

Peningkatan Mutu Kompos Kiambang Melalui Aplikasi Teknologi Hayati dan Kotoran Ternak Sapi

Improvement of Compost Quality of Kiambang Through Biological Technology and Cattle Manure Applications

Joko S.S. Hartono, Made Same, dan Yonathan Parapasan

Politeknik Negeri Lampung

Jln. Soekarno-Hatta No. 10 Rajabasa Bandar Lampung

ABSTRACT

Kiambang (Salvinia natans) which a water plant became a seriously problem in the use of Reservoir Batutegei, because nearly 80% of its surface covered by Salvinia natans. The presence of highly abundant of Salvinia natans have highly potential to be used as a source of organic fertilizer. The purpose of this study was to examine the effect of the application of biological technology (decomposers) and cow manure on the quality of the resulting compost kiambang. This study used randomized block design and experiment arranged in factorial 4 x 4 with three replications. The first factor was the dose of decomposers which consists of 4 levels, namely A1 = 0 ml, A2 = 20 ml, 30 ml dose = A3, and A4 = 40 ml decomposers per quintal kiambang respectively. The second factor was the dose of cattle dung, i.e. B1 = 0 kg, B2 = 10 kg, 20kg = B3, and B4 = 30 kg manure per quintal kiambang. The results showed the compost that has the best quality in terms of physical and chemical compost was the compost derived from the treatment of 30 ml and 40 ml decomposers per quintal kiambang which combined with 10 kg, 20 kg or 30 kg manure per quintal kiambang.

Keywords: Salvinia natans, decomposers, cow manure, compost quality

Diterima 29-07 2014, disetujui: 22-08-2014

PENDAHULUAN

Kandungan bahan organik tanah pada sebagian besar lahan pertanian di Indonesia telah mencapai aras rendah sampai sangat rendah, sedangkan produktivitas tanah dan keberlanjutan produksi tanaman ditentukan oleh kecukupan kandungan bahan organik tanah. Oleh karena itu, pemberian bahan organik pada tanah pertanian sudah menjadi keharusan. Salah satu bentuk bahan organik adalah kompos, yang merupakan pupuk organik yang berasal dari sisa tanaman dan kotoran hewan yang telah mengalami proses dekomposisi atau pelapukan. Kompos merupakan salah satu komponen untuk meningkatkan kesuburan tanah dengan memperbaiki kerusakan fisik tanah akibat pemakaian pupuk anorganik (kimia) pada tanah secara berlebihan yang berakibat rusaknya struktur tanah dalam jangka waktu lama.

Salah satu bahan baku kompos yang sangat melimpah di Provinsi Lampung adalah gulma kiambang (*Salvinia natans*) yang keberadaannya telah menutupi hampir 80% permukaan wakduk

Batutegi, sehingga menjadi masalah utama dalam pemanfaatan Waduk Batutegi (Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung, 2012). Dalam waktu satu minggu gulma air ini mampu berkembang dan memperbanyak populasinya menjadi dua kali lipat (Margint, 2012). Kehadiran gulma kiambang yang sangat melimpah tersebut sangat berpotensi digunakan sebagai sumber pupuk organik setelah dikomposkan, sehingga pengomposan gulma kiambang tersebut perlu dilakukan untuk menghindari pengaruh negatif terhadap lingkungan.

Selama ini, pengendalian gulma kiambang di Waduk Batutegi dilakukan dengan mengangkat gulma tersebut, selanjutnya diangkut dengan menggunakan truk tronton dan dibuang di pinggir jalan yang tidak jauh dari waduk. Tumpukan kiambang tersebut dibiarkan mengering dan membusuk, dan belum dimanfaatkan secara khusus untuk tujuan tertentu. Oleh karena itu, dilakukan percobaan pembuatan kompos berbahan baku kiambang yang ditambah dengan kotoran ternak dan dekomposer yang umum beredar di pasaran. Pemanfaatan kompos kiambang dilakukan menekan akibat buruk penggunaan pupuk kimia secara terus menerus dan memperbaiki struktur tanah serta menekan biaya pemupukan pada budidaya pertanian-perkebunan.

Pengomposan adalah dekomposisi dengan menggunakan aktivitas mikroba, kecepatan dekomposisi dan kualitas kompos tergantung pada keadaan dan jenis mikroba yang aktif selama proses pengomposan. Selama proses pengomposan, kondisi optimum bagi aktivitas mikroba perlu mendapat perhatian, misalnya aerasi, kelembaban, media tumbuh dan sumber energi bagi mikroba. Dalam penelitian ini dilakukan pemberian dekomposer sebagai mikroba pengurai dan kotoran sapi sebagai sumber energi serta dekomposer untuk mempercepat dekomposisi bahan organik yang berasal dari gulma kiambang.

Pembuatan kompos secara konvensional umumnya memerlukan waktu yang cukup lama, yakni 4-6 bulan, tetapi dengan menambahkan kotoran ternak dan menggunakan mikroorganisme yang direkayasa, proses tersebut dapat dipercepat, yakni 1-2 bulan (Djuarnani, dkk. 2005). Kotoran ternak yang umum digunakan dalam mempercepat dekomposisi bahan organik adalah kotoran sapi, kerbau, kambing, dan ayam. Berbagai mikroorganisme yang dapat mempercepat proses dekomposisi bahan organik (dekomposer) dari keluarga bakteri, jamur, maupun actinomycetes saat ini sudah dapat dikemas dalam bentuk siap digunakan.

METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan di areal kebun praktek Politeknik Negeri Lampung, selama 2 bulan (Oktober-November 2013). Bahan baku berupa kiambang (*S. natans*) diambil dari waduk Batutegi, selanjutnya kiambang dipotong dengan ukuran 2-5 cm, dikomposkan sesuai perlakuan penelitian.

Percobaan menggunakan rancangan Kelompok Teracak Lengkap dan perlakuan disusun secara Faktorial 4 x 4 dengan 3 ulangan (4 x 4 x 3), sehingga kombinasi faktorial dari perlakuan tersebut menghasilkan 4 x 4 x 3 = 48 satuan percobaan. Faktor I adalah dosis dekomposer yang terdiri atas 4 taraf yaitu: A1 = 0 ml, A2 = 20 ml, A3 = 30 ml, dan A4 = 40 ml dekomposer masing-masing tiap kwintal kiambang. Faktor II adalah dosis kotoran sapi yang terdiri atas 4 taraf, yaitu: B1 = 0 kg, B2 = 10 kg, B3 = 20 kg, dan B4 = 30 kg kotoran masing-masing tiap kwintal kiambang. Setiap kwintal campuran kiambang dan kotoran ternak diberi 5 liter larutan dari campuran air dengan dekomposer sesuai dengan perlakuan. Pengamatan terdiri atas: suhu kompos, warna kompos, rasio C/N, unsur nitrogen (N), P, K dan Mg kompos yang diukur pada akhir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Kompos

Tabel 1 menunjukkan perubahan suhu selama proses pengomposan, nampak bahwa pada perlakuan A1 (tanpa dekomposer) pada hari ke 28, suhu masih lebih tinggi dari suhu udara, sedangkan pada perlakuan A2 (20 ml), A3 (30 ml) dan A4 (40 ml) dekomposer tiap kuintal kiambang, suhu kompos sudah sama dengan suhu udara saat itu. Hal ini menunjukkan bahwa pada hari ke 28, pengomposan pada perlakuan tanpa dekomposer belum berakhir, sedangkan pada pemberian 20 ml, 30 ml, dan 40 ml dekomposer tiap kuintal kiambang, menunjukkan bahwa pengomposan kiambang telah berlangsung dengan sempurna.

Perlakuan A3 dan A3 mencapai suhu maksimal sejak hari ke-12 sampai dengan ke-16, sedangkan pada perlakuan A1 dan A2 mencapai suhu maksimal pada hari ke-16 sampai hari ke-20 setelah pengomposan. Data di atas mengindikasikan bahwa makin tinggi dosis dekomposer yang diberikan semakin cepat penurunan suhu kompos mendekati suhu udara (suhu kompos pada pemberian 30 ml dan 40 ml decomposer sama dengan suhu udara pada hari ke 22 setelah pengomposan, sedangkan suhu kompos pada pemberian 10 ml dekomposer mencapai suhu udara pada hari ke 26 setelah pengomposan).

Tabel 1. Dinamika suhu bahan selama pengomposan pengamatan hari ke-2 sampai ke-28 pada berbagai dosis dekomposer dan kotoran ternak

No.	Perl.	Pengamatan hari ke													
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
1	A1B1	27,5	28,1	28,5	29,2	31,4	33,5	35,9	38,5	41,2	42,4	38,3	33,4	31,1	29,1
2	A1B2	28,3	28,2	28,7	29,4	31,8	33,2	36,2	38,9	41,4	41,8	37,9	33,3	31,4	29,0
3	A1B3	28,2	28,4	28,8	29,3	32,2	33,1	36,3	39,2	42,3	43,1	38,5	32,3	31,8	28,9
4	A1B4	28,4	28,5	28,9	29,7	32,3	33,9	36,8	38,4	42,2	43,2	38,3	32,5	31,9	28,6
5	A2B1	27,9	28,3	28,4	29,4	32,5	33,8	37,1	42,4	40,3	38,5	34,7	30,5	28,1	28,5
6	A2B2	27,8	28,1	28,7	29,5	32,9	34,7	37,9	42,5	39,5	38,1	33,9	30,2	28,4	28,3
7	A2B3	27,4	28,2	28,5	29,8	32,3	34,4	39,5	42,8	38,7	37,5	34,1	30,5	28,9	28,4
8	A2B4	28,1	28,4	28,9	29,9	32,1	34,5	39,4	42,7	38,6	37,2	34,2	30,3	28,2	28,5
9	A3B1	27,5	28,1	29,3	31,9	35,6	40,4	43,2	41,8	39,4	36,2	31,3	28,8	28,0	28,2
10	A3B2	28,3	28,4	28,9	31,6	36,5	41,2	43,8	41,5	38,9	34,8	29,6	28,1	28,7	28,1
11	A3B3	28,1	28,3	29,7	31,8	36,8	42,4	44,5	41,7	38,6	34,7	29,1	28,8	28,6	28,7
12	A3B4	28,4	28,5	29,9	32,4	36,4	42,6	44,6	42,2	38,8	34,5	29,6	28,3	28,9	28,4
13	A4B1	28,2	28,3	29,6	32,6	36,7	41,1	45,2	42,7	38,3	34,5	29,3	28,6	28,3	28,5
14	A4B2	28,2	28,3	30,4	32,8	36,7	42,7	45,5	42,4	38,7	34,9	29,8	28,5	28,4	28,3
15	A4B3	28,5	28,6	30,1	32,7	36,8	43,3	45,9	42,3	38,4	34,3	29,6	28,2	28,8	28,7
16	A4B4	28,4	28,5	30,5	32,8	36,9	43,4	45,9	42,1	38,2	34,4	29,6	28,2	28,6	28,8

Warna kompos

Pengamatan warna kompos dilakukan pada akhir penelitian dengan hasil seperti tersaji pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa pada akhir pengomposan kiambang (hari ke 28), terjadi degradasi warna kompos, yaitu semua perlakuan tanpa dekomposer (A1) berwarna kelabu gelap kehijauan, sedangkan perlakuan 20 ml dekomposer (A2) menunjukkan warna yang lebih gelap dari A1, dan perlakuan 30 ml dekomposer (A3) dan 40 ml dekomposertiap kwintal kiambang (A4) menunjukkan warna Hitam. Hal ini lebih mempertegas data suhu bahwa pada perlakuan tanpa dekomposer, kompos belum mencapai tingkat kematangan optimal, sedangkan perlakuan 30 ml dan 40 ml decomposer memperlihatkan bahwa kompos telah mencapai tingkat kematangan optimal. Data tersebut menegaskan bahwa semakin tinggi dosis dekomposer dan kotoran ternak yang diberikan maka pengomposan kiambang semakin dipercepat

Tabel 2. Pengamatan warna kompos pada berbagai dosis dekomposer dan kotoran ternak

No.	Perlakuan	Notasi warna menurut Munsell's soil color (Standard soil color charts)	Jenis warna
1	A1B1	4/1 7,5 GY	Dark greenish gray (kelabu gelap kehijauan)
2	A1B2	3/1 7,5 GY	Dark greenish gray (kelabu gelap kehijauan)
3	A1B3	2/1 7,5 GY	Greenish black (hitam kehijauan)
4	A1B4	2/1 7,5 GY	Greenish black (hitam kehijauan)
5	A2B1	4/1 5 GY	Dark olive gray(kelabu pudar kehitaman)
6	A2B2	3/1 5 GY	Dark olive gray(kelabu pudar kehitaman)
7	A2B3	2/1 2,5 GY	Olive black(hitam pudar)
8	A2B4	2/1 2,5 GY	Olive black(hitam pudar)
9	A3B1	2/1 5 GY	Olive black(hitam pudar)
10	A3B2	2/1 2,5 GY	Black (hitam)
11	A3B3	2/1 2,5 GY	Black (hitam)
12	A3B4	2/1 2,5 GY	Black (hitam)
13	A4B1	2/1 2,5 GY	Olive black(hitam pudar)
14	A4B2	2/1 2,5 GY	Black (hitam)
15	A4B3	2/1 2,5 GY	Black (hitam)
16	A4B4	2/1 2,5 GY	Black (hitam)

Sifat Kimia Kompos

Rasio C/N

Hasil sidik ragam terhadap Rasio C/N menunjukkan bahwa dosis dekomposer dan dosis kotoran ternak berinteraksi secara nyata terhadap rasio C/N (Tabel 3).

Tabel 3. Nilai rasio C/N kompos pada berbagai dosis dekomposer dan kotoran ternak

Perlakuan	B1	B2	B3	B4
A1	23.01 ^a	21.92 ^{ab}	21.17 ^{ab}	18.22 ^{bc}
A2	18.95 ^{abc}	14.74 ^{cd}	13.65 ^{de}	12.86 ^{def}
A3	10.34 ^{defg}	10.34 ^{efg}	9.38 ^{fg}	8.91 ^{fg}
A4	9.58 ^{efg}	8.26 ^g	8.07 ^g	7.96 ^g

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda pada kolom yang samamenunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%.

Berdasarkan uji Tukey pada taraf 5% (Tabel 3), rasio C/N paling rendah adalah perlakuan decomposer A4B2 (40 ml dekomposer dan 10 kg kotoran ternak), A4B3 (40 ml dekomposer dan 20 kg kotoran ternak tiap kwintal kiambang), dan A4B4 (40 ml dekomposer dan 30 kg kotoran ternak tiap kwintal kiambang) dengan kisaran rasio C/N 8.26—7.96, yang berbeda tidak nyata dengan A3B1, A3B2, A4B1 A3B3 dan A3B4 dengan kisaran rasio C/N adalah 8.91—10.34. Hal ini terjadi karena ada sinergisme antara dekomposer yang memiliki jumlah organisme perombak bahan organik yang lebih kompleks dengan jumlah kotoran ternak sebagai sumber mikroorganisme dan substrat bagi mikroba pengurai.

Pada perlakuan A1 dengan berbagai dosis kotoran ternak, rasio C/N berkisar antara 18.22—23.01 yang berbeda tidak nyata dengan A2B1, tetapi berbeda nyata dengan A2B3 dan A2B4. Hal ini menunjukkan bahwa pengomposan kiambang berjalan sangat lambat jika tidak menggunakan dekomposer tambahan atau dosis dekomposer sangat rendah, tetapi walaupun dosis decomposer sangat rendah namun disertai peningkatan dosis kotoran ternak maka pengomposan juga akan berlangsung lebih baik.

Pada perlakuan A3 dan A4 untuk semua dosis kotoran ternak, rasio C/N lebih kecil dari 10, yang mengindikasikan bahwa kompos pada semua perlakuan tersebut sudah mencapai kematangan optimal. Pendapat yang sama dikemukakan oleh Notohadiprawiro (1999) bahwa tingkat dekomposisi lanjut suatu kompos adalah nilai rasio C/N di bawah 10.

Proses pengomposan merupakan proses menurunkan rasio C/N bahan organik hingga sama dengan C/N tanah (8—12). Nilai rasio C/N dalam proses pengomposan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kinerja mikroorganisme. Kompos dengan rasio C/N yang tinggi mengindikasikan bahwa perombakan bahan organik tersebut belum sempurna, sedangkan kompos dengan rasio C/N yang rendah menunjukkan pengomposan telah berlangsung secara sempurna. Penggunaan karbon sebagai energi bagi mikroba untuk dekomposisi menyebabkan penurunan C organik kompos. Bahan organik yang memiliki rasio C/N sama dengan tanah memungkinkan bahan tersebut diserap oleh tanaman (Djuarnani, dkk. 2005).

Kadar unsur hara N, P, K, dan Mg

Hasil sidik ragam terhadap kadar N-total kompos menunjukkan bahwa dosis dekomposer dan dosis kotoran ternak berinteraksi secara nyata terhadap kadar N-total (Tabel 5) dan kadar Kalium kompos (Tabel 6), tetapi berinteraksi secara tidak nyata terhadap kadar fosfor (Tabel 7) dan kadar Mg kompos (Tabel 8).

Tabel 5. Kadar nitrogen total pada berbagai dosis dekomposer dan kotoran ternak

Perlakuan	B1	B2	B3	B4
A1	1.0310 ^t	1.0517 ^t	1.0833 ^{ef}	1.0833 ^{def}
A2	1.1997 ^{def}	1.4650 ^{cdef}	1.5340 ^{cde}	1.5573 ^{cd}
A3	1.7410 ^{bc}	1.9257 ^{abc}	2.0637 ^{ab}	2.0893 ^{ab}
A4	2.0893 ^{ab}	2.2173 ^a	2.2213 ^a	2.2043 ^{ab}

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%.

Tabel 5 memperlihatkan bahwa dengan meningkatnya dosis dekomposer dan dosis kotoran ternak maka kadar N-total kompos juga meningkat. Kadar N total tertinggi terdapat pada perlakuan A4B3, dan yang terendah ditemukan pada perlakuan A1B1. Variasi kadar N-total pada berbagai dosis dekomposer dan kotoran ternak menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis dekomposer dan kotoran ternak maka proses perombakan kiambang juga semakin cepat sehingga semakin banyak jumlah karbon yang dilepaskan ke udara dan menyisakan N dalam kompos kiambang. Menurut Kuswandi (1993), perombakan bahan organik mengakibatkan terlepasnya karbon dalam bentuk CO₂ ke udara. Semakin cepat pelepasan CO₂ ke udara, maka massa C-organik kompos semakin berkurang, sehingga kadar N total dapat meningkat, jika aerasi kompos terkendali.

Tabel 6. Kadar kalium pada berbagai dosis dekomposer dan kotoran ternak

Perlakuan	B1	B2	B3	B4
A1	0.172 ^h	0.198667 ^{gh}	0.229333 ^{fgh}	0.228333 ^{fgh}
A2	0.249333 ^{fg}	0.271 ^{ef}	0.270667 ^e	0.276667 ^{ef}
A3	0.326333 ^{de}	0.396 ^{abc}	0.440333 ^{ab}	0.443667 ^{ab}
A4	0.351667 ^{cd}	0.377667 ^{bcd}	0.411667 ^{abc}	0.450667 ^a

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%.

Tabel 6 menunjukkan bahwa kadar kalium lebih rendah pada perlakuan dosis dekomposer yang lebih rendah (A1 dan A2), tetapi pada perlakuan dosis dekomposer yang lebih tinggi (A3 dan A4) nampak bahwa kadar K juga lebih tinggi khususnya pada perlakuan B2, B3 dan B4. Kenyataan di atas menunjukkan bahwa jumlah dan aktivitas mikroba menjadi lebih tinggi dengan meningkatnya dosis dekomposer dan dosis kotoran ternak sapi.

Peningkatan dosis dekomposer dan dosis kotoran ternak menciptakan kondisi yang sangat cocok bagi percepatan perombakan bahan organik yang dikomposkan, karena jumlah dan jenis mikroba pengurai yang tinggi disertai dengan ketersediaan substrat yang tinggi dari kotoran ternak akan semakin mempercepat peningkatan populasi dan aktivitas mikroba pengurai sehingga pengomposan akan berlangsung secara cepat, seperti yang terjadi pada perlakuan 30 ml dan 40 ml dekomposer tiap kwintal kiambang yang berkombinasi dengan 20 kg dan 30 kg kotoran ternak sapi.

Peningkatan dosis dekomposer dan dosis kotoran ternak tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kadar fosfor (Tabel 6) dan kadar Mg kompos kiambang (Tabel 7).

Tabel 7. Kadar fosfor pada berbagai dosis dekomposer dan kotoran ternak

Perlakuan	B1	B2	B3	B4
A1	3.869 ^a	4.593 ^a	5.01 ^a	5.027 ^a
A2	4.12 ^a	4.244 ^a	4.374333 ^a	4.560333 ^a
A3	4.027667 ^a	4.374333 ^a	4.938333 ^a	6.488333 ^a
A4	4.174 ^a	4.901333 ^a	5.032667 ^a	4.742333 ^a

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda pada kolom yang samamenunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%.

Tabel 8. Kadar Magnesium pada berbagai dosis dekomposer dan kotoran ternak

Perlakuan	B1	B2	B3	B4
A1	0.0437 ^a	0.0697 ^a	0.0650 ^a	0.0697 ^a
A2	0.0760 ^a	0.0693 ^a	0.0727 ^a	0.0770 ^a
A3	0.0713 ^a	0.0803 ^a	0.0777 ^a	0.0800 ^a
A4	0.0730 ^a	0.0757 ^a	0.0787 ^a	0.0747 ^a

Keterangan: Angka dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%.

Tabel 7 dan Tabel 8 memperlihatkan bahwa peningkatan dosis dekomposer dan dosis kotoran ternak berpengaruh tidak nyata terhadap kadar K dan Mg kompos. Hal ini diduga terjadi karena kadar P dan Mg dalam bahan kompos dan kotoran ternak tergolong sangat rendah sehingga memberikan hasil yang tidak berbeda nyata.

KESIMPULAN

Kompos yang berkualitas baik adalah yang sudah cukup mengalami pelapukan, yang dicirikan oleh warna hitam, tidak berbau, kadar air rendah dan suhunya sudah sama dengan suhu udara. Pemberian dekomposer dan kotoran ternak dapat meningkatkan kadar N-total dan kalium kompos, tetapi tidak berpengaruh terhadap kadar P dan Mg kompos. Kompos yang memiliki kualitas terbaik ditinjau dari segi fisik dan kimia adalah kompos yang dihasilkan dari perlakuan 30

ml atau 40 ml dekomposer tiap kwintal kiambang yang dikombinasikan dengan 10 kg kotoran ternak, 20 kg kotoran ternak, atau 30 kg kotoran ternak masing-masing tiap kwintal kiambang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Ditjen *DIKTI* melalui Program Hibah Kompetisi (BOPTN) tahun 2013 yang telah mendukung pendanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung. 2012. *Bendungan Batutegi*. Kegiatan O&P Sumber Daya Air, Direktorat Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum.

Djuarnani, Nan., Kristian., Setiawan, Budi Susilo. 2005. *Cara Cepat Membuat Kompos*. Agromedia Pustaka, Depok. 74 Hal.

Kuswandi. 1993. Pengapuran Tanah Pertanian. Kanisius. Yogyakarta. 92p.

Margint, Frans. 2012. *Gulma Salvinia molesta*. <http://fransmargint.blogspot.com/2012/01/gulma-salvinia-molesta.html>. 18 Oktober 2012

Notohadiprawiro, T. 1999. Tanah dan Lingkungan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Jakarta. 232 p.