

**PERANAN BAHAN ORGANIK BER-NISBAH C/N RENDAH  
DAN CACING TANAH UNTUK MENDEKOMPOSISI  
LIMBAH KULIT KAYU *Gmelina arborea***  
*The Roles of Low C/N Ratio Organic Matters and Earthworms  
to Decompose Waste Barks of *Gmelina arborea**

**Suryo Hardiwinoto\*, Nandang Rahayu\*\*, Cahyono Agus DK\*,  
Handojo H. Nurjanto\*, Widiyatno\*, dan Haryono Supriyo\***

\*Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

\*\*Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Malang

**Abstrak**

Limbah kulit kayu berpotensi dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan apabila tidak ditangani dengan baik. Sebagai bahan organik, limbah kulit kayu sebetulnya dapat dijadikan sbagai bahan baku kompos. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peranan penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah dan cacing tanah dalam menurunkan nisbah C/N dan meningkatkan kandungan unsur hara makro dari kompos limbah kulit kayu. Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap yang disusun secara faktorial, terdiri dari 2 faktor dengan 5 ulangan. Faktor pertama adalah penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah (daun *Glyricidea maculata* and daun *Gmelina arborea*), dan faktor kedua adalah jenis cacing tanah, yaitu *Lumbricus rubellus* (C1) dan *Eisenia foetida* (C2). Parameter yang digunakan adalah kandungan karbon (C), dan beberapa unsur hara makro, yaitu: nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca) and magnesium (Mg) dari kompos limbah kulit kayu.

Penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah dan cacing tanah merupakan cara penanganan limbah kulit kayu yang ramah lingkungan. Penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah secara nyata dapat menurunkan nisbah C/N dan meningkatkan kandungan unsur hara makro N, P, K, Ca dan Mg dari kompos limbah kulit kayu. Nisbah C/N kompos limbah kulit kayu dapat turun semakin rendah dan kandungan unsur hara makro N, P, K, Ca and Mg dapat naik semakin tinggi dengan adanya penambahan bahan organik ber-nisbah C/N yang semakin banyak.

Cacing tanah menunjukkan peran yang sangat nyata dalam menurunkan nisbah C/N dan menaikkan kandungan unsur hara makro N, P, K, Ca dan Mg dari kompos limbah kulit kayu. Rerata nisbah C/N dari kompos limbah kulit kayu (C0) sebesar 56,17, dan dengan adanya perlakuan cacing tanah rerata nisbah C/N dapat turun secara sangat nyata menjadi 26,66 (C1) dan 22,94 (C2). Rerata kandungan N dari kompos limbah kulit kayu (C0) hanya sebesar 0,89 %, dan dengan adanya aktivitas cacing tanah, rerata kandungan N dapat naik secara nyata menjadi 1,34 % (C1) dan 1,41 % (C2). Penurunan nisbah C/N dan kenaikan kandungan unsur hara makro N, P, K, Ca dan Mg dari kompos limbah kulit kayu dengan adanya aktivitas cacing tanah menjadi semakin besar apabila dikombinasikan dengan perlakuan penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah.

Kata kunci: limbah kulit kayu, nisbah C/N, cacing tanah dan kandungan hara

### **Abstract**

*Waste barks potentially cause negative environment impacts if they are not handled properly. As organic materials, they actually can be used as raw materials to produce compost. Objective of this research was to clarify the roles of low C/N organic matters and earthworms to decrease C/N ratio and increase nutrient contents of the bark compost. The experiment used a completely randomized design with two factors and five replications. The first factor was addition of low C/N ratio organic matters, i.e. leaves of *Glyricidea maculata* and *Gmelina arborea*, the second factor was species of earthworm, i.e. *Lumbricus rubellus* (C1) and *Eisenia foetida* (C2). Parameters used were contents of carbon (C), and several macro nutrients, i.e. nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) of the wasted bark compost.*

*Addition of low C/N ratio matters and earthworms was environmentally sound to handle the wasted barks. Addition of the organic matters has significantly decreased the C/N ratio and increased the contents of N, P, K, Ca and Mg of the wasted bark compost. The C/N ratio of the bark compost decreased lower and the contents of N, P, K, Ca and Mg increased higher by more addition of the low C/N matters.*

*Earthworms showed their significant roles to decrease the C/N ratio and increase the contents of N, P, K, Ca and Mg of the waste bark compost. Mean C/N ratio of the bark compost (C0) was 56,17, and by the earthworm treatments it decreased significantly to 26,66 (C1) and 22,94 (C2). Mean N content of the bark compost (C0) was only 0,89 %, and by the earthworm activities it increased significantly to 1,34 % (C1) and 1,41 % (C2). The decreases of C/N ratios and increases of the nutrients by the earthworm activities in the bark compost would be higher when they were combined with the addition of low C/N ratio organic matters.*

*Key words : waste barks, C/N ratio, earthworms and nutrient contents*

### **PENDAHULUAN**

PT Surya Hutani Jaya merupakan salah satu perusahaan Hutan Tanaman Industri yang berlokasi di Kalimantan Timur menghasilkan bahan baku kayu *Gmelina arborea* untuk pabrik *pulp* dan MDF (*middle density fibreboard*). Salah satu limbah dari proses produksi bahan baku kayu menjadi *pulp* dan MDF adalah kulit kayu. Limbah tersebut semakin lama semakin bertambah banyak sejalan dengan meningkatnya jumlah kayu yang diolah. Apabila tidak ditangani dengan baik maka keberadaan limbah kulit kayu tersebut berpeluang menimbulkan pencemaran lingkungan. Penanganan limbah kulit kayu dapat saja dilakukan dengan mudah melalui proses pembakaran, namun cara ini bukan merupakan cara yang ramah lingkungan karena dapat menimbulkan pencemaran udara sehingga perlu dicarikan alternatif penanganan yang lebih baik.

Sebagai bahan organik, limbah kulit kayu sebetulnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku kompos untuk media semai. Namun demikian beberapa sifat limbah kulit kayu seperti: nisbah C/N yang tinggi, rendah kandungan nutrisinya, dan laju dekomposisi yang lambat, kurang mendukung bahan ini untuk dapat langsung digunakan sebagai bahan baku media tanam. Indriani (1999) menyatakan bahwa bahan organik berupa limbah kulit kayu tidak dapat langsung dimanfaatkan sebagai media tanam karena nisbah C/N dalam bahan tersebut masih terlalu tinggi yaitu sekitar 60-400.

Hardiwinoto *et al.* (1996) melaporkan bahwa kandungan unsur hara makro N, P, K, Ca dan Mg dari seresah cabang dan kulitnya pada hutan tropika basah di Jambi, Sumatra tergolong rendah bila dibandingkan dengan kandungan unsur makro dalam seresah daun. Kandungan unsur-unsur hara berhubungan

dengan laju dekomposisi suatu bahan organik. Takeda *et al.* (1987) melaporkan bahwa beberapa sifat kimia seperti kandungan awal lignin, selulose dan karbohidrat berpengaruh secara nyata terhadap tingkat dekomposisi seresah daun. Tingkat dekomposisi seresah daun dilaporkan berhubungan dengan kandungan awal lignin dan selulose (O'connel, 1987), dan kandungan awal nitrogen (Melilo *et al.*, 1982). Dilaporkan oleh Hardiwinoto *et al.*, (1994) bahwa tingkat dekomposisi beberapa jenis daun tanaman hutan dipengaruhi oleh kandungan awal selulose, lignin, karbohidrat, karbon (C), nitrogen (N) dan nisbah C/N.

Nilai C/N yang tinggi dapat diturunkan dengan pencampuran bahan yang kaya nitrogen (C/N rendah), sedangkan nutrisi rendah suatu bahan organik dapat ditingkatkan melalui penambahan bahan yang kaya nutrisi. Kecepatan dekomposisi bahan organik yang kandungan nitrogennya rendah dapat ditingkatkan dengan penambahan sumber nitrogen baru, selain itu bahan yang semakin heterogen akan lebih cepat terdekomposisi dibandingkan dengan bahan yang homogen (Russel, 1973). Bahan organik dengan dekomposisi lambat dapat dipercepat proses dekomposisinya dengan menambahkan bahan yang mudah terdekomposisi. Hardiwinoto dkk. (1994) melaporkan bahwa daun *Glyricidea maculata* dan *Gmelina arborea* merupakan bahan organik yang mempunyai kandungan nutrisi tinggi dan cepat proses dekomposisinya.

Penambahan pupuk kandang ke dalam bahan yang miskin unsur hara akan dapat menambah ketersediaan unsur hara, karena di dalam pupuk kandang terdapat berbagai unsur hara baik unsur hara makro maupun mikro yang sangat berguna bagi pertumbuhan tanaman (Sutejo, 1992). Pupuk kandang selain mengandung unsur hara makro dan mikro juga mengandung berbagai mikroorganisme yang dapat membantu proses dekomposisi bahan organik (Sutejo dan Kartasaputra, 1991). Penambahan pupuk kandang yang mempunyai C/N sekitar 25-40 pada jerami yang mempunyai

nisbah C/N sekitar 80 - 130, akan meningkatkan kecepatan dekomposisi jerami padi hingga 5 kali lebih cepat selama 7 minggu masa inkubasi (Syammusa, 1999). Pupuk kandang dapat memperbaiki kondisi dan struktur tanah, meningkatkan daya serap tanah terhadap air, meningkatkan kondisi lingkungan kehidupan mikroorganisme dan mengandung berbagai unsur hara (Buckman dan Brady, 1969).

Fauna tanah mempunyai peran yang sangat penting dalam proses aliran energi melalui proses dekomposisi bahan organik dari ekosistem setempat dan berperan dalam menentukan kesuburan tanah (Adianto, 1983). Sudiarto (1998) menyatakan bahwa cacing tanah mampu mengolah bahan organik berupa sampah rumah tangga ataupun limbah sayuran melalui proses metabolisme yang sangat efisien dalam tubuh cacing tanah dan dari proses tersebut akan menghasilkan bahan dalam bentuk kotoran cacing (kascing). Makrofauna tanah seperti cacing tanah, rayap dan semut diketahui mempunyai pengaruh yang nyata terhadap perubahan struktur fisik tanah dan dinamika unsur hara dalam suatu ekosistem (Lavelle *et al.*, 1994).

Ditinjau dari sudut pandang ekologi, Fragoso *et al.* (1996) membuat klasifikasi cacing tanah menjadi 3 kelompok utama, yaitu: *epigeic*, *anecic* dan *endogeic*. *Epigeic* merupakan kelompok jenis cacing tanah yang hidup dalam lapisan organik tanah. Kelompok cacing tanah ini mempunyai peran yang sangat penting dalam perombakan kondisi fisik dan kimia bahan organik, secara umum mempunyai kemampuan untuk menurunkan nisbah C/N, serta dapat membuat kondisi lingkungan yang lebih sesuai bagi aktivitas jasad mikro dan lanjutan proses dekomposisi bahan organik. Di daerah *temperate* telah diketahui bahwa kelompok jenis cacing tanah ini dapat mempercepat proses dekomposisi lignin (Scheu, 1993; dalam Fragoso *et al.*, 1996).

Cacing tanah merupakan salah satu makrofauna tanah yang sangat potensial menghancurkan bahan organik dan dapat menghasilkan

pupuk kascing. Rukmana (1999) menyampaikan bahwa 4 spesies cacing tanah yang telah dibudidayakan dan diproduksi secara komersial adalah *Lumbricus rubellus*, *Eisenia foetida*, *Pheritima asiatica*, dan *Eudrilus euginea*. Pengomposan dengan menggunakan aktivitas cacing tanah merupakan metode yang tepat untuk mendaur ulang sampah organik menjadi kompos yang kaya unsur hara, tidak berbau dan dapat digunakan sebagai pemantap tanah (Elcock dan Martens, 1995). Wahyuningsih (1996) menyajikan data yang menunjukkan bahwa kascing mempunyai kandungan unsur hara makro tinggi; unsur hara N, K, Ca dan Mg dalam kascing lebih tinggi dibandingkan dengan yang terdapat dalam kompos. Aktivitas cacing tanah diduga akan mampu meningkatkan kandungan unsur hara makro dan menurunkan nisbah C/N.

Oleh karena itu maka perlu dilakukan penelitian tentang peranan bahan organik ber-nisbah C/N rendah dan aktivitas cacing tanah dalam penanganan limbah kulit kayu *Gmelina arborea*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui:

1. Pengaruh penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah (daun *Glyricidea maculata* dan daun *Gmelina arborea*) terhadap penurunan nisbah C/N dan peningkatan kandungan unsur hara makro dari kompos limbah kulit kayu
2. Peranan aktivitas cacing tanah (*Lumbricus rubellus* dan *Eisenia foetida*) untuk menurunkan nisbah C/N dan meningkatkan kandungan unsur hara makro dari kompos limbah kulit kayu
3. Pengaruh kombinasi perlakuan penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah dan aktivitas cacing tanah terhadap penurunan nisbah C/N dan peningkatan kandungan unsur hara makro dari kompos limbah kulit kayu

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di dalam *Green House* dan Laboratorium Silvikultur, sedang

untuk analisis unsur hara makro dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah Hutan Fakultas Kehutanan dan Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kulit kayu *G. arborea* yang diambil dari pabrik MDF PT Surya Hutani Jaya di Kalimantan Timur. Bahan organik bernisbah C/N rendah berupa daun *G. maculata* dan daun *G. arborea* diambil dari kebun penelitian Klebengan Fakultas Kehutanan UGM. Bahan lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah, pupuk kandang ayam ras, cacing tanah *L. rubellus* dan *E. foetida*, serta berbagai jenis bahan kimia untuk analisis kandungan carbon (C), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi: pencacah limbah kulit kayu, bak plastik sebagai tempat pencampuran dan pengomposan bahan serta berbagai peralatan laboratorium untuk menganalisis kandungan karbon dan unsur-unsur hara makro.

Perlakuan penambahan dan pencampuran bahan organik ber-nisbah C/N rendah daun *G. maculata* dan daun *G. arborea* terhadap limbah kulit kayu dilakukan dengan persentase volume sebagai berikut:

- K0 = 100 % Kulit kayu (Kontrol)  
K1 = 70 % Kulit kayu: 20 % *G. maculata*:  
10 % Pupuk kandang  
K2 = 50 % Kulit kayu: 40 % *G. aculata*:  
10 % Pupuk kandang  
K3 = 30 % Kulit kayu 60 % *G. maculata*:  
10 % Pupuk kandang  
K4 = 70 % Kulit kayu: 20 % *G. arborea*:  
10 % Pupuk kandang  
K5 = 50 % Kulit kayu: 40 % *G. arborea*: 10 % Pupuk kandang  
K6 = 30 % Kulit kayu: 60 % *G. arborea*:  
10 % Pupuk kandang

Sedangkan peranan cacing tanah dalam penelitian ini dilaksanakan dengan perlakuan sebagai berikut: C0 = Tanpa Cacing Tanah (Kontrol); C1 = Cacing Tanah *L. rubellus* dan C2 = Cacing Tanah Tiger (*E. foetida*)

Setelah proses pencampuran bahan dan pengomposan limbah kulit kayu dengan berbagai perlakuan tersebut selesai, serta uji penanaman dengan semai dilakukan selama sekitar 2 bulan, kemudian dilakukan pengambilan sampel. Sampel media kompos limbah kulit kayu tersebut dibawa ke laboratorium untuk kemudian dilakukan analisis secara kimiawi. Analisis kimiawi (Page *et al.*, 19) dalam laboratorium dimaksudkan untuk mengetahui nisbah C/N, kandungan unsur hara makro nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kimiawi untuk mengetahui kandungan karbon (C) setelah proses dekomposisi limbah kulit kayu tanpa diberi perlakuan dan yang diberi perlakuan penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah (K) serta proses dekomposisi yang melibatkan aktivitas cacing tanah (C) disajikan dalam Tabel 1.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa tanpa perlakuan (K0C0), limbah kulit kayu masih mempunyai kandungan karbon yang cukup tinggi yaitu 54,65%. Penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan kandungan karbon, yaitu : dengan penambahan 20% kandungan karbon menurun menjadi 42,06% (K1) dan 38,43% (K4). Kandungan karbon akan semakin menurun dengan penambahan jumlah bahan organik ber-nisbah C/N rendah yang semakin besar, yaitu 41,13 % (K2) dan 36,34% (K5) untuk penambahan 40% bahan; serta 30,88% (K4) dan 32,38% (K6) untuk penambahan bahan 60%.

Penambahan cacing tanah dengan segala aktivitasnya ke dalam proses pengomposan limbah kulit kayu secara sangat nyata dapat menurunkan kandungan karbon, yaitu setelah proses dekomposisi berlangsung merata kandungan karbon pada media tanpa perlakuan cacing tanah (C0) adalah 50,25%, menurun menjadi 34,13% (C1) dan 30,89% (C2) dengan

**Tabel 1. Kandungan karbon total (%) dalam limbah kulit kayu (K0C0) dan setelah diberi perlakuan**

| Perlakuan | C0    | C1    | C2    | Rata-rata |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| K0        | 54,65 | 46,67 | 41,90 | 47,74     |
| K1        | 52,48 | 37,50 | 36,19 | 42,06     |
| K2        | 50,60 | 37,33 | 35,47 | 41,13     |
| K3        | 47,33 | 23,78 | 21,52 | 30,88     |
| K4        | 50,54 | 35,47 | 29,27 | 38,43     |
| K5        | 48,53 | 32,93 | 27,57 | 36,34     |
| K6        | 47,60 | 25,20 | 24,34 | 32,38     |
| Rata-rata | 50,25 | 34,13 | 30,89 | -         |

Keterangan: K0= 100 % Kulit kayu (Kontrol);

K1 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. maculata*

K2 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. maculata*

K3 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. maculata*

K4 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. arborea*

K5 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. arborea*

K6 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. arborea*

C0 = Tanpa Cacing Tanah (Kontrol)

C1 = Cacing Tanah *L. rubellus*

C2 = Cacing Tanah Tiger (*E. foetida*)

**Tabel 2. Kandungan nitrogen total (%) dalam limbah kulit kayu (K0C0) dan setelah diberi perlakuan**

| Perlakuan | C0   | C1   | C2   | Rata-rata |
|-----------|------|------|------|-----------|
| K0        | 0,80 | 1,04 | 1,11 | 0,98      |
| K1        | 0,82 | 1,14 | 1,23 | 1,06      |
| K2        | 0,90 | 1,20 | 1,26 | 1,12      |
| K3        | 0,96 | 1,70 | 1,70 | 1,45      |
| K4        | 0,90 | 1,27 | 1,45 | 1,21      |
| K5        | 0,93 | 1,42 | 1,49 | 1,28      |
| K6        | 0,95 | 1,58 | 1,63 | 1,39      |
| Rata-rata | 0,89 | 1,34 | 1,41 | -         |

Keterangan: K0= 100 % Kulit kayu (Kontrol);

K1 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. maculata*

K2 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. maculata*

K3 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. maculata*

K4 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. arborea*

K5 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. arborea*

K6 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. arborea*

C0 = Tanpa Cacing Tanah (Kontrol)

C1 = Cacing Tanah *L. rubellus*

C2 = Cacing Tanah Tiger (*E. foetida*)

adanya perlakuan penambahan cacing tanah. Penurunan kandungan karbon limbah kulit kayu menjadi semakin besar apabila dikombinasi dengan penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah yang semakin besar, yaitu dengan kombinasi penambahan bahan ber-nisbah C/N rendah sebesar 60% kandungan karbon dapat menurun menjadi sekitar 22 %.

Hasil analisis kimiawi kandungan nitrogen (N) setelah proses dekomposisi limbah kulit kayu tanpa diberi perlakuan dan yang diberi perlakuan disajikan dalam Tabel 2.

Dari Tabel 2, dapat dilihat bahwa perlakuan penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah dan cacing tanah ke dalam limbah kulit kayu secara nyata dapat meningkatkan kandungan N dalam media. Rerata kandungan N pada media limbah kulit kayu (K0C0) hanya 0,80 %, dan dengan penambahan 20% bahan ber-nisbah C/N rendah rerata kandungan N meningkat menjadi 1,06 % (K1) dan 1,21 % (K4). Rerata kandungan N akan semakin meningkat dengan penambahan jumlah bahan organik ber-nisbah C/N rendah yang semakin besar, yaitu 1,12 % (K2) dan 1,28 % (K5) untuk penambahan 40% bahan; serta 1,45 % (K3)

dan 1,39 % (K6) untuk penambahan bahan 60%.

Penambahan cacing tanah ke dalam proses penyiapan limbah kulit kayu sebagai media tanam secara sangat nyata dapat meningkatkan kandungan N, yaitu rerata kandungan N pada media tanpa perlakuan cacing tanah (C0) hanya 0,89 %, meningkat menjadi 1,34 % (C1) dan 1,41 % (C2) dengan adanya perlakuan penambahan cacing tanah. Kombinasi penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah dan cacing tanah dapat meningkatkan secara sangat nyata kandungan N dalam limbah kulit kayu, yaitu 1,58% pada perlakuan K6C1, 1,63% pada perlakuan K6C2 serta 1,70% pada perlakuan K3C1 dan K3C2.

Hasil perhitungan nisbah C/N setelah proses dekomposisi limbah kulit kayu tanpa diberi perlakuan dan yang diberi perlakuan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel tersebut menunjukkan bahwa tanpa perlakuan (K0C0), limbah kulit kayu masih mempunyai nisbah C/N yang tinggi yaitu 68,72. Penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan nisbah C/N, yaitu: dengan

## Peranan Bahan Organik

penambahan 20%, nisbah C/N menurun menjadi 41,66 (K1) dan 33,85 (K4). Nisbah C/N akan semakin menurun dengan penambahan jumlah bahan ber-nisbah C/N rendah yang semakin besar, yaitu 38,39 (K2) dan 30,58 (K5) untuk penambahan 40% bahan; serta 25,43 (K3) dan 26,89 (K6) untuk penambahan bahan 60%.

Penambahan cacing tanah dengan segala aktivitasnya ke dalam proses pengomposan limbah kulit kayu sebagai media tanam secara sangat nyata dapat menurunkan nisbah C/N, yaitu setelah proses dekomposisi berlangsung rerata nisbah C/N pada media tanpa perlakuan cacing tanah (C0) sebesar 56,17, menurun menjadi 26,66 (C1) dan 22,94 (C2) dengan

**Tabel 3. Nisbah C/N dalam limbah kulit kayu (K0C0) dan setelah diberi perlakuan**

| Perlakuan | C0    | C1    | C2    | Rata-rata |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| KO        | 68,72 | 43,18 | 38,14 | 50,01     |
| K1        | 63,24 | 32,42 | 29,32 | 41,66     |
| K2        | 56,53 | 30,19 | 28,46 | 38,39     |
| K3        | 49,23 | 14,76 | 12,29 | 25,43     |
| K4        | 54,21 | 27,37 | 19,97 | 33,85     |
| K5        | 51,43 | 22,26 | 18,15 | 30,58     |
| K6        | 49,86 | 16,54 | 14,27 | 26,89     |
| Rata-rata | 56,17 | 26,66 | 22,94 | -         |

Keterangan: K0= 100 % Kulit kayu (Kontrol);

K1 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. maculata*

K2 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. maculata*

K3 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. maculata*

K4 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. arborea*

K5 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. arborea*

K6 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. arborea*

C0 = Tanpa Cacing Tanah (Kontrol)

C1 = Cacing Tanah *L. rubellus*

C2 = Cacing Tanah Tiger (*E. foetida*)

**Tabel 4. Kandungan P (ppm) dalam limbah kulit kayu (K0C0) dan setelah diberi perlakuan**

| Perlakuan | C0    | C1    | C2    | Rata-rata |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| KO        | 18,09 | 20,75 | 20,81 | 19,88     |
| K1        | 19,15 | 21,00 | 21,32 | 20,49     |
| K2        | 19,74 | 21,19 | 21,44 | 20,79     |
| K3        | 20,69 | 22,88 | 22,96 | 22,18     |
| K4        | 20,03 | 21,45 | 22,24 | 21,24     |
| K5        | 20,40 | 21,66 | 22,45 | 21,50     |
| K6        | 20,63 | 22,66 | 22,78 | 22,02     |
| Rata-rata | 19,82 | 21,66 | 22,00 | -         |

Keterangan: K0= 100 % Kulit kayu (Kontrol);

K1 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. maculata*

K2 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. maculata*

K3 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. maculata*

K4 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. arborea*

K5 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. arborea*

K6 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. arborea*

C0 = Tanpa Cacing Tanah (Kontrol)

C1 = Cacing Tanah *L. rubellus*

C2 = Cacing Tanah Tiger (*E. foetida*)

**Tabel 5. Kandungan K (ppm) dalam limbah kulit kayu (K0C0) dan setelah diberi perlakuan**

| Perlakuan | C0   | C1   | C2   | Rata-rata |
|-----------|------|------|------|-----------|
| K0        | 3,40 | 4,25 | 5,27 | 4,31      |
| K1        | 3,84 | 5,52 | 5,62 | 4,99      |
| K2        | 4,47 | 5,52 | 5,67 | 5,22      |
| K3        | 4,98 | 6,18 | 6,20 | 5,79      |
| K4        | 4,58 | 5,70 | 6,05 | 5,44      |
| K5        | 4,62 | 5,91 | 6,07 | 5,53      |
| K6        | 4,90 | 6,10 | 6,13 | 5,71      |
| Rata-rata | 4,40 | 5,60 | 5,86 | -         |

Keterangan: K0= 100 % Kulit kayu (Kontrol);

K1 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. maculata*

K2 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. maculata*

K3 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. maculata*

K4 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. arborea*

K5 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. arborea*

K6 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. arborea*

C0 = Tanpa Cacing Tanah (Kontrol)

C1 = Cacing Tanah *L. rubellus*

C2 = Cacing Tanah Tiger (*E. foetida*)

adanya perlakuan penambahan cacing tanah. Penurunan nisbah C/N limbah kulit kayu menjadi semakin besar apabila dikombinasi dengan penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah yang semakin besar, yaitu dengan kombinasi penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah sebesar 60% nisbah C/N dapat menurun menjadi sekitar 14.

Hasil analisis kimiawi kandungan fosfor (P) setelah proses dekomposisi limbah kulit kayu tanpa diberi perlakuan dan yang diberi perlakuan disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah dan cacing tanah berpengaruh terhadap peningkatan kandungan fosfor dalam media limbah kulit kayu. Penambahan bahan bernisbah C/N rendah menunjukkan kecenderungan yang meningkat dengan semakin banyaknya bahan yang ditambahkan. Pemberian cacing pada limbah kulit kayu dapat memberikan peningkatan kandungan fosfor, rerata kandungan fosfor 19,82 ppm pada perlakuan C0 meningkat menjadi 21,66 ppm (C1) dan 22,00 ppm (C2). Pengaruh tersebut menjadi semakin jelas apabila dikombinasi dengan

perlakuan cacing tanah, yaitu kandungan fosfor (P) sebesar 18,09 ppm tanpa perlakuan (K0C0), dan dengan perlakuan penambahan bahan bernisbah C/N rendah dan cacing tanah dapat meningkat menjadi 22,88 ppm (K3C1), 22,96 ppm (K3C2), 22,66 ppm (K6C1) dan 22,78 ppm (K6C2).

Perlakuan penambahan bahan organik bernisbah C/N rendah dan cacing tanah berpengaruh terhadap peningkatan kandungan kalium dalam media limbah kulit kayu (Tabel 5). Dari tabel di atas diketahui bahwa pemberian bahan bernisbah C/N rendah dapat meningkatkan kandungan kalium, yaitu kandungan kalium 3,40 ppm pada K0C0 dapat meningkat menjadi 5-6 ppm dengan adanya penambahan bahan bernisbah C/N rendah tersebut. Pemberian cacing pada limbah kulit kayu dapat memberikan peningkatan kandungan kalium, rerata kandungan potasium 4,40 ppm pada perlakuan C0 meningkat menjadi 5,60 ppm (C1) dan 5,86 ppm (C2). Kombinasi perlakuan bahan bernisbah C/N rendah dan aktivitas cacing tanah dapat memberikan peningkatan kandungan kalium yang lebih tinggi, yaitu 6,20 ppm pada K3C2 dan 6,13 ppm pada K6C2.



Hasil analisis kimiawi kandungan kalsium (Ca) setelah proses dekomposisi limbah kulit kayu tanpa diberi perlakuan dan yang diberi perlakuan disajikan dalam Tabel 6, sedang untuk kandungan magnesium disajikan pada Tabel 7.

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa perlakuan penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah dan cacing tanah ke dalam limbah kulit kayu telah dapat meningkatkan kandungan kalsium. Kandungan kalsium dalam media limbah kulit kayu tanpa perlakuan (K0C0) hanya 7,77 ppm menjadi semakin meningkat dengan semakin banyak bahan bernisbah C/N rendah yang ditambahkan, yaitu: peningkatan mencapai 14-20 ppm dengan adanya penambahan bahan ber-nisbah C/N rendah antara 20%-40%.

Penambahan aktivitas cacing tanah ke dalam limbah kulit kayu secara nyata telah mampu meningkatkan kandungan kalsium, yaitu: peningkatan mencapai 18,99 ppm (C1) dan 20,04 ppm (C2) dari kontrol (C0) yang mempunyai rerata kandungan kalsium 11,24 ppm. Kombinasi perlakuan bahan organik bernisbah C/N rendah dengan cacing tanah secara nyata lebih meningkatkan kandungan kalsium dalam media limbah kulit kayu, yaitu kandungan

kalsium mencapai 23,19 ppm (K3C1), 23,26 ppm (K3C2), 22,09 ppm (K6C1), dan 22,89 ppm (K6C1).

Tabel 7 menunjukkan bahwa perlakuan penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah dan cacing ke dalam limbah kulit kayu telah dapat meningkatkan kandungan magnesium. Kandungan magnesium dalam media limbah kulit kayu tanpa perlakuan (K0C0) hanya 3,46 ppm menjadi semakin meningkat dengan semakin banyak bahan bernisbah C/N rendah yang ditambahkan. Peningkatan mencapai antara 4,67 – 5,55 ppm dengan adanya penambahan bahan ber-nisbah C/N rendah antara 20%-40%. Penambahan aktivitas cacing tanah ke dalam limbah kulit kayu juga telah mampu meningkatkan kandungan magnesium, yaitu peningkatan mencapai 5,51 ppm (C1) dan 5,67 ppm (C2) dibanding dengan C0 (4,18 ppm). Kombinasi perlakuan bahan organik bernisbah C/N rendah dengan cacing tanah secara nyata lebih meningkatkan kandungan magnesium dalam media limbah kulit kayu, dimana kandungan magnesium dapat mencapai 6,20 ppm (K3C1), 6,38 ppm (K3C2), 6,00 ppm (K6C1), dan 6,04 ppm (K6C1).

**Tabel 6. Kandungan kalsium (ppm) dalam limbah kulit kayu (K0C0) dan setelah diberi perlakuan**

| Perlakuan | C0    | C1    | C2    | Rata-rata |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| K0        | 7,77  | 14,53 | 15,10 | 12,74     |
| K1        | 9,79  | 16,56 | 17,56 | 14,64     |
| K2        | 10,76 | 17,33 | 18,15 | 15,41     |
| K3        | 14,22 | 23,19 | 23,26 | 20,22     |
| K4        | 10,89 | 18,76 | 21,41 | 17,02     |
| K5        | 11,43 | 20,45 | 21,93 | 17,94     |
| K6        | 13,78 | 22,09 | 22,89 | 19,59     |
| Rata-rata | 11,24 | 18,99 | 20,04 | -         |

Keterangan: K0= 100 % Kulit kayu (Kontrol);

K1 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. maculata*

K2 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. maculata*

K3 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. maculata*

K4 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. arborea*

K5 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. arborea*

K6 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. arborea*

C0 = Tanpa Cacing Tanah (Kontrol)

C1 = Cacing Tanah *L. rubellus*

C2 = Cacing Tanah Tiger (*E. foetida*)

**Tabel 7. Kandungan magnesium (ppm) dalam limbah kulit kayu (K0C0) dan setelah diberi perlakuan**

| Perlakuan | C0   | C1   | C2   | Rata-rata |
|-----------|------|------|------|-----------|
| K0        | 3,46 | 4,76 | 5,00 | 4,41      |
| K1        | 3,46 | 5,20 | 5,34 | 4,67      |
| K2        | 4,30 | 5,32 | 5,36 | 4,99      |
| K3        | 4,70 | 6,20 | 6,38 | 5,76      |
| K4        | 4,32 | 5,48 | 5,72 | 5,17      |
| K5        | 4,38 | 5,60 | 5,84 | 5,27      |
| K6        | 4,62 | 6,00 | 6,04 | 5,55      |
| Rata-rata | 4,18 | 5,51 | 5,67 | -         |

Keterangan: K0= 100 % Kulit kayu (Kontrol);

K1 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. maculata*

K2 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. maculata*

K3 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. maculata*

K4 = 70 % Kulit kayu : 20 % *G. arborea*

K5 = 50 % Kulit kayu : 40 % *G. arborea*

K6 = 30 % Kulit kayu : 60 % *G. arborea*

C0 = Tanpa Cacing Tanah (Kontrol)

C1 = Cacing Tanah *L. rubellus*

C2 = Cacing Tanah Tiger (*E. foetida*)

Pada umumnya daun mempunyai kandungan unsur hara makro yang lebih tinggi dibandingkan dengan kulit kayu. Hardiwinoto (1991) melaporkan bahwa kandungan unsur hara makro N, P, K, Ca dan Mg dalam seresah daun pada hutan *cool-temperate* di Jepang Utara secara umum lebih tinggi dibanding dengan kandungan unsur tersebut dalam kulit dan kayu. Pada hutan tropika basah di Jambi, Sumatra dilaporkan oleh Hardiwinoto *et al.* (1996) bahwa rerata kandungan unsur hara makro N, P, K, Ca dan Mg dalam seresah daun adalah lebih tinggi dibanding dengan kandungan unsur tersebut dalam seresah kulit dan kayu.

Kenaikan kandungan unsur hara N dan P dalam suatu proses dekomposisi bahan organik diduga juga disebabkan oleh adanya aktivitas jasad renik dan jamur. Maclean dan Wein (1978), Edmonds (1979), Boerner (1984), Twilley *et al.* (1986), Weber (1987), O'connel (1988), Blair *et al.* (1990) dan Hardiwinoto dkk. (1995) telah melaporkan kecenderungan kenaikan kandungan unsur N dalam proses dekomposisi berbagai jenis seresah organik pada berbagai tempat. Losier dan Parkinson (1978) melaporkan bahwa kenaikan kandungan

unsur P pada proses dekomposisi seresah daun di dalam hutan diduga disebabkan karena adanya masukan bahan organik alat reproduksi dan daun hijau yang jatuh ke lantai hutan.

Daun *G. maculata* dan *G. Arborea* sebagai bahan organik ber-nisbah C/N rendah adalah dua jenis daun yang mempunyai kandungan unsur hara makro yang lebih tinggi dibanding dengan kandungan yang terdapat dalam limbah kulit kayu. Bahan organik ber-nisbah C/N rendah tersebut dapat menurunkan nisbah C/N dan meningkatkan kandungan unsur hara makro dari bahan organik bernisbah C/N tinggi dan berkandungan nutrisi rendah. Bahan organik ber-nisbah C/N rendah juga dapat lebih meningkatkan aktivitas jasad makro dan mikro sehingga proses dekomposisi akan berlangsung lebih cepat. Dalam penelitian ini telah dapat ditunjukkan bahwa penambahan bahan organik bernisbah C/N rendah secara nyata dapat menurunkan nisbah C/N dan meningkatkan kandungan unsur hara makro N, P, K, Ca dan Mg dari limbah kulit kayu.

Penambahan cacing tanah jenis eksotik pada hutan temperate di Amerika utara dapat meningkatkan biomassa jasad mikro (*microbial*

*biomass*) dalam tanah (Groffman *et al.*, 2004), dan dapat merubah struktur tanah, daur karbon dan daur nitrogen (Bohlen *et al.*, 2004). Dilaporkan oleh Orazova *et al.* (2003), bahwa pada hutan *Tilia cordata* di daerah hutan Moscow, bekas cacing tanah jenis *Limbricus terrestris* mempunyai keanekaragaman jenis jamur yang sangat nyata dibanding dengan yang terdapat pada tanah dan seresah. Dalam penelitian ini cacing tanah *L. rubellus* dan *E. foetida* menunjukkan peran yang sangat nyata dalam menurunkan nisbah C/N dan meningkatkan kandungan unsur hara makro N, P, K, Ca, Mg limbah kulit kayu. Cacing tanah mampu merubah sifat kimia limbah kulit kayu *Gmelina arborea*, melalui berbagai aktifitasnya yang berupa memakan, menggali dan membuat lorong, membuat kondisi yang sesuai bagi aktivitas jasad mikro, serta menghasilkan kascing dalam limbah kulit kayu. Perbaikan sifat kimia dari limbah kulit kayu *G. arborea* akan menjadi semakin lebih baik apabila aktivitas cacing tanah dikombinasikan dengan perlakuan penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah berupa daun *G. maculata* atau *G. arborea*.

### KESIMPULAN

Penanganan limbah kulit kayu *G. arborea* secara ramah lingkungan dapat dilakukan melalui penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah dan proses pengomposan yang melibatkan aktivitas cacing tanah. Kompos limbah kulit kayu tersebut dapat digunakan sebagai media tanam dan/atau pupuk organik karena:

1. Penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah secara nyata dapat menurunkan nisbah C/N dan menaikkan kandungan hara makro N, P, K, Ca dan Mg dalam kompos limbah kulit kayu. Nisbah C/N semakin menurun dan kandungan unsur hara N, P, K, Ca dan Mg semakin meningkat dengan semakin banyak bahan organik ber-nisbah C/N rendah yang ditambahkan.
2. Cacing tanah menunjukkan peran yang sangat nyata dalam menurunkan nisbah C/N dan meningkatkan kandungan unsur hara makro N, P, K, Ca, Mg dari kompos limbah kulit kayu. Peranan cacing tanah tersebut akan menjadi semakin nyata apabila dikombinasikan dengan penambahan bahan organik ber-nisbah C/N rendah, yang ditandai dengan penurunan nisbah C/N dan peningkatan kandungan hara N, P, K, Ca dan Mg yang lebih besar.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adianto. 1983. *Biologi Pertanian*. Alumni. Bandung.
- Blair, J.M., R.W. Parmelee, dan M.H.Beare. 1990. *Decay Rates Nitrogen Fluxes and Decomposer Communities of Single and Mixed Species Foliar Litter*. *Ecol.* 71(5): 1976-1985.
- Boerner, R. E. J. 1984. *Nutrient Fluxes in Litterfall and Decomposition in Four Forest along a Gradient of Soil Fertility in Southern Ohio*. *Can. J. For. Res.* 14 : 794-802.
- Bohlen, P.J., S. Scheu, C.M. Hale, M.A. McLean, S. Migge, P.G. Groffman dan D. Parkinson. 2004. *Non-Native Invasive Earthworms as Agents of Change in Northern Temperate Forest*. *Ecol Environ.* 2(8): 427-435.
- Buckman, H.O. dan Brady, N.C. 1969. *The Nature and Properties of Soil*. The Mc Millan Company, New York.
- Edmonds. R. L. 1979. *Decomposition and Nutrient Release in Douglas Fir Needle Litter in Relation to Stand Development*. *Can. J. For. Res.* 9:132-149.
- Elcock, G. dan Martens, J. 1995. *Composting with Red Wiggler Worms*. Published by City Farmer, Canada's Office of Urban Agriculture.
- Fragoso, C., G.G. Brown, J.C. Patron, E. Blanchart, P. Lavelle, B. Pashanasi, B.

- Senapati dan T. Kumar. 1996. *Agriculture Intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function in The Tropics: The Role of Earthworms*. Elsevier. Soil Ecology 6: 17-35.
- Groffman, P.M., P.J. Bohlen, M.C. Fisk dan T.J. Fahey. 2004. *Exotic Earthworm Invasion and Microbial Biomass in Temperate Forest Soils*. Springer-Verlag. Ecosystem 7(2004): 45-54.
- Hardiwinoto, S., D. Arianto dan Y. Okimori. 1996. *Litter Production and Nutrient Input of Logged Over Forest in The Tropical Rain Forest of Jambi, Sumatra*. Dalam C. Khemnark et al. (eds.), *Tropical Forestry in The 21<sup>st</sup> Century*, Bangkok. 25-28 November 1996. pp.48-66.
- Hardiwinoto, S., Haryono, S., dan H. H. Nurjanto. 1995. *Dinamika Kandungan Unsur Hara Pada Proses Dekomposisi beberapa Jenis Daun Tanaman Kehutanan*. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta. Buletin Fak. Kehutanan UGM No. 27 : 50-58.
- Hardiwinoto, S., Haryono, S., Fasis, M. dan Sambas S., 1994. *Pengaruh sifat kimia terhadap tingkat dekomposisi beberapa jenis tanaman hutan*. Manusia dan lingkungan, Jurnal Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Gadjah Mada No. 4(2) : 25-36
- Hardiwinoto, S., T. Yajima, dan T. Igarashi. 1991. *Stand Structure and Litter Production of Deciduous Broad-Leaved Forests and Evergreen Coniferous Forests in Northertn Hokkaido*. Faculty of Agriculture, Hokkaido University. Sapporo. Japan. Vol 48 No. 1 : 115-155.
- Indriani, Y. H. 1999. *Membuat Kompos Secara Kilat*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Lavelle, P., M. Dangerfield, C. Fragoso, V. Eschenbrenner, D. Lopez-Hernandes, B. Pashanasi, L. Brussaard. 1994. *The Relationship Between Soil Macrofauna and Tropical Soil Fertility*. Dalam Woomer dan Swift (Eds), *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. John Willey&Sons. UK. pp. 137-170.
- Lousier, J.D. dan D. Parkinson. 1978. *Chemical Element Dynamics in Decomposing Leaf Litter*. Can. J. Bot. 56 : 2795-2812.
- Maclean, D.A. dan R.W. Wein. 1978. *Weight loss and Nutrient Change in Decomposing Litter and Forest Floor Material in New Brunswick Forest Stand*. Can. J. Bot. 56 : 2730-2749.
- Melillo, J.M., J.D. Aber dan J.F. Muratore. 1982. *Nitrogen and Lignin Control of Hardwood Leaf Litter Decomposition Dynamics*. Ecol.63(3) : 621-626.
- O'Connel, A.M. 1987. *Nutrient Dynamics in Decomposing Litter in Karri (Eucalyptus diversicolor F. Muell) Forest of South-Western Australia*. J.Ecol.76: 1186-1203.
- Orazova, M.K., T.A. Semenova dan A.V. Tiunov. 2003. *The Microfungal Community of Lumbricus terrestris Middens in a Linden (Tilia cordata) Forest*. Pedobiologia 47: 27-32.
- Page, A.L., Miller, R.H. dan Keeney, D.R. (Eds), 19. *Methods of Soil Analysis; Part 2: Chemical and Biological Properties*. 2<sup>nd</sup> ed. Am. Soc. of Agronomi, Inc. and Soil Sc. Soc. of Am. Pp.1043-1069.
- Russel, EW. 1973. *Soil Conditions and Plant Growth*. 10<sup>th</sup> ed. Longman London.
- Rukmana, R. 1999. *Budidaya Cacing Tanah*. Penerbit Kanisius; Yogyakarta.
- Sudiarto, B. 1988. *Petunjuk Praktis Budidaya Cacing Tanah dan Manfaatnya*. Pusat Penelitian Sumber Daya Alam dan Lingkungan UNPAD Bandung.
- Sutejo, M.M. 1992. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. Jakarta
- Sutejo, M.M. dan Kartasapoetra, A.G. 1991. *Mikrobiologi Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta.

- Syammusa, T. 1999. *Media Tumbuh Cacing Tanah. Pusat Studi Cacing Tanah. AKVI. Jatinangor.*
- Twilley, R.R., A.E. Lugo dan C. Patterson-Zucca. 1986. *Litter Production and Turnover in Basin Mangrove Forest in Southwest Florida.* Ecol. 67 (3) : 670-683.
- Takeda, H., Ishida, Y. dan Tsutsumi, T. 1987. *Decomposition of Leaf Litter Relation to Litter Quality and Site Conditions.* Mem. Coll. Agric. Kyoto University. 130:17-38.
- Wahyuningsih, R. 1996. Pengaruh Mikoriza Vesikular Arbuskular dan Pupuk Kascing Terhadap Serapan P dan Hasil Tanaman Tomat pada Humic Hapludults. Jurusan Ilmu Tanah. Faperta UNPAD.
- Weber, M.G. 1987. *Decomposition, Litterfall, and Forest Nutrient Dynamics in Relation to Fire in Eastuarin Ontario Jack Pine Ecosystem.* Can. J.For. Res. 17 : 1496-1506.