total	%	0,02
6	K - Total	%	1,02

Kadar air bahan hasil dekomposisi sedang yaitu 45,11. Dari hasil analisis kimia di dapat kadar N – total adalah tinggi dengan kisaran 1,64%. Kadar C cukup tinggi yaitu 49,71%. Untuk kadar P – Total kulit kopi sangatlah rendah yaitu 0,02%. Dan K – Total kulit kopi tergolong masih tinggi yaitu 1,02%.

Nisbah C/N pada bahan hasil dekomposisi adalah tinggi yaitu 30,34. Menurut Brady dan Weil (2002), kecepatan dekomposisi suatu bahan dapat dilihat dari nisbah C/N-nya. Bahan organik yang mempunyai nisbah C/N tinggi, maka proses dekomposisinya akan lambat dibandingkan dengan bahan organik yang mempunyai nisbah C/N lebih rendah. Hal ini dikarenakan nisbah C/N awal pada kulit kopi sebelum diolah menjadi hasil dekomposisi lebih tinggi. Selain itu pada kulit kopi, walaupun masih dalam keadaan kering namun keras sehingga membutuhkan waktu dekomposisi lebih lama.

Karakteristik Sifat Fisik Kulit Kopi Selama

Proses Dekomposisi

Untuk mengetahui kematangan hasil dekomposisi dapat dilakukan dengan pengamatan fisik. Perubahan fisik yang terjadi pada hasil produksi hasil dekomposisi limbah kulit kopi setelah diperlakukan meliputi warna, bau, dan volume hasil dekomposisi pada botol.

Hasil dekomposisi yang sudah matang tidak berbau atau berbau seperti tanah, jika hasil dekomposisi masih berbau seperti bahan mentahnya berarti hasil dekomposisi belum matang. Kematangan hasil dekomposisi juga dapat dilihat dari warnanya, warna coklat kehitam-hitaman menandakan bahwa hasil dekomposisi telah matang, namun apabila hasil dekomposisi masih berwarna seperti bahan mentahnya, berarti hasil dekomposisi tersebut belum matang.

Tabel 2 Perubahan fisika selama proses dekomposisi limbah kulit kopi.

Perlakuan	HSI	Munsell*	Warna	Bau
K ₀ P ₀	10	5YR 4/2 (hue=5YR, value=4, chroma=2)	coklat	bau
	20	5YR 4/2 (hue=5YR, value=4, chroma=2)	coklat	bau
K ₀ P ₁	30	5YR 3/2 (hue=5YR, value=3, chroma=2)	coklat gelap	bau
	10	5YR 4/2 (hue=5YR, value=4, chroma=2)	coklat	bau
K ₁ P ₀	20	5YR 4/2 (hue=5YR, value=4, chroma=2)	coklat	bau
	30	5YR 3/2 (hue=5YR, value=3, chroma=2)	coklat gelap	Tidak bau
K ₁ P ₁	10	5YR 4/2 (hue=5YR, value=4, chroma=2)	coklat	bau

K ₁ P ₁	20	5YR 4/2 (hue=5YR, value=4, chroma=2)	coklat	Tidak bau
	30	10YR 2/1 (hue=10YR, value=2, chroma=1)	hitam	Tidak bau
K ₂ P ₀	10	5YR 4/2 (hue=5YR, value=4, chroma=2)	coklat	bau
	20	5YR 4/2 (hue=5YR, value=4, chroma=2)	coklat	bau
K ₂ P ₁	30	10YR 2/1 (hue=10YR, value=2, chroma=1)	hitam	Tidak bau
	10	5YR 4/2 (hue=5YR, value=4, chroma=2)	coklat	bau
K ₃ P ₀	20	5YR 3/2 (hue=5YR, value=3, chroma=2)	coklat gelap	Tidak bau
	30	10YR 2/1 (hue=10YR, value=2, chroma=1)	hitam	Tidak bau
K ₃ P ₁	10	5YR 4/2 (hue=5YR, value=4, chroma=2)	coklat	Tidak bau
	20	5YR 3/2 (hue=5YR, value=3, chroma=2)	coklat gelap	Tidak bau
K ₃ P ₁	30	10YR 2/1 (hue=10YR, value=2, chroma=1)	hitam	Tidak bau

*Munsell = Soil Color Chart

Karakteristik Sifat Kimia Kulit Kopi Selama Proses Dekomposisi.

Bahan dekomposisi berperan dalam memperbaiki sifat kimia tanah yaitu sebagai penyimpan dan penyuplai hara tanaman. Dalam asimilasi karbon organik hara khususnya nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) diambil sel mikrobia dan prosesnya sering dibatasi oleh proses imobilisasi yang mana proses reaksi tersebut menghasilkan hara yang siap tersedia bagi tanama.

Selain sebagai pupuk organik, bahan hasil dekomposisi juga tergolong sebagai pupuk majemuk, yaitu pupuk yang mengandung lebih dari satu unsur hara. Disamping kandungan hara yang cukup di dalam bahan hasil dekomposisi, bahan hasil dekomposisi yang berkualitas juga di indikasikan dengan kondisi kadar airnya (Subali, 2010).

Kadar Air

Kematangan bahan hasil dekomposisi dapat dihitung dari kadar airnya. Menurut SNI 19-7030-2004, kadar air bahan hasil dekomposisi maksimal 50%. Kadar air masing – masing perlakuan ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Kadar air bahan hasil dekomposisi selama proses dekomposisi limbah kulit kopi.

Perlakuan	Rerata Kadar Air		
	10 HSI	20 HSI	30 HSI
K ₀ P ₀	58,10	56,80	33,38
K ₀ P ₁	58,68	56,77	31,98
K ₁ P ₀	62,01	62,37	30,81
K ₁ P ₁	59,92	56,94	32,18
K ₂ P ₀	56,52	56,08	32,56
K ₂ P ₁	57,99	59,60	33,22
K ₃ P ₀	60,01	53,69	31,06
K ₃ P ₁	59,24	56,02	30,87

Berdasarkan hasil pengukuran menunjukkan bahwa penambahan mikroorganisme tunggal (*Trichoderma spp* atau *Pseudomonas sp*) maupun penambahan kombinasi (*Trichoderma spp* dan *Pseudomonas sp*) dapat mempengaruhi kadar air. Berkurangnya kadar air ini terjadi akibat dari aktivitas mikroorganisme dalam bermetabolisme. Proses pengomposan berjalan baik pada kadar air awal bahan sekitar 60%,

karena aktivitas mikroorganisme dan jumlah *Trichoderma spp* yang beradaptasi dengan baik pada partikel bahan hasil dekomposisi jauh lebih tinggi dibanding *Pseudomonas sp* pada saat awal dekomposisi, sebab *Trichoderma spp* mempunyai kemampuan menggunakan bahan-bahan polimerik disamping dapat mereduksi kapasitas thermal pada kadar air rendah (EPA, 1989 dalam Fitri, 2012).

Perlakuan bahan hasil dekomposisi pada penelitian ini memiliki nilai kadar air 33,38% sampai 30,81% pada 30 HSI. Hal ini sesuai dengan syarat standar mutu pupuk organik padat yang ditentukan SNI 19-7030-2004 yaitu batas maksimum nilai kadar air sebesar 50%.

Kadar C - organik

Karbon merupakan unsur yang menyusun sebagian besar bahan organik. Proses dekomposisi kulit kopi berpengaruh pada ketersediaan C – organik masing-masing perlakuan.

Tabel 4 Kadar C – organik bahan hasil dekomposisi selama proses dekomposisi limbah kulit kopi.

Perlakuan	Rerata C – organik (%)		
	HSI	HSI 20	HSI 30
K ₀ P ₀	45,71	35,24	22,29
K ₀ P ₁	41,12	36,05	22,40
K ₁ P ₀	44,89	43,13	22,55
K ₁ P ₁	46,46	37,98	23,21
K ₂ P ₀	40,31	35,13	23,64
K ₂ P ₁	44,27	42,09	24,60
K ₃ P ₀	45,68	34,31	21,90
K ₃ P ₁	42,73	39,49	22,98

Pada 10 HSI kadar C - organik yaitu antara 44,89% sampai 40,31. Pada 20 HSI mengalami penurunan pada tiap – tiap perlakuan, penurunan tercepat terjadi pada perlakuan K₃P₀ = Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* (34,31%). Pada 30 HSI bahan hasil dekomposisi mengalami penurunan dibawah 30%, kadar C – organik terendah yaitu perlakuan K₃P₀ = Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* (21,90%).

Setelah mengalami proses dekomposisi maka terjadi penurunan kadar C – organik pada masing-masing perlakuan akibat adanya penggunaan karbon sebagai sumber energi agen dekomposer untuk aktivitas metabolisme mikroorganisme (Graves *et al.*, 2007). Penurunan C - organik selama 30 hari inkubasi pada masing- masing perlakuan menurut (Mckinley, 1985) terjadi karena proses penguraian karbon selama proses dekomposisi yang disebabkan dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dimana karbon dikonsumsi sebagai sumber energi dengan membebaskan CO₂ dan H₂O untuk proses aerobik sehingga konsentrasi karbon berkurang.

Semua perlakuan kecuali perlakuan (K₀P₀ dan K₀P₁) pada penelitian ini menghasilkan kadar C – organik sekitar 24 – 30% pada HSI 30. Dimana syarat standar mutu pupuk organik padat yang ditentukan SNI 19-7030-2004 yaitu mengandung kadar C – organik sebesar 9,80 – 30%.

Kadar N -Total (%)

Dekomposisi tidak dapat berjalan bila tidak ada mikroorganisme sebagai pengurai. Kadar N (nitrogen) total dalam bahan hasil dekomposisi membantu pertumbuhan mikroorganisme pengurai.

Tabel 5. Kadar N-Total (%) bahan hasil dekomposisi selama proses dekomposisi limbah kulit kopi.

Perlakuan	Rerata N Total (%)		
	10 HSI	20 HSI	30 HSI
K ₀ P ₀	2,35	2,36	1,54
K ₀ P ₁	2,25	2,38	1,32
K ₁ P ₀	2,69	2,74	1,47
K ₁ P ₁	2,58	2,45	1,48

K ₂ P ₀	2,29	2,32	1,54
K ₂ P ₁	2,48	2,36	1,50
K ₃ P ₀	2,65	2,22	1,49
K ₃ P ₁	2,65	2,26	1,42

Secara umum, pada 10 HSI tiap – tiap perlakuan memiliki kandungan kadar N-total tinggi yaitu, 2,69% sampai 2,25%. Terjadi peningkatan kadar N-total pada 20 HSI perlakuan K₀P₀ = Kontrol (2,36%), K₀P₁ = Kulit kopi + Batuan fosfat (2,38%), K₁P₀ = Kulit kopi + *Trichoderma spp* (2,74%), K₂P₀ = Kulit kopi + *Pseudomonas sp* (2,32%). Pada 30 HSI terjadi penurunan kadar N-total pada tiap – tiap perlakuan dengan nilai kadar N-total berkisar antara 1,32% sampai 1,54%, dengan nilai tertinggi perlakuan K₀P₀ = Kontrol (1,54%) dan K₂P₀ = Kulit kopi + *Pseudomonas sp* (2,32%), sedangkan terendah K₀P₁ = Kulit kopi + Batuan fosfat (1,32%). Akan tetapi kadar N-total tidak memberi pengaruh berbeda nyata pada tiap - tiap perlakuan baik pada 10, 20 dan 30 HSI. Hal ini dikarenakan proses dekomposisi berjalan lambat sehingga asimilasi nitrogen oleh mikroorganisme menurun.

Kadar N-total menunjukkan jumlah keseluruhan nitrogen di dalam pupuk, termasuk di dalamnya protein, asam amino, amina dan N mineral. Dari hasil pengamatan kadar N total pada 10 HSI lebih tinggi daripada 20 dan 30 HSI. Setelah mengalami proses dekomposisi maka terjadi penurunan N-total pada masing-masing perlakuan, hal ini menunjukkan bahwa banyaknya mikroorganisme yang berperan dalam mendekomposisi kulit kopi. Penurunan kadar N total juga diduga karena terjadi penguapan, karena pada penelitian ini hanya inkubasi sehingga N-total yang dihasilkan tidak langsung digunakan pada tanaman dan menguap yang menyebabkan kadar N-total menurun. Diduga juga karena jumlah dan jenis mikroorganisme menentukan keberhasilan proses dekomposisi, berpengaruh pada siklus karbon dan nitrogen. Organisme heterotrop seperti *Trichoderma spp* dan *Pseudomonas sp* akan mereduksi nisbah C/N bahan hasil dekomposisi dan memperkayanya dengan mengikat N.

Tiap – tiap perlakuan pada penelitian ini menghasilkan kadar N-total tinggi atau diatas 0,4%. Dimana 0,4% merupakan syarat standar mutu pupuk organik padat yang ditentukan SNI 19-7030-2004.

C/N Rasio

C/N rasio merupakan indikator terpenting pada bahan hasil dekomposisi. Hal ini disebabkan proses dekomposisi tergantung dari kegiatan mikroorganisme yang membutuhkan karbon sebagai sumber energi dan nitrogen untuk membentuk sel.

Tabel 6. C/N rasio bahan hasil dekomposisi selama proses dekomposisi limbah kulit kopi.

Perlakuan	Rerata C/N rasio		
	10 HSI	20 HSI	30 HSI
K ₀ P ₀	19,43	15,02	14,85
K ₀ P ₁	18,60	15,17	17,27
K ₁ P ₀	16,84	15,97	15,36
K ₁ P ₁	18,25	15,54	16,05
K ₂ P ₀	17,83	15,27	15,58
K ₂ P ₁	18,07	17,83	17,05
K ₃ P ₀	17,34	15,64	14,79
K ₃ P ₁	16,22	17,47	16,17

Pada 10 HSI memiliki C/N rasio yaitu, sekitar 19, 43 sampai 16,22, dengan C/N rasio tertinggi pada perlakuan K₀P₀ = Kontrol (19,43) dan terendah K₃P₁ = Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* + Batuan fosfat (16,22). Pada 20 HSI nilai C/N rasio yaitu, sekitar 17,83 sampai 15,02 dengan C/N rasio tertinggi perlakuan K₂P₁ = Kulit kopi + *Pseudomonas sp* + Batuan fosfat (17,83) dan terendah K₀P₀ = Kontrol (15,02). Pada 30 HSI nilai C/N rasio berkisar antara 14,79 sampai 17,27 dengan C/N rasio tertinggi K₀P₁ = Kulit kopi + Batuan fosfat (17,27) dan terendah K₃P₀ = Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* (14,79).

Pada umumnya tiap perlakuan pada 10, 20 dan 30 HSI menunjukkan nilai C/N rasio bahan hasil dekomposisi yang telah matang. Penurunan nisbah C/N tersebut menunjukkan bahwa proses dekomposisi telah terjadi. Penurunan C/N rasio yang terdapat pada tabel selama masa inkubasi menunjukkan terjadinya proses dekomposisi. Dalam proses dekomposisi bahan organik, C digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi dan bersamaan dengan N digunakan sebagai penyusun selnya. Oleh karena itu hasil dari analisis C dan N menunjukkan terjadinya penurunan kadar C dan peningkatan kadar N-total hingga 20 HSI. Kadar N-total dalam limbah kulit kopi meningkat selama proses dekomposisi (20 HSI), karena terjadi mineralisasi N-organik menjadi N-mineral oleh mikroorganisme, akan tetapi terjadi penurunan N-total pada 30 HSI hasil kompos tiap – tiap perlakuan hal ini di karenakan oleh proses dekomposisi anaerob yang terjadi. Proses dekomposisi secara anaerob dapat menghasilkan gas amonia (NH₃) yang menguap menyebabkan bau pada saat terjadi proses dekomposisi.

Nilai C/N pada 10, 20 dan 30 HSI merupakan nilai C/N yang sesuai dengan persyaratan SNI 19-7030-2004, bahwa bahan hasil dekomposisi yang telah matang mempunyai C/N berkisar antara 10-20.

Kadar P- Total (%)

Pada perlakuan kulit kopi yang telah mengalami proses dekomposisi selama 30 hari kadar P-total mengalami penurunan dari hari kehari.

Tabel 7 Kadar P - Total bahan hasil dekomposisi selama proses dekomposisi limbah kulit kopi.

Perlakuan	Rerata P - Total (%)		
	10 HSI	20 HSI	30 HSI
K ₀ P ₀	0,04	0,02	0,02
K ₀ P ₁	0,03	0,02	0,01
K ₁ P ₀	0,03	0,03	0,02
K ₁ P ₁	0,04	0,03	0,02
K ₂ P ₀	0,03	0,02	0,02
K ₂ P ₁	0,04	0,03	0,02
K ₃ P ₀	0,03	0,02	0,01
K ₃ P ₁	0,03	0,02	0,02

Pada 10 HSI memiliki kadar P-total yaitu, antara 0,03% sampai 0,04%, dengan nilai kadar P-total tertinggi pada perlakuan K₀P₀= Kontrol (0,04%), K₁P₁= Kulit kopi + *Trichoderma spp* + Batuan fosfat (0,04%), K₂P₁= Kulit kopi + *Pseudomonas sp* + Batuan fosfat (0,04%) dan terendah K₀P₁= Kulit kopi + Batuan fosfat (0,03%), K₁P₀= Kulit kopi + *Trichoderma spp* (0,03%), K₂P₀= Kulit kopi + *Pseudomonas sp* (0,03%), K₃P₀= Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* (0,03%), K₃P₁= Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* + Batuan fosfat (0,03%). Terjadi penurunan kadar P-total pada tiap – tiap perlakuan 20 HSI, namun penurunan tercepat terjadi pada perlakuan K₀P₀= Kontrol (0,02%). Pada 30 HSI juga terjadi penurunan kadar P-total pada tiap – tiap perlakuan, kecuali perlakuan K₀P₀= Kontrol (0,02%), K₂P₀= Kulit kopi + *Pseudomonas sp* (0,02%), K₃P₁= Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* + Batuan fosfat (0,02%) memiliki kadar tetap.

Penurunan kadar P-total menurut (Murbandono 2000) ini terjadi karena pada akhir dekomposisi, mikroorganisme memanfaatkan sebagian fosfor untuk membentuk protein dalam tubuhnya. Kompleks putih telur merupakan salah satu hasil akhir dekomposisi yang penting. Karena bahan hasil dekomposisi dengan penambahan *Trichoderma spp* dan *Pseudomonas sp* paling cepat matang, maka semakin banyak kesempatan mikroorganisme untuk memanfaatkan sebagian fosfor pada bahan hasil dekomposisi yang telah matang tersebut.

Semua perlakuan dalam penelitian ini memiliki nilai kadar P-total yang belum sesuai dengan persyaratan SNI 19-7030-2004 yaitu sebesar 0,10%.

C/P Rasio

Ketersediaan karbon dan fosfor memberikan perbedaan terhadap perbandingan C/P rasio.

Tabel 8 C/P Rasio bahan hasil dekomposisi selama proses dekomposisi limbah kulit kopi.

Perlakuan	Rerata C/P Rasio		
	10 HSI	20 HSI	30 HSI
K ₀ P ₀	1129,01	1524,12	1400,13
K ₀ P ₁	1390,96	1648,55	1535,88
K ₁ P ₀	1562,84	1597,51	1358,58
K ₁ P ₁	1314,01	1399,78	1524,78
K ₂ P ₀	1289,74	1563,81	1355,45
K ₂ P ₁	1180,25	1493,36	1549,54
K ₃ P ₀	1795,13	1527,12	1460,04
K ₃ P ₁	1458,42	1924,47	1441,27

Pada 10 HSI C/P rasio yaitu, sekitar 1.129,01 sampai 1.795,13, dengan kadar C/P rasio tertinggi pada perlakuan K₃P₀= Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* (1.795,13) dan terendah K₀P₀= Kontrol (1.129,01). Pada 20 HSI nilai C/P rasio mengalami peningkatan pada tiap – tiap perlakuan yaitu dari 1.399,78 sampai 1.924,47, dengan kadar C/P rasio tertinggi pada perlakuan K₃P₁= Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* + Batuan fosfat (1.924,47) dan terendah K₁P₁= Kulit kopi + *Trichoderma spp* + Batuan fosfat (1.399,78), terdapat satu perlakuan yang mengalami penurunan nilai C/P rasio yaitu, K₃P₀= Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* (1.527,12). Pada 30 HSI terjadi penurunan nilai C/P rasio yaitu dari 1.355,45 sampai 1.549,54. Kecuali dua perlakuan mengalami peningkatan nilai C/P rasio yaitu K₁P₁= Kulit kopi + *Trichoderma spp* + Batuan fosfat (1.524,78) dan K₂P₁= Kulit kopi + *Pseudomonas sp* + Batuan fosfat (1.549,54).

Kulit buah kopi merupakan limbah organik yang mengandung senyawa selulosa, hemiselulosa, dan lignin dalam jumlah yang tinggi dengan kadar P-total yang rendah menyebabkan terjadinya immobilisasi dengan rasio C/P yang tinggi. Pada penelitian ini menghasilkan bahan hasil dekomposisi yang memiliki nilai rasio C/N dan C/P tinggi, sehingga mempengaruhi immobilisasi mikroorganisme. Terjadinya imobilisasi pada 10, 20 dan 30 HSI menyebabkan kadar P-total pada berbagai perlakuan menjadi naik turun hal ini terlihat pada kadar P-total perlakuan 10, 20 dan 30 HSI.

Pengaruh C/P rasio adalah faktor yang mempengaruhi ketersediaan fosfor secara biologis. Oleh karena itu C/P rasio harus dikontrol pada kisaran yang cukup untuk mencapai kenaikan fosfor. You *et al* (2001) menyatakan bahwa ketika pengaruh C/P rasio melebihi C/P rasio kritis, maka ketersediaan fosfor sebagai pembatas dan konsentrasi fosfor pada limbah dibawah kontrol, sebaliknya jika pengaruh C/P rasio tidak melebihi C/P rasio kritis, maka ketersediaan fosfor meningkat dengan kenaikan pengaruh fosfor. Selain itu juga perlu diperhatikan bahwa ketersediaan hara bagi tanaman tergantung pada tipe bahan yang termineralisasi dan hubungan antara karbon dan nutrisi lain (misalnya rasio antara C/N, C/P, dan C/S) (Delgado dan Follet, 2002).

Nilai C/P rasio pada penelitian ini tinggi atau diatas 980. Dimana 980 merupakan syarat standar minimal mutu pupuk organik padat yang ditentukan SNI 19-7030-2004. Hal ini berkaitan dengan rendahnya kadar P – Total hasil dekomposisi.

Kadar K-Total (%)

Kalium (K) tidak terdapat dalam protein, elemen ini bukan elemen langsung dalam pembentukan bahan organik, kalium hanya berperan dalam membantu pembentukan protein dan karbohidrat. Kalium digunakan oleh mikroorganisme dalam bahan substrat sebagai katalisator.

Tabel 9. Kadar K-Total (%) bahan hasil dekomposisi selama proses dekomposisi limbah kulit kopi.

Perlakuan	Rerata K-Total (%)		
	10 HSI	20 HSI	30 HSI
K ₀ P ₀	1,01	0,97	0,78
K ₀ P ₁	1,08	1,07	0,78
K ₁ P ₀	1,17	1,28	0,78
K ₁ P ₁	1,11	1,18	0,88
K ₂ P ₀	0,98	1,14	0,72
K ₂ P ₁	1,02	1,30	0,69
K ₃ P ₀	1,09	1,15	0,70
K ₃ P ₁	0,96	1,17	0,70

Pada 10 HSI memiliki kadar K-total yaitu, sekitar 0,96% sampai 1,17%, dengan kadar tertinggi pada perlakuan K₁P₀ = Kulit kopi + *Trichoderma spp* (1,17%) dan terendah K₃P₁ = Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* + Batuan fosfat (0,96%). Terjadi penurunan kadar K-total pada tiap – tiap perlakuan 20 HSI yaitu, dari 0,97% sampai 1,30% kecuali dua perlakuan berikut mengalami penurunan kadar K-total yaitu, perlakuan K₀P₀ = Kontrol (0,97%) dan K₀P₁ = Kulit kopi + Batuan fosfat (1,07%). Pada 30 HSI terjadi penurunan kadar K-total pada tiap – tiap perlakuan, yaitu dengan kadar K-total sekitar 0,69% sampai 0,88%.

Pada seeluruh perlakuan proses dekomposisi terjadi penurunan kalium dari 20 hingga 30 HSI. Disebabkan karena penambahan *Trichoderma spp*, *Pseudomonas sp* dan batuan fosfat bukan merupakan aktivator yang dapat meningkatkan kadar K-total. Sedangkan untuk meningkatkan kadar K-total dipergunakan abu sisa pembakaran bahan organik (Bagas, 2001).

Semua perlakuan menghasilkan kadar K-total tidak berbeda nyata, hal ini juga diduga kandungan K bahan hasil dekomposisi berasal dari bahan yang banyak mengandung kadar K-total yang pada proses dekomposisi akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk aktivitasnya. Kadar K-total pada penelitian ini masih sesuai dengan standar yang ditentukan SNI 19-7030-2004 yang mensyaratkan bahwa bahan hasil dekomposisi mengandung kadar K-total minimal 0,20%.

C/K Rasio

Ketersediaan kalium dan karbon berpengaruh terhadap perbandingan C/K Rasio.

Tabel 4.10 C/K rasio bahan hasil dekomposisi selama proses dekomposisi limbah kulit kopi

Perlakuan	Rerata C/K Rasio		
	10 HSI	20 HSI	30 HSI
K ₀ P ₀	45,53	37,85	29,63
K ₀ P ₁	38,94	33,85	30,41
K ₁ P ₀	38,53	34,81	30,95
K ₁ P ₁	43,16	32,37	26,61
K ₂ P ₀	42,56	31,49	33,99
K ₂ P ₁	46,86	32,17	35,56
K ₃ P ₀	41,96	29,68	31,24
K ₃ P ₁	44,70	34,90	33,61

Pada 10 HSI memiliki kadar C/K rasio yaitu, sekitar 38,53 sampai 46,86, dengan nilai C/K rasio tertinggi pada perlakuan K₂P₁ = Kulit kopi + *Pseudomonas sp* + Batuan fosfat (46,86) dan terendah K₁P₀ = Kulit kopi + *Trichoderma spp* (38,53). Penurunan terjadi pada 20 HSI yaitu, sekitar 29,68 sampai 37,85, dengan nilai C/K rasio tertinggi pada perlakuan K₀P₀ = Kontrol (37,85) dan terendah K₃P₀ = Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* (29,68). Pada 30 HSI terjadi penurunan nilai kadar C/K rasio pada tiap – tiap perlakuan namun tiga perlakuan mengalami peningkatan kadar C/K rasio yaitu, perlakuan K₂P₀ = Kulit kopi + *Pseudomonas sp* (33,99), K₂P₁ = Kulit kopi + *Pseudomonas sp* + Batuan fosfat (35,56), K₃P₀ = Kulit kopi + *Trichoderma spp* + *Pseudomonas sp* (31,24).

Secara umum pengaruh C/K rasio adalah faktor yang mempengaruhi ketersediaan kalium secara biologis. Oleh karena itu C/K rasio harus dikontrol pada kisaran yang cukup untuk mencapai kenaikan kalium, ketika pengaruh C/K rasio melebihi C/K rasio kritis, maka ketersediaan kalium sebagai pembatas dan konsentrasi karbon pada bahan organik kulit kopi dibawah kontrol, sebaliknya jika pengaruh C/K rasio tidak melebihi C/K rasio kritis, maka kenaikan kalium meningkat dengan kenaikan pengaruh kalium. Berdasarkan penjelasan di atas kontrol memiliki nilai C/K rasio lebih rendah daripada kulit kopi dengan penambahan mikroorganisme tunggal maupun kombinasi keduanya, hal ini dikarenakan nilai karbon (C) pada perlakuan tersebut memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan ketersediaan karbon (C) yang ada pada perlakuan dengan penambahan mikroorganisme tunggal (*Trichoderma spp* atau *Pseudomonas sp*) maupun kombinasi keduanya (*Trichoderma spp* dan *Pseudomonas sp*) pada 30 HSI. Ini menyebabkan ketersediaan karbon menjadi faktor pembatas dibanding dengan ketersediaan kalium. Kalium merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tanaman, oleh karena itu setiap bahan hasil dekomposisi sebaiknya dianalisis kandungan kaliumnya untuk mengetahui kualitas bahan hasil dekomposisi tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PTPN XII Rembang Jember, yang telah memberikan izin untuk menggunakan bahan kulit kopi sebagai bahan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagas, E. 2001. *Pupuk Kompos Untuk Meningkatkan Produksi Padi Sawah. Seri Tanaman Pangan*. No 005, Desember 2001
- Brady and Weil. 2002. *The Nature and Properties of Soils*. Thirteenth Edition. Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey. 960 hal.
- Delgado, J. A and R. F. Follet. 2002. *Carbon and Nutrient Cycles. J. Soil and Water Conserv.* Vol 57 No. 6: 455 – 464.
- Direktorat Pascapanen Dan Pembinaan Usaha Direktorat Jenderal Perkebunan – Kementerian Pertanian (2010). http://ditjenbun.deptan.go.id/perbenpro/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=21 Diakses pada 29 September 2011.
- Efri. 1994. *Analisis Aplikasi Pseudomonads kelompok fluorescens dan Trichoderma viridae Pers. Ex Gray untuk pengendalian layu fusarium pada tomat (Application analysis of fluorescent Pseudomonads and Trichoderma viridae pers. Ex. Gray to control tomato Fusarium wilt disease)*. Master's thesis. Bogor Institute of Agriculture.
- Elfianti D. 2005. *Peranan Mikroba Pelarut fosfat terhadap Pertumbuhan Tanaman*. Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- EPA. 1989. *Regulation and Monitoring of Marine Cage Fish Farming in Scotland. A Procedur Manual*. Scottish Environment Protection Agency, Stirling, Scotland. 1.1 – 11.2.
- Graves, R.E., Hattermer, G.M., Stettler, D., Krider, J.N. dan Dana, C. 2007. *National Engineering Handbook*. United States Department of Agriculture.
- Imas, T dan Y. Setiadi. 1988. *Mikrobiologi Tanah*. Pusat Antar Universitas Institut Pertanian Bogor Bekerjasama dengan Lembaga Sumberdaya Informasi IPB. Bogor. P. 10 – 11.
- Isgitani, M., S. Kabirun, dan S.A. Siradz. 2005. Pengaruh Inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Shorghum Pada Berbagai Kandungan P Tanah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol 5 (1) p: 48-54.
- Isro'i. 2009. *Pengomposan Limbah Padat Organik*, http://www.ipard.com/art_perkebun/KomposLimbahPadatOrganik.pdf, dikutip pada 26 Januari 2012. Joner, E.J, I.M Aarle, and M. Vosatka. 2000. Phosphatase activity of extra radical arbuscular mycorrhiza; a review. *Plant Soil* 226: 199-210

- Mardhiansyah, M dan S. M. Widyastuti. 2007. *Potensi Trichoderma spp pada Pengomposan Sampah Organik Sebagai Media Tumbuh dalam Mendukung Daya Hidup Semai Tusam (Pinus merkusii ede Vries)*. SAGU, Vol. 6, No. 1 : 29–33.
- Mckinley Vicky L. Robbie J. Vetsal. 1985. *Microbial Activity In Composting I and II* JG Press. Inc Emmans.
- Murbandono, L. 2002. *Membuat Kompos*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao. 2004. *Panduan Lengkap Budidaya Tanaman Kopi*. Agromedia. Jakarta
- SNI: 19-7030-2004. 2004. *Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Strobel, G.A., E. Ford, J.Y. Li, J. Sears, R.S. Sidhu, and W.M. Hess. 2009. *Seimatoantherium tepuiense gen. Nov., a unique epiphytic fungus producing taxol from the Venezuelan Guyana*. Syst. Appl. Microbiol. 22:426-433.
- Subali, B. 2010. *Buku Evaluasi Remediasi*. FMIPA UNY. Yogyakarta
- Sutanto. 2002. *Penerapan Pertanian organik*. Kanisius. Yogyakarta.
- You, S.J., Ouyang, C.F., Chuang, S.H., and Lin, S.F. 2001. *Phosphorus removal characteristics of a combined AS-Biofilm process cultured by different COD/IP ratios*. Environmental Technology, 22: 1-6.