

POTENSI KOMPOS DARI LIMBAH PADAT PABRIK *JOSS PAPER* UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS TANAMAN

Rina S. Soetopo*, Krisna Septiningrum*, Aep Surahman,**

*Peneliti di Balai Besar Pulp dan Kertas

**Perekayasa di Balai Besar Pulp dan Kertas

e-mail: rnsusilowati@yahoo.com

Jl. Raya Dayeuhkolot 132, Bandung 40258 Telp. (022) 5202980; Faks. 022-5202871;

Naskah diterima tanggal : 26 Oktober 2009

THE POTENCY OF COMPOST FROM JOSS PAPER MILL SOLID WASTE TO IMPROVE THE CROP PRODUCTION

ABSTRACT

A research about paper sludge from joss paper industry as compost material has been conducted. Initially, paper sludge from waste water treatment plant was characterized. Cellulose degrading fungi were added as activator in composting experiment. Mature compost test using sensitive plant, tomato, was performed using paper sludge by product. Plant bioassay using Albazia was carried out using optimum dosage from mature compost test. Result showed that paper sludge from joss paper industry contain high content of organic matter thus can be use as organic compost. Composting experiment was performed using sawdust as bulking agents for ± 30 days, with 0,6% of cellulolytic fungi (weigth basis) as activator agents. Compost T-1 product quality was in complience with the Indonesian National Standard requirements. The extract compost materials (T-1) from paper sludge composting did showed positive effect to tomato plant. Meanwhile, plant bioassay showed that growth of Albazia using compost T-1 70% (10,5 kg/tree) product was better than control.

Keywords : solid waste, T. harzianum,, cellulose, compost, joss paper mill

INTISARI

Penelitian terhadap potensi limbah padat pabrik *joss paper* sebagai kompos telah dilakukan. Penelitian diawali dengan karakterisasi terhadap potensi limbah padat pabrik kertas yang berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Proses pengomposan dilakukan dengan menambahkan aktivator jamur pendegradasi selulosa. Terhadap kompos yang telah memenuhi syarat, dilakukan uji potensi terhadap tanaman tomat sebagai tanaman sensitif. Dosis optimum kompos pada tanaman tomat, diujicobakan ke tanaman sengan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah padat IPAL pabrik *joss paper* memiliki bahan organik yang cukup tinggi, sehingga memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai kompos organik. Pengomposan dengan penambahan aktivator jamur selulolitik 0,6% dari berat total limbah kering dilakukan selama 30 hari menghasilkan kualitas kompos (T-1) yang memenuhi persyaratan SNI. Hasil uji kompos (T-1) terhadap tanaman tomat menunjukkan pengaruh positif pada pertumbuhan vegetatif maupun generatif. Uji coba kompos (T-1) sampai dosis 70% (10,5 kg/pohon) terhadap tanaman sengan menunjukkan pertumbuhan vegetatif yang jauh lebih baik dibanding kontrol.

Kata kunci : limbah padat, *T. harzianum*, selulosa, kompos, pabrik *joss paper*

PENDAHULUAN

Dengan diberlakukannya UU RI No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang makin ketat, mendorong industri untuk berusaha mencari solusi efektif dalam melakukan pengelolaan limbahnya. Saat ini banyak industri pulp dan kertas di Indonesia sedang berusaha untuk dapat mengatasi permasalahan yang timbul sehubungan dengan pencemaran lingkungan. Salah satu permasalahan yang dihadapi adalah limbah padat yang dihasilkan dalam jumlah besar yang berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Jumlah limbah padat tersebut cukup besar yaitu $\pm 3 - 4 \%$ dari kapasitas produksinya dan saat ini pengelolaannya masih banyak yang dilakukan dengan cara ditumpuk di dalam lokasi pabrik dalam waktu lama. Cara tersebut, sudah tidak memungkinkan lagi, karena ketatnya peraturan lingkungan yang telah membatasi waktu penyimpanan limbah. Selain itu, penumpukan limbah padat di atas tanah, dikhawatirkan dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan terutama pencemaran air tanah dan air permukaan (Anonim, 2005).

Mengingat jumlah limbah padat IPAL yang dihasilkan industri pulp dan kertas cukup besar, maka sebagian besar industri pulp dan kertas di Indonesia berupaya untuk menerapkan pengelolaan limbah padat yang berorientasi kepada pemanfaatan potensi limbah tersebut yang dapat memberikan nilai tambah. Beberapa kajian terhadap karakteristik limbah padat IPAL industri pulp dan kertas secara umum menunjukkan adanya potensi untuk dimanfaatkan sebagai kompos yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah. Namun permasalahan dan kendala yang dihadapi oleh industri adalah proses pengomposan yang memerlukan waktu cukup lama. Hal tersebut ditunjukkan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Rina *et.al*, 2006 yang menjelaskan bahwa proses pengomposan limbah padat IPAL industri kertas dilakukan selama 45 hari dengan bahan pencampur serbuk kayu 20%v/v. Lamanya proses pengomposan tersebut disebabkan oleh komposisi limbah yang didominasi organik kompleks yang terdiri dari serat selulosa 59-72%, lignin 6-16% dan hemiselulosa 7-10% (Sosulski, 1993). Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut, Martina (2002)

menjelaskan bahwa jamur dari genus *Trichoderma* yang dikenal sebagai penghasil enzim hidrolitik, selulase, pektinase dan xilanase mampu mendegradasi polisakarida kompleks seperti selulosa, pektin, hemiselulosa dan xylan. Dengan menambahkan sejumlah biomasa jamur tersebut sebagai aktivator pada proses pengomposan, dapat mempersingkat waktu proses pengomposan. Selain menggunakan jamur *trichoderma* sebagai aktivator, juga dapat digunakan biomasa mikroba yang berasal dari kotoran ternak sapi, karena didalam kotoran ternak tersebut banyak mengandung mikroba pendegradasi organik kompleks.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, dari penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa limbah padat IPAL pabrik *joss paper* juga memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai kompos. Limbah padat IPAL pabrik *joss paper* mengandung organik sangat tinggi yang berasal dari bahan baku bambu yang tersuspensi dalam air limbah dengan kadar selulosa sekitar 20 – 25% (BBPK, 2008). Di dalam proses produksinya, pabrik *joss paper* tidak melakukan proses *bleaching* dan juga tidak menambahkan bahan kimia aditif sehingga diperkirakan karakteristik limbah padatnya tidak mengandung zat-zat yang berbahaya untuk tanaman.

Makalah ini menyampaikan hasil penelitian tentang pemanfaatan potensi limbah padat IPAL pabrik *joss paper* sebagai kompos untuk tanaman sengon. Tanaman sengon dipilih sebagai tanaman uji coba kompos, karena kayu sengon memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak digunakan sebagai bahan bangunan dan juga sebagai bahan baku industri pulp dan kertas (Rina, dkk, 2007). Percobaan pembuatan kompos dilakukan dengan menambah mikroba dari kotoran ternak dan aktivator tepung jamur *Trichoderma harzianum*. Dengan mengacu pada persyaratan-persyaratan pemanfaatan limbah B3 dan perizinannya pada Peraturan Menteri LH No 02 tahun 2008 dan No 18 tahun 2009, potensi limbah yang berdaya guna dapat dipertimbangkan sebagai alternatif dalam pengelolaan lingkungan yang terpadu dan terkendali bagi industri kertas. Dukungan dari Pemerintah Pusat melalui Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) maupun Pemerintah Daerah, serta masyarakat pengguna kompos, diharapkan hasil penelitian ini dapat diaplikasikan.

BAHAN DAN METODA

Bahan

Limbah padat yang digunakan sebagai bahan penelitian diambil dari sistem pengolahan air limbah cara kimia-biologi aerobik dari pabrik kertas *joss paper* atau sering disebut kertas sembahyang. Limbah padat di ambil pada keluaran mesin *belt press* di IPAL pabrik kertas di Purwakarta - Jawa Barat. Bahan-bahan lain yang digunakan untuk proses pengomposan adalah dedak dan urea sebagai nutrisi, serbuk kayu sebagai bahan untuk meningkatkan porositas tumpukan limbah padat pada proses pengomposan, biomasa mikroba diperoleh dari kotoran sapi yang diperoleh dari daerah Purwakarta dan tepung jamur *Trichoderma harzianum* digunakan sebagai aktivator pada proses pengomposan limbah padat diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi BBPK. Biji tomat (mewakili tanaman sensitif) digunakan sebagai tanaman uji fitotoksisitas kompos, sedangkan bibit tanaman sengon yang merupakan tanaman produksi digunakan untuk uji coba kompos.

Metoda Penelitian

Penelitian dilakukan dalam 4 tahap yaitu (1) karakterisasi limbah padat; (2) percobaan pembuatan kompos dari limbah padat; (3) uji fitotoksisitas ekstrak kompos terhadap tanaman sensitif (tomat) dan (4) uji coba kompos matang pada tanaman sengon

1. Karakterisasi Limbah Padat

Mengacu pada PP No. 18 Jo. No 85 tahun 1999, karakterisasi limbah padat IPAL pabrik *joss paper* meliputi analisa logam berat total (As; Cd; Cr; Cu ; Pb; Hg; Zn) dan *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* atau TCLP (As ; Ba; B; Cd; Cr; Cu ; Pb; Hg; Se; Ag), selain itu juga dilakukan uji potensi limbah yang terdiri dari analisa kadar air; pH; selulosa; unsur hara makro (C-organik; total nitrogen); unsur mikro (Na; Cl; Fe; Mn; Cu; Zn; Al).

Analisa logam berat total dan TCLP serta unsur-unsur mikro hara dilakukan dengan instrument AAS. Analisa unsur makro hara nitrogen dilakukan dengan metoda Kjeldahl, C-organik dengan metoda Walkey & Black dan analisa selulosa dengan SNI 0444 : 2009. Evaluasi hasil uji logam berat total dilakukan

dengan cara membandingkan dengan baku mutu menurut Kep. 04/Bapedal/IX/1995, sedangkan hasil uji logam TCLP mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 18 Jo. No 85 tahun 1999.

2. Percobaan Pembuatan Kompos

Percobaan pembuatan pengomposan dilakukan dengan 4 variasi perlakuan penambahan aktivator mikroba yang berasal dari kotoran sapi dan tepung jamur pendegradasi selulosa *T. harzianum* (Tabel 1). Penambahan mikroba dan *T. harzianum* dilakukan berdasarkan dosis optimum dari percobaan yang telah dilakukan oleh Rina, dkk., (2007) dan (2008).

Tabel 1. Variasi Perlakuan Aktivator Proses Pengomposan

Perlakuan Percobaan	Aktivator, % (dasar berat)	
	Mikroba dari kotoran sapi	Jamur <i>T.harzianum</i>
T-1	3	0,6
T-2	3	0,3
T-3	3	0
T-4	0	0,6

Percobaan pembuatan kompos dilakukan di lokasi pabrik *joss paper* di Purwakarta Jawa Barat dengan metode *open air periodically-turned static pile* menurut (Valzano, 2000) selama 30 hari. Bahan pencampur limbah padat adalah serbuk kayu dengan perbandingan 80 : 20 v/v, dan juga ditambahkan dedak 0,8 % w/w dan urea 0,2% w/w. Campuran limbah padat, serbuk kayu, dedak dan urea ditumpuk dan disusun lapis demi lapis menggunakan cetakan berukuran 1m x 1m x 0,4 m, kemudian dicampur hingga homogen dengan menggunakan cangkul dan ditutup dengan plastik. Berat campuran per tumpukan bahan pengomposan sekitar \pm 548 kg basah dengan kadar air \pm 70%. Tumpukan limbah padat dikondisikan pada pH 6 – 8. Pembalikan kompos dan sampling untuk analisa C-total dan N-total dilakukan secara periodik setiap 1 minggu sekali. Parameter pengamatan selama proses pengomposan meliputi pengukuran suhu, pH, kadar air dan kadar selulosa. Uji kualitas kompos matang hanya dilakukan terhadap perlakuan yang menunjukkan penurunan kadar selulosa tertinggi. Parameter uji kualitas kompos meliputi N-total, C-total, P tersedia, K-dd, KTK yang dilakukan di BALITSA - Bandung.

Metoda analisa P tersedia dilakukan dengan metoda Bray-1, K-dd dan KTK dengan metoda NH_4 -Asetat - pH 7.

3. Uji Fitotoksisitas Ekstrak Kompos terhadap Tanaman Sensitif

Kematangan kompos merupakan derajat kesempurnaan proses pengkomposan. Pada kompos yang matang, bahan baku telah cukup terdekomposisi untuk menghasilkan produk yang stabil. Pada umumnya stabilitas dan kematangan kompos sangat berhubungan erat, semakin stabil kompos semakin matang (WERL,2000).

Tujuan dari uji fitotoksisitas ekstrak kompos ini adalah untuk menentukan dosis kompos efektif untuk pertumbuhan vegetatif dari tanaman yang termasuk dalam klasifikasi tanaman sensitif yang salah satunya adalah tanaman tomat (OECD, 1992). Benih tanaman tomat diperoleh dari Balai Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pertanian di Subang. Pelaksanaan percobaan dilakukan dalam skala rumah kaca di dalam lokasi pabrik *joss paper*. Uji ini dilakukan hanya terhadap kompos matang dari perlakuan pembuatan kompos yang optimum yaitu yang menunjukkan penurunan selulosa tertinggi selama proses pengomposan (± 30 hari). Perlakuan percobaan adalah campuran variasi dosis kompos dan tanah sebagai media tanam. Variasi dosis kompos dan tanah tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perlakuan Dosis Kompos

Perlakuan	Tanah (% berat)	Kompos (% berat)
A	100	0
B	80	20
C	60	40
D	40	60
E	20	80
F	0	100

Catatan : replikasi 4 kali

Campuran tanah dan kompos setiap perlakuan (Tabel 2) dimasukkan ke dalam pot berdiameter 40 cm dengan tinggi ± 40 cm. Berat media campuran per pot 15 kg. Pada setiap pot perlakuan percobaan, disemai biji tomat masing-masing 5 biji per pot. Pemeliharaan pertumbuhan biji dilakukan dengan cara disiram air secukupnya setiap hari. Setelah 14 hari, pilih 2 tanaman tomat yang terbaik dalam setiap

potnya. Tanaman yang telah terpilih kemudian dibiarkan tumbuh pada masing-masing pot selama 3 bulan. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun dan biomassa tanaman. Pengamatan biomassa tanaman dilakukan dengan cara menimbang seluruh bagian tanaman (dasar kering) yang terdiri dari akar, batang dan daun. Pengamatan terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun dilakukan setiap 20 hari sekali, sedangkan pengamatan biomassa dilakukan pada akhir percobaan yaitu setelah 3 bulan tanam.

4. Uji Coba Kompos Matang pada Tanaman Sengon

Uji coba kompos pada tanaman sengon dilakukan terhadap kompos matang yang terbaik di dalam rumah kaca di lokasi pabrik *joss paper* di Purwakarta-Jawa Barat. Bibit tanaman sengon yang digunakan telah diseleksi dan homogen serta memiliki kondisi sehat. Umur bibit tanaman sengon yang digunakan 1 bulan dengan tinggi rata-rata 75,5 cm diperoleh dari Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Barat.

Percobaan dilakukan dalam pot berdiameter ± 40 cm dengan berat media tanam ± 15 kg. Perlakuan percobaan terdiri atas 4 variasi dosis kompos yang dicampurkan ke tanah sebagai media tanam. Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah dengan kompos. Jumlah kompos (dasar kering) yang dicampurkan adalah 60% (9 kg/pohon); 70% (10,5 kg/pohon); 80% (12 kg/pohon), yang merupakan kisaran dosis optimum dari hasil uji fitotoksisitas kompos terhadap tanaman sensitif (tomat). Pada percobaan ini, juga dilakukan perlakuan kontrol tanpa penambahan kompos. Pengamatan dilakukan terhadap tinggi tanaman selama 2 bulan dengan frekwensi pengamatan setiap 2 minggu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik dan Potensi

a. Karakteristik Limbah Padat IPAL

Hasil analisa logam berat total dalam limbah padat IPAL pabrik *joss paper* menunjukkan konsentrasi As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, dan Zn yang berada jauh di bawah konsentrasi maksimum kontaminan menurut Kep.04/Bapedal/IX/1995 kolom B tentang "Persyaratan penimbunan hasil pengolahan

limbah B-3”, bahkan jauh di bawah persyaratan baku mutu kompos menurut standar baku mutu yang berlaku di Indonesia maupun dinegara-negara lain (Tabel 3).

Demikian pula hasil analisa TCLP menunjukkan bahwa kandungan logam berat dalam limbah padat IPAL pabrik *joss paper* sangat rendah di bawah konsentrasi maksimum kontaminan menurut PP No. 18/1999 jo PP No.

85/1999 tentang “ Pengelolaan limbah B3” (Tabel 4). Rendahnya konsentrasi kontaminan logam berat dalam limbah *joss paper* menunjukkan bahwa limbah padat tersebut dapat dikelola melalui pemanfaatan potensinya. Di Indonesia, pemanfaatan limbah industri dan perizinannya telah diatur melalui Peraturan Menteri LH No 02 Tahun 2008 dan 18 Tahun 2009.

Tabel 3. Konsentrasi Logam Berat Total dalam Limbah Padat

Parameter	Hasil uji (mg/kg)	Baku mutu, mg/kg (Kep.04/Bapedal/IX/1995)		Standar maks dalam biosolid dan kompos, mg/kg			
		A	B	SNI ¹⁾	EPA ²⁾	EU ²⁾	AUS ³⁾
1. Arsen (As)	0,616	300	30	13	41	-	20
2. Cadmium (Cd)	< 0,01	50	5	3	39	300	-
3. Chromium (Cr)	6,1	2500	250	210	1200	100	100
4. Copper (Cu)	70	1000	100	100	1500	100	100
5. Lead (Pb)	9,2	3000	300	150	300	150	150
6. Mercury (Hg)	0,227	20	2	0,8	17	0,5	1
7. Zinc (Zn)	234	5000	500	500	2800	400	200

Keterangan:

- 1) SNI 19-7030-2004; Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik;
 - 2) Journal of the Woods End Research Laboratory, 2005 Vol 2 No.1
 - 3) Australian standard for compost, soil conditioner, 1999
- A Tempat penimbunan limbah B3 di landfill kategori I
B Tempat penimbunan limbah B3 di landfill kategori III

Tabel 4. Hasil Analisa TCLP Limbah Padat IPAL

Parameter	Hasil Analisa, mg/l			Baku Mutu, mg/l (PP.18 Jo. 85/1999)
	1	2	3	
Arsen (As)	< 0,0001	< 0,004	< 0,004	5,0
Barium (Ba)	0,06	-	-	100
Boron (B)	< 0,30	-	-	500
Cadmium (Cd)	< 0,001	< 0,006	< 0,006	1,0
Chromium (Cr)	< 0,001	< 0,02	< 0,02	5,0
Copper (Cu)	0,015	0,04	0,03	10,0
Lead (Pb)	0,01	< 0,06	< 0,06	5,0
Mercury (Hg)	< 0,00001	0,0017	0,0017	0,2
Selenium (Se)	< 0,001	-	-	1,0
Silver (Ag)	< 0,001	< 0,004	< 0,004	5,0
Zinc (Zn)	0,447	0,95	0,89	50

Keterangan : 1,2,3 : ulangan hasil uji

b. Potensi Limbah Padat IPAL

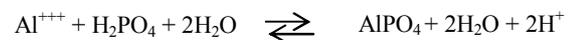
Berdasarkan kandungan karbon total yang tinggi (51,61%) dan kadar abu yang rendah (10,91%) menunjukkan bahwa komponen utama dalam limbah padat IPAL pabrik *joss paper* adalah bahan organik, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai kompos organik (Tabel 5). Hal lain yang menjadi potensi sebagai kompos adalah tersedianya beberapa unsur hara makro lainnya yaitu N; P; K; Ca; Mg dan S seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Unsur Hara dalam Limbah Padat

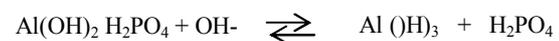
Parameter	Satuan	Hasil analisa
1. pH (H ₂ O)	-	7,9
pH (KCl)	-	7,5
2. Kadar Abu	%	10,91
3. Kadar air	%	79,72
4. KTK	me/100g	56,51
5. Selulosa	%	15,05
HARA MAKRO	--	---
6. Total carbon (C)	%	51,61
7. Total nitrogen (N)	%	0,55
8. Rasio C/N	-	94
9. P sebagai P ₂ O ₅	%	0,27
10. K sebagai K ₂ O	%	0,13
11. Ca, sebagai CaO	meq/100 g	0,13
12. Mg, sebagai MgO	meq/100 g	0,11
13. Belerang (S)	meq/100 g	0,15
HARA MIKRO	-	-
14. Na tersedia	meq/100 g	0,18
15. Cl	mg/kg	0,01
16. Besi (Fe)	mg/kg	2444
17. Mn tersedia	mg/kg	109
18. Cu tersedia	mg/kg	13
19. Seng (Zn)	mg/kg	55
20. Boron (Bo)	mg/kg	4
Aluminium (Al)	mg/kg	30048

Berdasarkan data potensi limbah padat sebagai kompos untuk tanaman, terdapat beberapa unsur yang harus diperhatikan yaitu

kandungan aluminium (Al) yang sangat tinggi. Umumnya tanaman mengandung Al 0,2 mg/g berat kering (Mossor,2001). Menurut Wijanarko (2005), Aluminium (Al) merupakan unsur penyebab utama buruknya pertumbuhan tanaman. Organ tanaman yang paling sensitif terhadap Al adalah akar. Ion-ion Al dapat bereaksi dengan ion-ion fosfat dan membentuk senyawa fosfat yang tidak larut. Pada pH kurang dari 5,5 kelarutan Al meningkat dan Al yang larut ini akan bereaksi dengan fosfat, sehingga dengan cepat terbentuk koloid Al-fosfat. Al dan Fe dapat memfiksasi fosfat pada pH masam, sehingga fosfat menjadi tidak tersedia untuk tanaman. Hal tersebut dapat dijelaskan dengan reaksi sebagai berikut :



Absorpsi fosfat oleh ion Al dan Fe yang umum terjadi dalam tanah adalah merupakan proses pertukaran secara fisiokimia, dimana ion fosfat menggantikan ion OH. Oleh karena itu pada kondisi seperti ini diperlukan pemberian kapur agar terjadi pelepasan Fosfat menjadi tersedia bagi tanaman.



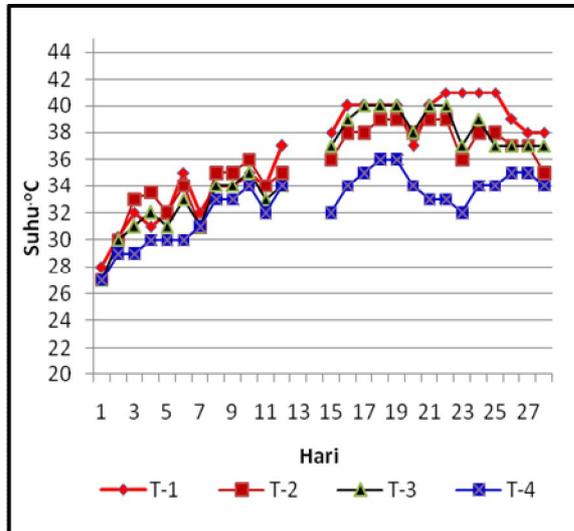
Menurut Rorison dalam bukunya Soedarono Joedoro (2004), kelarutan Al³⁺ yang tinggi dapat menyebabkan pembelahan dan perkembangan sel terhambat akibat enzim yang melakukan sintesis bahan di dinding sel terganggu. Lebih lanjut dikemukakan bahwa tanaman yang keracunan Al menunjukkan pertumbuhan yang kerdil dan sistem perakarannya yang tidak berkembang.

2. Proses Pengomposan

a. Kondisi selama Proses Pengomposan

Hasil pengamatan terhadap perubahan suhu selama proses pengomposan dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam 30 hari proses pengomposan, terjadi peningkatan suhu secara bertahap. Suhu tertinggi yang dapat dicapai adalah 40°C yaitu pada tumpukan T-1 yaitu pada hari ke 22 sampai ke 25, dan setelah itu

suhu menurun terus. Pengamatan secara visual, tampak pertumbuhan miselium jamur *T. harzianum* pada limbah sludge (T-1 dan T-2). Pada Gambar 1 tampak bahwa secara umum, suhu tertinggi yang dapat dicapai adalah 40°C selama ± 4 hari.



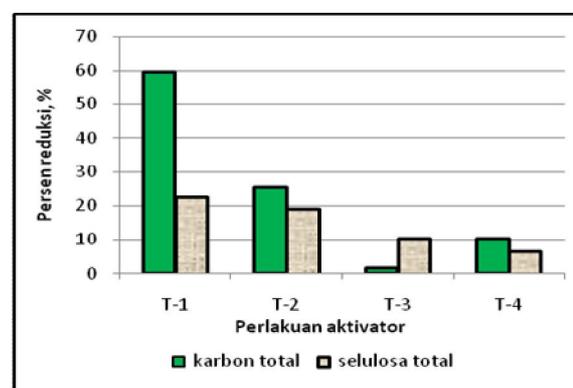
Gambar 1. Fluktuasi Suhu selama Proses Pengomposan

Berdasarkan data percobaan pada Gambar 1, tampak bahwa proses pengomposan terjadi karena adanya perlakuan penambahan mikroba yang berasal dari kotoran ternak, sedangkan jamur *T. harzianum* lebih berperan sebagai aktivator dalam proses pengomposan yang telah ditambah mikroba dari kotoran ternak. Hal tersebut tampak dari perlakuan yang tidak ditambah mikroba dari kotoran ternak (T-4) menunjukkan peningkatan suhu yang lebih rendah dibanding perlakuan yang ditambah mikroba dari kotoran ternak. Perlakuan T-1 menunjukkan peningkatan suhu yang tertinggi yaitu perlakuan yang ditambah aktivator jamur *T. Harzianum* 0,6%. Peningkatan suhu tersebut, kemungkinan disebabkan adanya simbiosis dari aktifitas mikroba heterogen yang berasal dari kotoran ternak dengan jamur *T. Harzianum*. Inokulum jamur *T. harzianum* yang ditambahkan pada perlakuan tumpukan merupakan jamur yang mampu mendegradasi organik kompleks terutama selulosa pada suhu optimumnya $28 \pm 1^\circ\text{C}$ (TAPPI 487pm-99). Hal tersebut merupakan keuntungan dari proses pengomposan dengan penambahan aktivator jamur *T. Harzianum*.

Selain faktor suhu, efektivitas daya degradasi jamur tersebut sangat dipengaruhi

oleh beberapa faktor lingkungan lainnya yaitu kadar air, pH, luas permukaan bahan yang dapat kontak dengan mikroba pendegradasi dan ketersediaan oksigen dalam tumpukan selama proses pengomposan. Kadar air dan pH selama terjadi proses pengomposan menunjukkan fluktuasi, kadar air pada kisaran 55%-68% dan pH 6,21 - 7,07. Kisaran kadar air dan kisaran pH selama proses pengomposan sudah memenuhi syarat. Kadar air dan pH optimum pada proses pengomposan masing-masing 55% - 70% dan 6 - 8 (Briston, 2000).

Data penurunan kadar selulosa total dari masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Gambar 2. Kadar selulosa rata-rata pada awal percobaan adalah 22,11% dan pada akhir percobaan pada masing-masing perlakuan menunjukkan penurunan kadar selulosarata-rata sebesar 22,5% (T-1); 19,2% (T-2); 10,6% (T-3); dan 6,6% (T-4). Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa gabungan aktivitas mikroba dari kotoran ternak dengan jamur *T. harzianum* dapat meningkatkan daya degradasi selulosa dalam limbah padat (T-1 dan T-2), sedangkan perlakuan yang hanya ditambah mikroba dari kotoran ternak saja (T-3) atau hanya ditambah jamur *T. harzianum* saja menunjukkan daya degradasi selulosa yang lebih rendah. Dari hasil tersebut, menunjukkan bahwa penurunan kadar selulosa rata-rata yang tertinggi adalah pada perlakuan T-1 yaitu perlakuan yang ditambah mikroba dari kotoran sapi dan aktivator *T. harzianum*. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian Rina (2008), yang menjelaskan bahwa proses pengomposan limbah padat pabrik kertas dengan mikroba dari kotoran ternak ditambah aktivator jamur *T. harzianum* menunjukkan hasil yang lebih baik dibanding tanpa penambahan jamur *T. harzianum* (Rina, 2008).

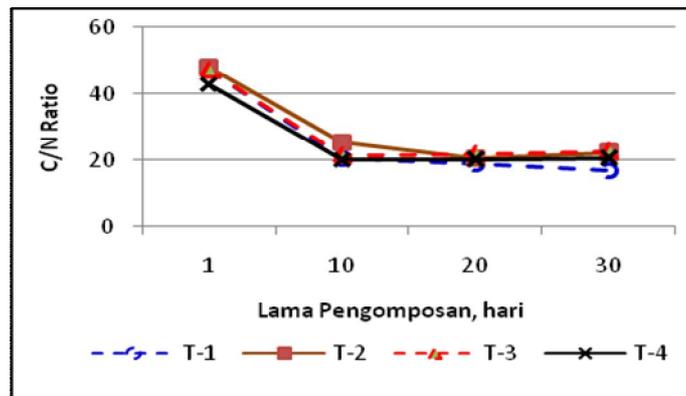


Gambar 2. Reduksi Selulosa dan Karbon pada Limbah setelah 30 Hari

Selain ditinjau dari penurunan kadar selulosa, perlakuan T-1 ini juga menunjukkan penurunan karbon rata-rata yang tertinggi pada akhir proses pengomposan (Gambar 3). Kadar karbon total rata-rata pada awal pengomposan adalah 33,86% dan setelah 30 hari proses pengomposan menunjukkan penurunan pada masing-masing perlakuan dengan kadar karbon rata-rata pada akhir pengomposan adalah sebagai berikut T-1 (13,19%); T-2 (24,67%); T-3 (33,89%); dan T-4 (27,8%). Bila ditinjau dari penurunan C/N ratio limbah yang awalnya 22,11 bagi seluruh perlakuan, hanya perlakuan T-1 yang menunjukkan C/N ratio dibawah 20 yaitu 17,13 yang artinya telah memenuhi syarat kompos matang, baik menurut SNI 19-7030-2004 maupun standar kompos menurut Perhutani-Indonesia yang masing-masing memiliki nilai standar C/N ratio yang sama yaitu 10-20, sedangkan untuk perlakuan lainnya memerlukan waktu pengomposan yang lebih lama untuk mencapai kompos matang.

b. Kualitas Kompos yang dihasilkan

Proses pengomposan berakhir pada hari ke 30. Analisa lengkap dari kualitas kompos hanya dilakukan terhadap perlakuan yang menunjukkan C/N ratio yang telah memenuhi syarat yaitu perlakuan T-1 (Tabel 6). Kandungan unsur-unsur hara makro dalam kompos limbah menunjukkan nilai yang cukup tersedia. Unsur-unsur tersebut yaitu karbon (13,19%), nitrogen (0,75%), merupakan unsur-unsur yang termasuk dalam kelompok unsur pembentuk protein dan protoplasma tanaman. Kandungan unsur-unsur tersebut dalam kompos menunjukkan nilai yang telah memenuhi persyaratan kompos. Kandungan kalium sebagai K_2O (0,35%) dan fosfat P_2O_5 (2,16%) dalam kompos menunjukkan cukup tersedia. Kalium berfungsi untuk pembentukan pati, mengaktifkan enzim dan memperlancar proses metabolisme sel. Fosfat memegang peranan penting bagi tanaman, karena berfungsi dalam reaksi enzim.



Gambar 3. C/N Ratio selama Proses Pengomposan

Tabel 6. Kualitas Kompos yang telah Mendapat Perlakuan T-1

Parameter	Satuan	Kompos limbah padat T-1 ¹⁾	Persyaratan Kompos		
			SNI ²⁾ 19-7030-2004	Perhutani	WHO ³⁾
pH	-	7,4	6.8 - 7.49	6,6 - 8.2	6,5 - 7,5
C- total	%	13,19	9.8 - 32	14,5 - 27,1	8-50
N total	%	0,75	0.4	0,6 - 2,1	0,4 - 3,5
C/N ratio	-	17	10-20	10 - 20	10-20
P sebagai P_2O_5	%	2,16	0.1	0.3 - 1.8	0,3 - 3,5
K sebagai K_2O	%	0,35	0.2	0.2 - 1.4	0,5 - 1,8
Selulosa	meq/100 g	27,23	--	--	--
KTK	%	17,14	-	-	-

Keterangan :

¹⁾ Analisa dilakukan di Laboraturum Balai Penelitian Tanaman sayur, Lembang

²⁾ Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik; ³⁾ WHO, 1980

Karena kompos ini berasal dari limbah industri, maka perlu dijamin bebas dari bahan pencemar, untuk itu, selain analisa unsur hara, juga dilakukan analisa logam berat terhadap produk kompos yang dihasilkan. Hasil analisa menunjukkan bahwa semua parameter logam berat dalam kompos menunjukkan nilai yang jauh di bawah nilai maksimal dalam persyaratan kompos menurut SNI-19-7030-2004 maupun persyaratan dari beberapa Negara lain seperti USA, Uni Eropa, Australia (Tabel 7). Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, dapat dinyatakan bahwa logam berat yang terkandung dalam kompos limbah padat relatif aman terhadap lingkungan.

Tabel 7. Kandungan Logam Berat dalam Kompos (T-1) yang dihasilkan

Logam Berat	Kompos T-1 (mg/kg)	Standar Kompos, mg/kg			
		SNI ¹⁾	US-EPA ²⁾	Uni Eropa ²⁾	Australia ³⁾
As	0,570	13	-	-	20
B	-	-	-	300	-
Cd	< 0,01	3	39	2,0	3
Cr	20	210	1200	100	100
Cu	39	100	1500	100	100
Co	-	34	-	-	-
Pb	6,1	150	300	150	150
Ni	-	62	420	50	60
Hg	< 0,038	0,8	17	0,5	1
Se	-	2	36	25	5
Zn	161	500	2800	400	200

Keterangan :

- 1). SNI 19-7030-2004; Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik;
- 2). Journal of the Woods End Research Laboratory, 2005
- 3). Australian standard for compost, soil conditioner, 1999

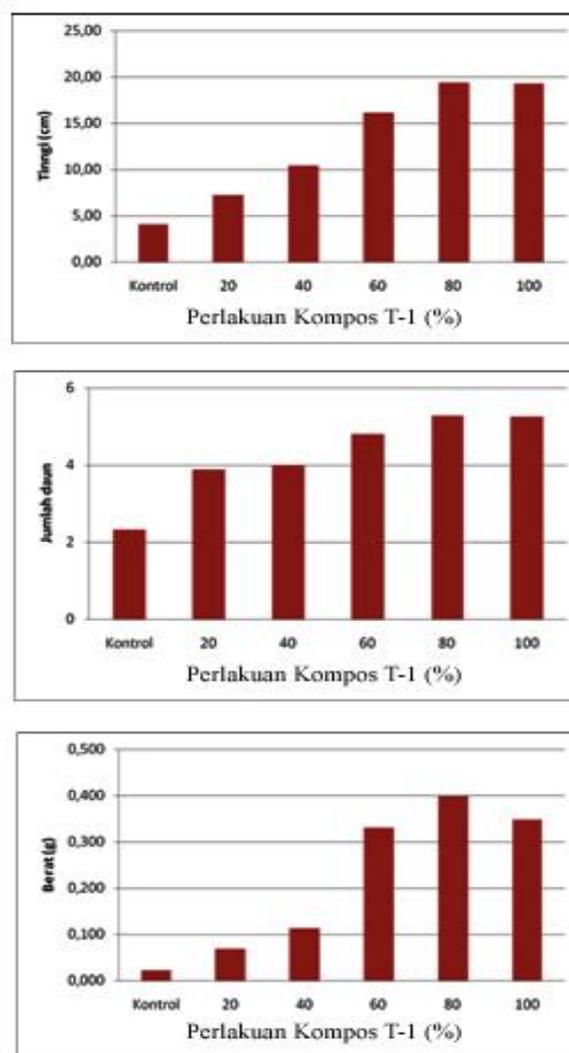
3. Hasil Uji Fitotoksisitas Ekstrak T-1

Kematangan kompos merupakan derajat kesempurnaan proses pengkomposan. Pada kompos yang matang, bahan baku cukup terdekomposisi untuk menghasilkan produk yang stabil. Kompos yang tidak matang mungkin mengandung satu atau lebih senyawa yang menghambat pertumbuhan tunas dan memiliki karakteristik yang tidak diinginkan seperti bau. Pada umumnya stabilitas dan

kematangan kompos berhubungan erat, semakin stabil kompos semakin matang (WERL,2000).

Uji kompos matang terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman sensitif (tomat) hanya dilakukan terhadap kompos dari perlakuan yang telah memenuhi syarat kompos, yaitu T-1. Tinggi tanaman, jumlah daun dan biomassa tanaman tomat diukur setelah tanaman berumur 5 minggu, sedangkan berat kering total dan berat biomassa dilakukan pada umur 12 minggu saat panen. Data pertumbuhan vegetatif umur 5 minggu dapat dilihat pada Gambar 4.

Pertumbuhan dinyatakan sebagai pertambahan ukuran (kuantitatif) tanaman. Para ahli biologi menyatakan paling sedikit ada empat definisi pertumbuhan yaitu: (1). penggandaan protoplasma, (2). perbanyakkan sel,



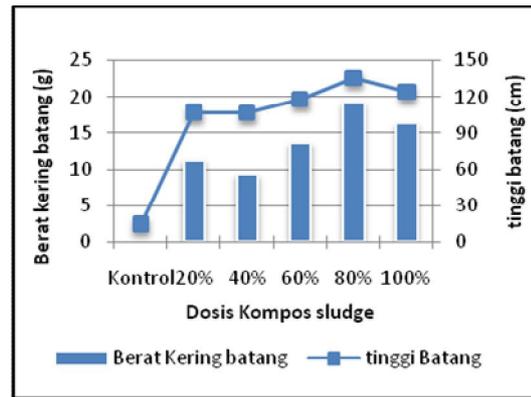
Gambar 4. Pertumbuhan Vegetatif Tan. Tomat Umur 5 Minggu dengan Perlakuan Kompos T-1

3). penambahan ruang dan (4). penambahan bobot kering tanaman (Sitompul,1995).

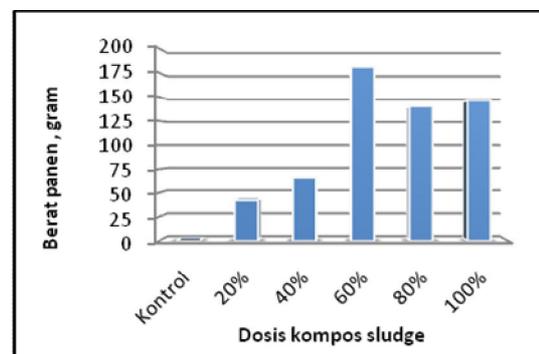
Dari Gambar 4 tampak bahwa kompos (T-1) dapat meningkatkan tinggi tanaman tomat. Batang tertinggi (19,38 cm) tampak pada tanaman yang diberi perlakuan kompos 80-100% sedangkan tinggi batang terendah (4,05 cm) tampak pada kontrol. Hal tersebut sejalan dengan yang dinyatakan oleh Alvarez *et al.* (1995) dalam Adil dkk, (2006) yang menyatakan bahwa kompos berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman karena dapat memperbaiki tekstur tanah dan secara tidak langsung akan meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, sehingga berpengaruh pada serapan unsur hara.

Hal yang serupa juga tampak pada jumlah daun. Jumlah daun tertinggi diperoleh pada perlakuan kompos (T-1) dengan dosis kompos 80% (5,27) sedangkan jumlah daun terendah diperoleh pada kontrol (2,33). Banyak faktor yang mempengaruhi terjadinya peningkatan jumlah daun pada tanaman tomat yang diberi perlakuan kompos (T-1). Salah satunya dapat disebabkan oleh adanya peningkatan produksi hormon tanaman (Gharib *et al.*, 2008). Hormon-hormon yang membantu pertumbuhan daun seperti auksin dan giberelin (Salisbury dan Ross, 1992) akan meningkat konsentrasinya, sehingga pembelahan sel pada meristem apikal yang terkait dengan pembentukan daun meningkat. Peningkatan produksi hormon tanaman, kemungkinan disebabkan karena pengaruh positif dari kompos.

Pada Gambar 4 juga tampak bahwa berat (biomassa) tanaman total (taruk dan akar) tertinggi diperoleh pada perlakuan kompos 80 % (0,3978 g) sedangkan biomassa tanaman tomat terendah diperoleh pada perlakuan kontrol (0,0215 g). Hal tersebut menunjukkan bahwa kompos dari limbah padat pabrik kertas memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman. Biomassa tanaman merupakan salah satu parameter penting untuk mengetahui pertumbuhan tanaman secara keseluruhan meliputi pertumbuhan akar, batang dan daun. Biomassa tersebut sangat berhubungan dengan produksi fotosintesis dan respirasi. Gharib *et al* (2008) menyatakan bahwa kompos dapat meningkatkan sifat fisik dan biologi tanah, sehingga akan mempengaruhi pertumbuhan akar, produktivitas hormon tanaman, penyerapan unsur hara tanah dan transfer nitrogen ke tanaman.



Gambar 5. Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tomat Umur 12 Minggu



Gambar 6. Berat Total Panen Tomat

Data pertumbuhan vegetatif tanaman tomat pada saat panen (umur 12 minggu) dapat dilihat pada Gambar 5. Pertumbuhan vegetatif yang diamati meliputi berat kering batang dan tinggi batang, sedangkan pertumbuhan generatif adalah hasil panen buah tomatnya (Gambar 6). Secara umum, seluruh perlakuan dosis kompos (T-1) mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tomat. Pertumbuhan vegetatif tanaman tomat umur 12 minggu, menunjukkan terbaik pada perlakuan kompos (T-1) dosis 80% yang memberi tinggi tanaman dan berat kering batang terbaik (135,5 cm) dan (29,2 g), sedangkan pemberian kompos 100% menunjukkan pertumbuhan vegetatif yang menurun dibanding dosis 80%. Adanya penurunan berat kering tanaman kemungkinan disebabkan adanya senyawa-senyawa aktif pada kompos yang menghambat kerja metabolisme tanaman, enzim dan hormon. Selain itu berat kering juga berhubungan dengan bagian taruk dan akar tanaman, jika terjadi penurunan pertumbuhan pada bagian tersebut maka berat kering tanaman akan menurun.

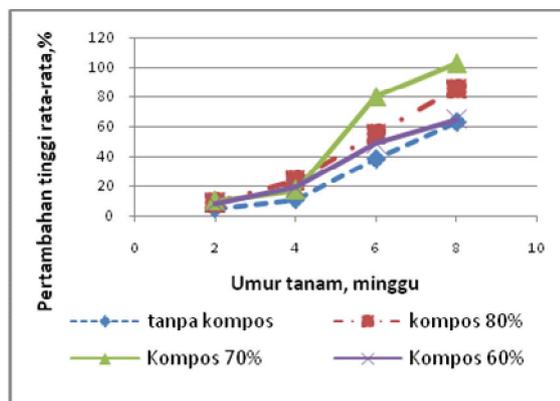
Penambahan kompos T-1 pada tanaman tomat, secara umum menunjukkan pengaruh positif dibanding tanpa penambahan kompos T-1 (kontrol). Pertumbuhan generatif tanaman tomat optimum pada perlakuan yang diberi kompos T-1 sebanyak 60% (Gambar 6). Hal tersebut, dapat diartikan bahwa penambahan dosis kompos T-1 sampai 60% dapat meningkatkan produktivitas tanaman tomat secara optimal. Lain halnya dengan perlakuan yang diberi kompos > 60% menunjukkan penurunan, namun masih lebih baik dari kontrol. Menurunnya produktivitas tanaman tomat yang diberi perlakuan kompos T-1 > 60%, kemungkinan disebabkan karena kandungan Al dan Fe cukup tinggi yang menyebabkan rendahnya kalium dan fosfat tersedia bagi tanaman. Kekurangan serapan kalium ini sangat berpengaruh pada proses fotosintesis dan pembentukan karbohidrat, selain itu kurang tersedianya unsur kalium juga menyebabkan tanaman kerdil serta sistem perakaran terganggu serta serapan unsur mikro lainnya seperti Ca dan Mg. Selain itu, menurunnya produktivitas, dapat disebabkan oleh adanya senyawa-senyawa aktif pada kompos yang mempengaruhi hormone sitokinin sehingga pasokan senyawa-senyawa yang diperlukan untuk pembentukan buah seperti gula, asam amino dari daun dewasa ke bagian buah terhambat (Salisbury dan Ross, 1992).

Berdasarkan hasil pengamatan pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman tomat, secara keseluruhan dapat dijelaskan bahwa kompos T-1 dari limbah padat pabrik kertas *joss paper* dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif (dosis kompos 100%) dan pertumbuhan generatif (dosis kompos 60%) setelah umur tanam 12 minggu. Adanya perbedaan dosis optimum tersebut, disebabkan adanya kompetisi antara dua fase tersebut dalam pengambilan nutrisi, buah muda memiliki kemampuan yang lebih besar terhadap penyerapan nutrisi dan garam-garam mineral jika dibandingkan dengan daun dan batang (Salisbury dan Ross, 1992).

4. Hasil Uji Coba Kompos Matang (T-1) pada Tanaman Sengon

Uji coba kompos T-1 terhadap tanaman sengon, dilakukan pada kisaran dosis terbaik pada uji pertumbuhan biji tomat sampai panen yaitu pada kisaran dosis 60% (9 kg/pohon); 70% (10,5 kg/pohon); 80% (120 kg/pohon) dan

kontrol. Hasil percobaan pengaruh kompos T-1 terhadap tanaman sengon dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh Kompos T-1 Terhadap Tinggi Batang Sengon

Pertumbuhan tinggi tanaman sengon, pada umur tanam 2 sampai 4 minggu, belum menunjukkan adanya perbedaan yang nyata terhadap kontrol. Namun setelah umur tanam 6 minggu, mulai tampak adanya perbedaan kecepatan pertumbuhan tinggi tanaman. Gambar 7 menunjukkan bahwa kecepatan pertumbuhan tinggi batang tanaman sengon pada perlakuan penambahan kompos 70% (10,5 kg) lebih tinggi dan berbeda nyata terhadap kontrol dan perlakuan penambahan kompos 60% dan 80%. Hal ini menunjukkan bahwa unsur-unsur hara yang terkandung dalam kompos limbah padat IPAL pabrik *joss paper* bermanfaat dalam menunjang kehidupan vegetatif tanaman sengon. Penelitian uji coba kompos limbah padat IPAL pabrik kertas terhadap sengon, juga telah dilakukan Rina, dkk., (2007), namun komposnya dari limbah padat pabrik kertas koran. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa aplikasi kompos sampai 10 kg/pohon memberi pengaruh positif terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman sengon. Sesuai dengan nilai potensi tanaman sengon adalah batangnya, maka kompos ini dapat diandalkan untuk pemupukan tanaman sengon.

KESIMPULAN

1. Limbah padat IPAL industri kertas *joss paper* mengandung bahan organik cukup tinggi dengan kadar karbon total berkisar 6,81 – 51,61% dan kadar selulosa 15,05% , sehingga memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai kompos organik melalui proses pengomposan.

2. Proses pengomposan limbah padat IPAL industri kertas *joss paper* dapat dilakukan dalam 30 hari dengan penambahan aktivator mikroba dari kotoran sapi 3% dan jamur selulolitik *Trichoderma harzianum* 0,6% dasar berat kering limbah padat yang akan dikomposkan, menghasilkan kompos matang yang memenuhi syarat SNI 19-7030-2004.
3. Penambahan kompos sebanyak 70% (10,5kg/pohon) dapat mempercepat pertumbuhan tinggi batang sengon setelah umur tanam 4 minggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, W.H., Novianti Sunarlim, Ika Roostika, 2006, Pengaruh Tiga Jenis Pupuk Nitrogen Terhadap Tanaman Sayuran. *Biodiversitas*, 7(1): 77-80.
- Anonim, 2005, Kajian Aplikasi Sludge dan Kompos Sludge Pulp dan Kertas pada lahan Pertanian. Laporan Biotrop, Bogor.
- Brinton, W.F., 2000, *Compost Quality Standards & Guidelines*.
- Gharib, F.A., L.A. Moussa and O.N. Massoud, 2008, Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. *Int. J. Agri. Biol.*, 10: 381-387
- Martina, A., N. dkk. 2002. Optimasi Beberapa Faktor Fisik Terhadap Laju Degradasi Selulosa Kayu Albasia (*Paraserianthes falcataria* (L.)) Jurnal Natur Indonesia 4, 2: 156 – 163.
- Mossor, T., Pietraszewska., 2001, Effect of Aluminium on Plant Growth and Metabolism, *Acta Biochimica Polonica*, Vol 48. No. 3. p 673 – 686.
- Rina. S. Soetopo, Sri Purwati, 2006, Pengaruh Kompos dari Limbah Lumpur IPAL Industri kertas terhadap Tanaman dan Air Perkolat tanah, *Berita Selulosa*. Vol. 41. No. 1. Hal 21 – 29, BBPK, Bandung.
- Republik Indonesia : Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 tahun 1999 dan Perubahannya Nomor 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B-3), Bapedal – Jakarta.
- OECD-301. 1992, *Guideline for Testing Chemicals, ready Biodegradability*.
- Rina S. Soetopo, Sri Purwati, Yusup Setiawan, Henggar Hardiani, 2007. Aplikasi Pemanfaatan Limbah padat IPAL Pabrik Kertas sebagai Kompos untuk Pertumbuhan Tanaman, *Jurnal Riset Industri*. Vol.1.No. 3. Hal 127 – 135, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Jakarta.
- Rina. S. Soetopo, Endang RCC, 2008, Efektivitas Proses Pengomposan Limbah Sludge IPAL Industri Kertas dengan Jamur. *Berita Selulosa*. Vol. 43. No. 2. Hal 93 – 100. BBPK, Bandung.
- Salisbury, F.B. dan Cleon W. Ross, 1992, *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*, Penerbit ITB, Bandung.
- Sitompul, dkk. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Gadjah Mada University Press.
- Valzano, F. & M. Jackson. 2000. *Laboratory Test Results and Site Inspection Report from the Composite Wood Composting Trial*. Waste Boards. The University of New South Wales, Sydney, Australia, 6-7.
- Wong, J. W.C., K.F. Max, N. W. Chan, A. Lam, M. Fang, L.X. Zhou, Q.T. Wu, X.D. Liao, 2001, *Co-composting of soybean residues and leaves in Hong Kong*, *Bioresource Technology* 76: 99-106.
- Wood End Research Laboratory (WERL). 2000. *Interpretation of Waste & Compost Tests*. Available at www.woodsend.org
- World Health Organization, United Nations. 2000, *Composting, Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes*, *WHO Monograph*.