



**PERANAN BAKTERI DALAM USUS RAYAP TANAH
Macrotermes gilvus Hagen SEBAGAI AGEN BIOLOGIS
DEGRADASI BAHAN ORGANIK**

Skripsi

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sain

Oleh

Annisa Nur Aini
4411410038

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2015

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul "Peranan Bakteri dalam Usus Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen sebagai Agen Biologis Degradasi Bahan Organik" disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau kutipan dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka dibagian akhir skripsi ini. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, Mei 2015



Annisa Nur Aini
Annisa Nur Aini
4411410038

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

Peranan Bakteri dalam Usus Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen sebagai Agen Biologis Degradasi Bahan Organik

Disusun oleh

Annisa Nur Aini

4411410038

telah dipertahankan di hadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 17 Februari 2015

Panitia Ujian



Penguji I

Dr. Dra. Siti Harnina Bintari MS.
NIP. 196008141987102001

Sekretaris

Andin Irsadi, S.Pd, M.Si
NIP. 197403102000031001

Penguji II

Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti MP.
196304071990032001

Penguji III/ Pembimbing

Dr. Niken Subekti S.Si., M.Si
NIP. 197302141999032001

ABSTRAK

Aini, Annisa Nur. 2014. **Peranan Bakteri dalam Usus Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen sebagai Agen Biologis Degradasi Bahan Organik**, Skripsi, Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang. Dr. Niken Subekti, M.Si.

Kata Kunci : Bakteri, *Macrotermes gilvus* Hagen, Degradasi, Kompos

Sampah merupakan masalah global yang terjadi di berbagai negara salah satunya di Indonesia. Kendala pada pembuatan kompos saat ini adalah lama waktu pengomposan membutuhkan waktu sekitar 3 sampai 4 bulan. Perkembangan metode pengomposan selanjutnya diarahkan pada proses pengomposan dalam waktu yang lebih cepat dan dapat mendegradasikan komponen organik lebih maksimal. Rayap sebagai biodegradator primer di alam memiliki mikroba yang berpotensi mendegradasikan lignoselulosa di dalam ususnya. Bakteri dalam usus rayap dapat dimanfaatkan sebagai agen biologis pendegradasi bahan organik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah total bakteri (CFU/g) pada kompos yang ditambah konsentrasi starter bakteri dari usus rayap *Macrotermes gilvus* Hagen 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% lama waktu pengomposan 1, 2, 3, 4, 5 minggu, untuk mengetahui skala kematangan kompos pada konsentrasi starter bakteri 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan lama pengomposan 1, 2, 3, 4, 5 minggu, untuk mengetahui profil kompos pada produk degradasi sampah serasah daun yang sudah matang, untuk mengetahui konsentrasi starter bakteri dari usus rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen dan lama waktu optimal pengomposan sampah serasah daun. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Blok Random Lengkap (RBRL). Sebanyak dua ratus ekor rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen kasta pekerja di ambil ususnya. Usus rayap dihaluskan dan ditambahkan aquades steril 1 ml kemudian disentrifus. 0,3 ml aliquot diambil dengan pipet dan dimasukkan ke dalam medium Nutrient Agar (NA). Inokulan diinkubasi pada suhu 30°C didalam *shacker incubator* selama 4 hari. Selanjutnya inokulan yang sudah tumbuh dipindahkan dalam medium Nutrient Broth (NB). Uji pengomposan dilakukan dengan teknik takakura yang dimodifikasi menggunakan tempat pengomposan yang sudah dilubangi sisi-sisinya. Konsentrasi starter bakteri dari usus rayap yang diujikan pada pengomposan yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dengan blok pengamatan lama waktu pengomposan 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu, 4 minggu dan 5 minggu. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali ulangan. Pengambilan data meliputi jumlah total bakteri kompos, warna kompos, tekstur kompos, bau kompos, suhu kompos, pH kompos, kadar C-Organik, kadar N-Total dan rasio C/N. Hasil penelitian kompos menunjukkan semakin tinggi konsentrasi starter dan semakin lama waktu pengomposan, jumlah bakteri pada kompos semakin banyak. Kematangan kompos dapat mencapai skala maksimal yaitu warna kompos hitam, tekstur remah dan bau seperti tanah. Profil kompos

menunjukkan rasio C/N 1,81, pH 7 dan kadar air 60,80%. Konsentrasi starter optimum yang berpengaruh terhadap pengomposan adalah 50% dengan lama pengomposan 3 minggu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta bimbingan-Nya kepada penulis sehingga penulisan Skripsi yang berjudul “Peranan Bakteri dalam Usus Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen sebagai Agen Biologis Degradasi Bahan Organik” dapat terselesaikan. Sholawat serta salam penulis sampaikan kepada Rasulullah SAW yang senantiasa menjadi manusia paling menginspirasi di dunia ini, sehingga memberikan motivasi kepada penulis untuk terus menimba ilmu.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan rasa terima kasih dan penghargaan kepada orang tua yang senantiasa memberikan dukungannya secara tulus dan ikhlas. Penulis juga ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Niken Subekti, M.Si selaku pembimbing skripsi yang telah membimbing, mendukung, dan melimpahkan ilmunya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan untuk Ibu Dr. Siti Harnina Bintari, MS dan Ibu Dr. Dyah Rini Indriyanti MP selaku penguji dan kepada Bapak Andin Irsadi, S.Pd., M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang yang sudah memfasilitasi dan mendukung diselesaikannya skripsi ini. Tidak lupa penulis sampaikan terimakasih kepada Mbak Ria selaku Laboran Laboratorium Mikrobiologi yang sudah banyak membantu pelaksanaan penelitian di laboratorium Mikrobiologi Universitas Negeri Semarang, juga kepada teman-teman Penelitian Rayap Rizqi, Adel, Dewi, Ulin, Mas Pepy, Ardi, Angga, Jamal,

Nita, Idha dan seluruh teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu-persatu penulis ucapkan terimakasih atas dukungan dan bantuan teknis pelaksanaan penelitian. Semoga Allah SWT, membalas segala amal baik yang telah dilakukan. Amin.

Penulis berharap penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi dunia ilmu pengetahuan. Kritik dan saran yang membangun selalu penulis harapkan untuk senantiasa menghasilkan karya yang lebih baik.

Semarang, Mei 2015

Penulis,

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| DAFTAR ISI..... | iii |
| DAFTAR TABEL..... | v |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | vi |
| BAB | |
| 1. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Permasalahan..... | 3 |
| 1.3 Penegasan Istilah..... | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 5 |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS | |
| 2.1 Tinjauan Pustaka | |
| 2.1.1 Pupuk Organik | 6 |
| 2.1.2 Bakteri Pengomposan..... | 8 |
| 2.1.3 Usus Rayap Tanah <i>Macrotermes gilvus</i> Hagen | 10 |
| 2.1.4 Degradasi Lignoselulolitik dalam Pengomposan..... | 12 |
| 2.2 Hipotesis..... | 15 |
| 3. METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian | 16 |
| 3.2 Variabel Penelitian | 16 |
| 3.3 Rancangan Penelitian | 17 |
| 3.4 Alat dan Bahan Penelitian..... | 18 |
| 3.5 Prosedur Penelitian..... | 19 |
| 3.6 Metode Analisis Data | 28 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Hasil Penelitian | 28 |
| 4.2 Pembahasan..... | 38 |
| 5. SIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 Simpulan | 46 |
| 5.2 Saran..... | 46 |
| 6. DAFTAR PUSTAKA | 47 |
| 7. LAMPIRAN..... | 54 |

DAFTAR GAMBAR

Halaman

| | | |
|----------|--|----|
| Gambar1 | Pertumbuhan bakteri kompos dengan penambahan konsentrasi starter bakteri dari usus rayap <i>Macrotermes gilvus</i> Hagen 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan lama pengomposan 1, 2, 3, 4 dan 5 Minggu | 29 |
| Gambar2 | Perubahan warna kompos dengan penambahan konsentrasi starter bakteri dari usus rayap <i>Macrotermes gilvus</i> Hagen 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan lama pengomposan 1, 2, 3, 4 dan 5 Minggu | 31 |
| Gambar 3 | Perubahan Tekstur Kompos kompos dengan penambahan konsentrasi starter bakteri dari usus rayap <i>Macrotermes gilvus</i> Hagen 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan lama pengomposan 1, 2, 3, 4 dan 5 Minggu | 33 |
| Gambar 4 | Perubahan bau kompos dengan penambahan konsentrasi starter bakteri dari usus rayap <i>Macrotermes gilvus</i> Hagen 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan lama pengomposan 1, 2, 3, 4 dan 5 Minggu | 34 |
| Gambar 5 | Skala kematangan kompos kompos dengan penambahan konsentrasi starter bakteri dari usus rayap <i>Macrotermes gilvus</i> Hagen 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan lama pengomposan 1, 2, 3, 4 dan 5 Minggu | 36 |
| Gambar 6 | Kadar Air, Karbon, Nitrogen dan Rasio C/N pada kompos umur 5 Minggu dan penambahan konsentrasi starter 50% | 38 |

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

| | |
|--|----|
| Lampiran 1 Sebaran Sarang Rayap Tanah <i>Macrotermes gilvus</i> Hagen di Sekitar Kampus UNNES pada Bulan Februari 2014..... | 56 |
| Lampiran 2 Pengambilan Rayap Tanah <i>Macrotermes gilvus</i> Hagen Kasta Pekerja..... | 57 |
| Lampiran 3 Rayap Tanah <i>Macrotermes gilvus</i> Hagen Kasta Pekerja di sekitar Kampus UNNES | 58 |
| Lampiran 4 Pembuatan Starter Bakteri dari Usus | 59 |
| Lampiran 5 Pembuatan Kompos | 60 |
| Lampiran 6 Tabel Data Pengamatan | 62 |
| Lampiran 7 Tabel Analisis Data | 68 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan masalah global yang terjadi di berbagai negara salah satunya di Indonesia. Data Kementrian Lingkungan Hidup (KLH) volume sampah pada tahun 2014 rata-rata mencapai 130 ribu ton perhari dengan persentasi paling banyak adalah sampah organik. Jumlah sampah ini akan semakin bertambah seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia. Pengelolaan sampah di Indonesia sampai saat ini masih terus diperbaiki dengan menginovasi metode pengomposan. Sesuai dengan UU No.18/ 2008 pengelolaan sampah tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah, tetapi juga tanggung jawab masyarakat dan pelaku usaha sebagai penghasil sampah untuk menciptakan lingkungan yang bersih dan sehat. Beberapa kendala yang dihadapi pemerintah dalam pengelolaan sampah adalah kurangnya kesadaran masyarakat untuk mengelola sampah mulai dari sumbernya, teknologi pengelolaan sampah yang masih tradisional yaitu *open dumping* dan membakar, kurangnya lahan TPA, terbatasnya transportasi pengangkut sampah dan lama waktu proses pengomposan.

Lama waktu pengomposan dengan menggunakan metode tradisional membutuhkan waktu 3-4 bulan. Perkembangan metode pengomposan selanjutnya diarahkan pada proses pengomposan dalam waktu yang lebih cepat dan dapat mendegradasikan komponen organik lebih maksimal. Saat ini metode pengolahan sampah yang banyak diaplikasikan oleh masyarakat

diantaranya drum berputar, takakura dan metode penutupan. Pengomposan dengan metode tersebut rata-rata membutuhkan waktu 1 bulan. Salah satu cara produksi pupuk organik yaitu menggunakan sampah atau limbah yang sangat melimpah. Proses pengomposan tidak dapat dipisahkan dengan peran agen biologis. Agen biologis yang sering dimanfaatkan dalam proses pengomposan adalah cacing, bakteri, jamur dan serangga. Lama waktu pengomposan dipengaruhi oleh bahan dasar pembuatan kompos (Simanungkalit *et al.* 2009).

Rayap merupakan serangga yang memiliki peran sebagai degradator primer di alam (Subekti, 2011). Umumnya rayap tidak menyerang pohon atau tanaman hidup, kecuali kebanyakan genus *Coptotermes*. Proses degradasi oleh rayap mampu mendegradasi lignoselulosa lebih optimal dari proses degradasi organisme lainnya. Rayap merupakan organisme pertama yang mencerna lignoselulosa menjadi molekul yang lebih kecil sebelum organisme lain seperti cacing dan bakteri tanah berperan dalam memaksimalkan proses degradasi material organik menjadi unsur-unsur penyusun tanah. Lignoselulosa terdiri atas 20-50% selulosa, 15-35% hemiselulosa dan 18-35% lignin. Degradasi selulosa oleh rayap diperankan oleh enzim yang diproduksi oleh rayap itu sendiri dan mikroorganisme di dalam ususnya (Ni dan Tokuda, 2013). Selulosa merupakan polimer linear dari banyak molekul glukosa yang saling berikatan dengan tipe ikatan β -1,4 glikosidik. Ikatan tersebut dihidrolisis oleh enzim *selulase* yang juga berperan dalam daur ulang polisakarida. Menurut Prins and Kreulen (1991), rayap memiliki kemampuan mencerna lignoselulosa hingga 74-99%. Potensi ini dapat dimanfaatkan untuk

mendegradasikan sampah organik secara maksimal dengan mengisolasi dan memperbanyak mikroorganisme di dalam saluran pencernaan rayap. Bakteri potensial di dalam usus rayap perlu dilakukan pengujian sebagai starter pengomposan sampah serasah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

- 1.2.1 Bagaimana jumlah total bakteri (CFU/g) pada kompos yang ditambah konsentrasi starter bakteri dari usus rayap *Macrotermes gilvus* Hagen 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% lama waktu pengomposan 1, 2, 3, 4, 5 minggu ?
- 1.2.2 Bagaimana skala kematangan kompos pada kompos pada konsentrasi starter bakteri 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan lama pengomposan 1, 2, 3, 4, 5 minggu?
- 1.2.3 Bagaimana profil kompos pada produk degradasi sampah serasah daun yang sudah matang?
- 1.2.4 Berapa konsentrasi starter bakteri dari usus rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen dan lama waktu optimal pengomposan sampah serasah daun?

1.3 Penegasan Istilah

1.3.1 Bakteri

Bakteri adalah organisme uniseluler berukuran mikroskopis yang umumnya tidak berklorofil, berkembangbiak secara asexual dan ada beberapa

yang dapat berfotosintesis (Volk dan Wheeler, 1988). Bakteri yang dimaksud dalam penelitian ini adalah organisme mikroskopis yang diperoleh dari usus rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen dan berpotensi dalam degradasi bahan organik.

1.3.2 Agen Biologis

Menurut Indriyani (2003) agen biologis adalah bakteri, *Actinomycetes*, fungi, dan organisme tanah yang berperan dalam proses dekomposisi bahan organik yang *biodegradable*. Agen biologis yang dimaksud dalam penelitian ini merupakan bakteri dari usus Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen yang digunakan sebagai starter dalam proses pengomposan sampah serasah.

1.3.3 Bahan Organik

Bahan organik adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut dalam air dan bahan organik yang stabil atau humus (Stevenson, 1994). Bahan organik yang dimaksud dalam penelitian ini merupakan sampah serasah yang dapat terdegradasi komponen organiknya menjadi zat-zat yang bermanfaat bagi kesuburan tanah.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1.4.1 Untuk mengetahui jumlah total bakteri (CFU/g) pada kompos yang ditambah konsentrasi starter bakteri dari usus rayap *Macrotermes gilvus*

Hagen 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% lama waktu pengomposan 1, 2, 3, 4, 5 minggu

1.4.2 Untuk mengetahui skala kematangan kompos pada konsentrasi starter bakteri 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan lama pengomposan 1, 2, 3, 4, 5 minggu

1.4.3 Untuk mengetahui profil kompos pada produk degradasi sampah serasah daun yang sudah matang

1.4.4 Untuk mengetahui konsentrasi starter bakteri dari usus rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen dan lama waktu optimal pengomposan sampah serasah daun

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1.5.1 Memberikan informasi lama waktu pengomposan menggunakan bakteri dari rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen

1.5.2 Memberikan informasi total sel bakteri per gram kompos, warna kompos, tekstur kompos, bau kompos dan rasio C/N kompos pada produk degradasi sampah serasah daun yang ditambah starter bakteri dari Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen

1.5.3 Penggunaan bahan marginal sampah serasah daun melalui pemanfaatan bakteri dari usus Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Pupuk Organik

Pupuk organik merupakan pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, dan atau hewan yang telah mengalami rekayasa berbentuk padat maupun cair yang digunakan sebagai nutrisi organik bagi tanah (Permentan 2006). Konsep pembuatan pupuk organik yaitu melalui mekanisme konversi karbon (C) menjadi CO_2 sehingga pupuk memiliki kadar C/N kurang dari 20%. Penurunan kadar C/N di alam dibutuhkan agen biologis yang dapat mendegradasikan material organik secara optimal (Guo *et al.* 2012)

Pupuk organik yang banyak digunakan oleh masyarakat adalah pupuk kandang. Keberadaan pupuk kandang semakin lama semakin berkurang, karena semakin banyak bidang yang memanfaatkannya. Perlu alternatif mencari sumber pupuk organik lain sebagai pengganti pupuk kandang. Pengembangan bakteri sebagai agen biologis pengomposan merupakan salah satu cara alternatif pembuatan pupuk organik (Nurrahma *et al.* 2013).

Isolasi bakteri selulolitik dan lignolitik pada usus rayap dapat dimanfaatkan sebagai starter pembuatan pupuk organik. Pengomposan dilakukan secara aerob dan anaerob dengan suhu pada proses dekomposisi awal mencapai $67-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ dalam waktu yang pendek. Proses pengomposan dengan starter bakteri

dari rayap diharapkan dapat mempercepat waktu pengomposan dan proses degradasi yang lebih optimal. Lama waktu pengomposan dipengaruhi oleh konsentrasi gula atau molase dan konsentrasi starter bakteri. Kompos yang telah matang mengandung rasio C/N sekitar 10-20. Pupuk organik mengandung berbagai komponen zat yang baik bagi tanah, sehingga disebut juga sebagai pupuk majemuk (Yuniwati 2012).

pH kompos merupakan salah satu penentu kualitas kompos. Kompos yang terdegradasi dengan baik memiliki kisaran pH 6,0-7,5. Pada awal proses degradasi anaerob nilai pH akan meningkat, kemudian menurun. Peningkatan pH terjadi saat proses hidrolisis dimana H₂ digunakan untuk mengkatalisis reaksi pemutusan ikatan pada polisakarida, lipid dan protein (Paramitha *et al.* 2012). Peningkatan pH menunjukkan adanya kegiatan bakteri menguraikan bahan organik seperti karbohidrat yang diuraikan menjadi glukosa. Setelah itu terjadi proses asidogenesis dan asetogenesis. Tahap asidogenesis dilakukan oleh berbagai kelompok bakteriyang mayoritas adalah bakteri obligat anaerob dan anaerob fakultatif. Pada proses ini terjadi penurunan pH karena adanya asam organik yang dihasilkan seperti asam butirat, propionat, dan asetat. Selanjutnya pH cenderung mengalami peningkatan karena asam organik diuraikan menjadi metana dan karbondioksida (Aditya 2014).

Bahan organik yang ditambahkan kedalam tanah mengalami proses dekomposisi menghasilkan senyawa organik yang lebih sederhana dan senyawa anorganik yang tidak stabil. Bahan organik merupakan sumber berbagai nutrisi tanaman, terutama nitrogen dan phosphor, serta dapat meningkatkan pH dan KTK

(Kapasitas Tukar Kation) tanah (Barus 2011). Kandungan hara di dalam pupuk organik di tentukan oleh bahan dasar pembuatann pupuk. Ada beberapa cara untuk mempercepat pengompos yaitu dengan memanipulasi faktor-faktor yang berpengaruh pada proses pengomposan seperti mengatur rasio C/N bahan kompos, mengatur ukuran bahan, kelembaban dan menambahkan organisme yang dapat mempercepat proses pengomposan. Komponen bahan organik dalam tanah ini akan mengalami transformasi dari satu bentuk ke bentuk yang lain secara terus menerus akibat dari aktivitas biota tanah. Biota tanah mengkonsumsi bahan organik kemudian menghasilkan produk sampingan, limbah dan jaringan tubuhnya sebagai sumber hara bagi tanaman (Palembang *et al.* 2013)

Kompos yang baik adalah kompos yang sudah mengalami pelapukan dengan ciri-ciri warna yang berbeda dengan warna bahan pembentuknya, tidak berbau, kadar air rendah dan mempunyai suhu ruang. Kematangan kompos berdasarkan SNI (2004) diindikasikan dengankompos berwarna kehitaman, tekstur seperti tanah dan berbau tanah. Suhu kompos yang sudah matang sama seperti suhu air dalam tanah yaitu tidak lebih dari 30⁰C. Suhu kompos yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada akar tanaman (Pramaswari 2011).

1.2.2 Bakteri Pengomposan

Bakteri yang berperan pada proses pengomposan sangat beragam. Bakteri yang berperan dalam degradasi selulosa merupakan bakteri simbion yang tidak hanya diperankan oleh bakteri selulolitik tetapi juga diperankan oleh bakteri non selulolitik yang membantu dalam proses degradasi material kompos lainnya.

Selain itu mekanisme pengomposan di alam juga dibantu oleh mikroba lain seperti kapang dan khamir. Dalam tubuh rayap terdapat bakteri yang dapat mencerna selulosa dalam bentuk kertas filter hingga 65% lebih tinggi bila dibandingkan dengan bakteri dalam tubuh siput, cacing tanah dan ulat bulu. Mikroorganisme yang sering dimanfaatkan dalam proses degradasi sekaligus sebagai penyubur akar tanaman diantaranya adalah *Pseudomonas* sp, *Bacillus* sp, *Streptomyces* sp dan *Actinomycetes* (Abdulla 2007; Suwanto dan Agustiyani 2011; Gupta *et al.* 2012).

Di dalam usus rayap *Macrotermes gilvus* Hagen, bakteri yang berperan dalam proses degradasi bahan organik adalah *Sporocytophaga* sp dan *Staphylococcus* sp (Diba *et al.* 2012). Bahan organik yang mampu didegradasi oleh bakteri *Staphylococcus* sp adalah selulosa (Ahmad *et al.* 2013) dan *Phyren* yaitu material organik yang bersifat karsinogen dan dapat mencemari tanah (Valsala *et al.* 2014). *Macrotermes gilvus* Hagen merupakan rayap tanah yang memiliki bentuk sarang berupa gundukan tanah dan bersimbiosis dengan jamur sehingga dikelompokkan dalam rayap pembuat kebun jamur di dalam sarangnya. Rayap ini terbukti dapat memperbaiki vegetasi dan perbaikan tanah. Penelitian Subekti (2012a) menunjukkan dalam bangunan sarang rayap *Macrotermes gilvus* Hagen menghasilkan 98,33% bahan organik dan padatannya 1,67%. Padatan ini terdiri dari karbohidrat sebesar 3,16%, abu 4,19%, lemak 23,95%, protein 39,52%, dan sisanya 29,18% berupa mineral-mineral. Selain *Staphylococcus* sp, proses degradasi material organik juga diperankan oleh fungi yang bersimbiosis dengan rayap.

Kemampuan dekomposisi diindikasikan dengan penurunan berat oleh kompos (Mardhiyansyah *et al.* 2007). Senyawa organik yang terdapat dalam limbah seperti protein, karbohidrat dan lemak dimanfaatkan oleh mikroba sebagai sumber nutrisi untuk menghasilkan energi. Peningkatan populasi mikroba serta tersedianya lingkungan dan kondisi yang baik merupakan salah satu cara untuk meningkatkan dekomposisi bahan organik selama proses pengomposan (Jusoh *et al.* 2013). Kondisi lingkungan yang tepat, jumlah nutrisi yang baik dan tidak adanya senyawa toksik dapat meningkatkan proses degradasi oleh mikroba. Mikroba lignoselulolitik terdiri dari kapang, bakteri dan Aktinomisetes dapat mendegradasi bahan lignosellulosa untuk menghasilkan pupuk organik, termasuk bakteri anaerob yang dapat menghasilkan multi enzim kompleks/selulosom (Anindyawati 2010).

1.2.3 Usus Rayap *Macrotermes gilvus* Hagen

Rayap merupakan dekomposer primer di alam. Rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen memiliki peran penting dalam proses disintegrasi dan dekomposisi material organik dari kayu dan serasah tanaman (Subekti 2012b). Pencernaan material organik ini terjadi di dalam saluran pencernaannya yang terbagi dalam tiga bagian yaitu *foregut*, *midgut* dan *hindgut*. Bakteri selulolitik banyak ditemukan didalam *hindgut* rayap atau usus rayap bagian belakang. Lignosellulosa terdegradasi secara optimal didalam *hindgut* rayap karena peran dari bakteri pendegradasi lignoselulosa (Papoola dan Opayele 2012). Setiap jenis rayap

memiliki mikroba pendegradasi lignin dan selulosa yang berbeda baik dari jumlah maupun jenis mikroba.

Rayap *Macrotermes gilvus* Hagen termasuk dalam Genus *Macrotermes*, Famili Termitidae. Ciri dari rayap ini salah satunya adalah hanya ada bakteri di dalam saluran pencernaannya (Li *et al.* 2013). Rayap *Macrotermes gilvus* Hagen memiliki aktivitas selulase paling tinggi di usus bagian belakang (*hindgut*). Aktivitas pencernaan pada rayap tidak hanya melibatkan bakteri di dalam saluran pencernaannya tetapi juga dibantu oleh aktivitas enzim yang di produksi oleh tubuh rayap.

Mikroba berperan penting dalam fungsi fisiologi tubuh rayap. Rayap yang mengkonsumsi kayu didalam saluran digestinya mengandung populasi prokaryot dan protista berflagel yang dapat mendegradasikan lignin, selulosa dan hemisellulosa untuk difermentasikan. Kemampuan mikroba dalam proses degradasi ini dikarenakan mikroba memiliki enzim *selulase*. Mikroba di dalam usus rayap merupakan mikroba simbion yang saling berhubungan dengan organisme lain dalam proses pendegradasian lignoselulosa (Shelton dan Grace 2003 ; Mackenzie 2007; Berlanga *et al.* 2011).

Mikroba sellulolitik secara umum memiliki tiga jenis enzim selulase, yaitu *endoglukanase* atau *carboxymethylcellulase (CMC-ase)*, *eksoglukanase* atau *selobiohidrolase*, dan β -*glukosidase* (Budiani *et al.* 2009). Enzim-enzim ini akan mendegradasi selulosa menjadi glukosa. *CMC-ase* memecah ikatan hidrogen yang ada di dalam struktur kristalin selulosa sehingga terbentuk rantai-rantai individu selulosa, *eksoglukanase* memotong ujung-ujung rantai individu selulosa

sehingga menghasilkan disakarida dan tetrasakarida, misalnya seperti selobiosa, dan β -glukosidase menghidrolisis disakarida dan tetrasakarida menjadi glukosa. Di dalam saluran pencernaan rayap terdapat mikroba selulolitik yang berperan dalam mendegradasi partikel-partikel kayu menjadi senyawa terlarut yang banyak mengandung selulosa kurang lebih 40-45% bahan kering (Zhu *et al.* 2011).

1.4.5 Degradasi Lignoselulolitik dalam Pengomposan

Kompos merupakan pupuk organik yang kaya nutrisi dan bermanfaat sebagai penyubur tanah. Pembentukan pupuk organik dipengaruhi oleh proses degradasi lignoselulolitik yang merupakan hasil perombakan senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana dengan bantuan kombinasi mikroba yang terdiri dari bakteri, kapang, *Actinomycetes* dan cacing yang dapat meningkatkan nilai limbah lignoselulosa. Proses perombakan ini menghasilkan unsur - unsur yang dapat menyuburkan tanah. Menurut Surya dan Suryono (2013), Nitrogen berasal dari hidrolisis protein menjadi asam amino dan amonifikasi menjadi NH_3 . Fosfat merupakan hasil degradasi polifosfat (sumber P-organik: fosfolipid, asam nukleat, dan fitat). Sedangkan sumber kalium dalam bahan organik adalah berasal dari sitoplasma sel-sel tanaman atau mikroba yang telah mati dan sisanya berupa kation seperti Na, K, Mg dan Ca. Bahan lignoselulosa dapat digunakan sebagai sumber C bagi organisme lignoselulolitik. Pada proses pembuatannya, pH, suhu, struktur bahan yang digunakan akan menentukan populasi mikroba. Selain unsur hara yang tersedia, organisme dapat menghasilkan C sederhana dalam proses

metabolisme yang dapat digunakan sebagai bahan baku pupuk organik (Widiastuti *et al.* 2009).

Menurut Mtui (2009), untuk mempercepat degradasi lignoselulosa perlu ada perlakuan awal diantaranya yaitu, secara mekanik (dipotong, digerus, digiling), secara fisik (iradiasi dengan *microwave*, pirolisis, iradiasi gama), secara fisiko kimia (letupan uap, *ammoniafiber explotion* (AFEX), cairan air panas), secara kimia (agen oksidasi (O_2 , H_2O_2), alkali (NaOH, $Ca(OH)_2$), penambahan asam (HCl, H_2SO_4 , HNO_3), asam organik (asam malat, asam glutarat, dan sebagainya) serta proses *organosolv*. Perlakuan awal secara biologi meliputi penggunaan mikroba atau enzim yang dapat memecah selulosa dan lignin seperti kapang, bakteri aerob dan anerob serta enzim hidrolitik dan oksidatif.

Hendriks dan Zeeman (2009) menambahkan proses perlakuan awal dilakukan karena beberapa faktor seperti kandungan lignin, ukuran partikel serta kemampuan hidrolisis dari selulosa dan hemiselulosa. Berbagai jenis mikroorganisme seperti bakteri, kapang dan *Actinomicetes* diketahui dapat menghasilkan *selulase*. *Selulase* merupakan enzim kompleks yang memotong secara bertahap rantai selulosa menjadi glukosa. Beberapa mikroba dilaporkan dapat menghasilkan kompleks *selulase* yang berbeda. Pada bakteri misalnya, enzim ini terdapat dalam kompleks multi enzim yang disebut selulosom dan terdiri dari beberapa sub unit.

Menurut Chandel *et al* (2007), beberapa kelompok mikroba seperti *Clostridium*, *Cellulomonas*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Neurospora*, *Fusarium*, *Aspergillus* dan sebagainya mempunyai aktivitas selulolitik dan hemiselulolitik

yang tinggi. Selulosom adalah gabungan dari *Cellulosebinding Domain* (CBD) dan *Xilan-Binding Domain* (XBD) menjadi multienzim kompleks dengan berat molekul tinggi yang banyak ditemukan pada beberapa mikroorganisme selulolitik anaerob. Selulosom terdapat pada beberapa bakteri atau kapang selulolitik berupa *selulase* kompleks yang bekerja secara sinergi dengan ciri berlainan (Dashtban *et al.* 2009).

Jenis bakteri tertentu akan menghasilkan partikel yang disebut selulosom. Partikel inilah akan terdisintegrasi menjadi enzim-enzim, yang secara sinergis mendegradasi selulosa. Isolat bakteri tidak seluruhnya mampu mensintesis tiga jenis kompleks enzim selulase yang digunakan dalam pemutusan ikatan-ikatan penyusun senyawa selulosa. Hal ini mempengaruhi kemampuan tiap bakteri seleksi dalam mendegradasi selulosa khususnya mikrofibril penyusun serat selulosa (Maki *et al.* 2009).

Bayeret *al* (1994) menjelaskan, kompleks enzim sangat efisien dalam proses degradasi selulosa dan hemiselulosa. Produk utama degradasi selulosa dari kapang selulosom adalah glukosa, sedangkan dari bakteri selulosom adalah selobiosa. Kapang selulosom lebih banyak kekurangannya dibandingkan dengan bakteri selulosom seperti aktivitas sinergi antara komponen dan aktivitas hidrolisis pada selulosa dan hemiselulosa. Selulosa oleh selulosom dan mikroba selulolitik lainnya akan didegradasi menjadi selobiosa dan glukosa. Oleh mikroba xilanolitik, xilan akan didegradasi menjadi senyawa gula terlarut dan oleh mikroba sakarolitik dirombak lagi menjadi gula yang lebih sederhana. Selanjutnya, gula sederhana tersebut akan dimanfaatkan oleh mikroba lainnya

untuk menghasilkan produk-produk lain seperti etanol, aseton, metan dan sebagainya. Disamping itu akan dihasilkan pula vitamin, nutrien serta *protective agents* (Yunias *et al.* 2013).

1.3 Hipotesis

Starter bakteri dari usus Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen dapat meningkatkan jumlah bakteri dan kematangan kompos. Semakin banyak konsentrasi starter, semakin banyak pula jumlah total bakteri pada kompos. Demikian pula konsentrasi starter dapat berpengaruh pada lama waktu kematangan kompos.

BAB III

METODE PENELITIAN

1.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang pada bulan Maret – Desember 2014.

1.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Blok Random Lengkap (RBRL) dengan perlakuan penambahan starter bakteri dari usus rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen konsentrasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% serta 5 blok waktu pengamatan yaitu 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu, 4 minggu, 5 minggu.

1.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Rayap *Macrotermes gilvus* Hagen kasta pekerja sebanyak 1000 ekor, medium *Nutrient Broth* (NB), *Nurient agar* (NA), *Plate Count Agar* (PCA), 70% ethanol, aquades, sampah serasah homogen, molase, air, cangkul, serok, ember pengomposan, botol sprayer, autoklaf, mikropipet, sentrifuse, mikrotube, plastik sterilisasi, pH meter, gelas pengaduk, mikro pinset, pinset besar, loyang, termitarium dan alat gelas meliputi erlenmeyer, gelas ukur, cawan petri, pipet, tabung reaksi dan botol jar.

1.4 Prosedur Penelitian

1.4.1 Pengambilan Usus Rayap

Rayap dikumpulkan dari hasil observasi di sekitar kampus Universitas Negeri Semarang. Rayap yang digunakan sebagai obyek penelitian adalah rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen kasta pekerja. Rayap yang sudah terkumpul disterilkan permukaannya menggunakan ethanol 70% dan dicuci menggunakan aquades steril. Usus rayap diambil secara aseptis menggunakan mikropinset dan makropinset untuk memegang tubuh rayap. Usus yang sudah diambil dikumpulkan di dalam mikrotub.

1.4.2 Kultur Mikroba dari Rayap *Macrotermes gilvus* Hagen

Kultur mikroba dari rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen dilakukan sesuai metode Tay *et al.* (2010). Saluran pencernaan yang sudah diambil dihaluskan dalam mikrotub menggunakan alat penggerus. Setelah halus kemudian dicampur dengan 1 ml aquades dan disentrifuse 1000 rpm selama 1 menit untuk memisahkan debris dengan cairan. Selanjutnya 0,3 ml aliquot disuspensikan pada medium NA dan dikultur pada suhu 30°C selama 4 hari selanjutnya diperbanyak dalam medium NB.

1.4.3 Pembuatan Starter Bakteri dari Usus Rayap *Macrotermes gilvus* Hagen

Larutan stok starter dibuat dengan cara menanam bakteri yang tumbuh pada medium NA ke dalam medium NB 9 ml. Bakteri yang ditanam pada medium NB diinkubasi selama 2 kali 24 jam pada suhu 30 °C. Setelah diinkubasi larutan stok starter disimpan di dalam *freezer*.

1.4.4 Penetapan Konsentrasi Starter Mikroba dari Usus Rayap

Larutan stok starter dilakukan pengenceran berbagai konsentrasi yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Konsentrasi 10% dibuat dengan cara 1 ml larutan stok starter dilarutkan ke dalam 9 ml NB. Konsentrasi 20% dibuat dengan cara 2 ml larutan stok starter dilarutkan ke dalam 8 ml NB. Konsentrasi 30% dibuat dengan cara 3 ml larutan stok starter dilarutkan ke dalam 7 ml NB. Konsentrasi 40% dibuat dengan cara 4 ml larutan stok starter dilarutkan ke dalam 6 ml NB. Konsentrasi 50% dibuat dengan cara 5 ml larutan stok starter dilarutkan ke dalam 5 ml NB. Konsentrasi 0% hanya terdiri dari NB 10 ml yang akan digunakan sebagai kontrol.

1.4.5 Pengomposan

1.4.5.1 Uji Pengomposan Skala Kecil

Pengomposan diujikan skala kecil dilakukan di dalam laboratorium dengan menggunakan botol jar. Sampah serasah dicacah dengan diameter ± 2 cm dicampur dengan kompos dengan perbandingan 40% : 60% dan starter bakteri dari rayap *Macrotermes gilvus* Hagen. Variasi konsentrasi starter yang digunakan

yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dan pengulangan sebanyak tiga kali. Starter dilarutkan kedalam molase dan air dengan perbandingan 1:1:50. Uji pengomposan skala kecil dilakukan di dalam botol jar dengan komposisi pengomposan 4 gram sampah serasah yang sudah dicacah dicampur dengan 6 gram kompos kemudian ditambahkan dengan starter. Larutan starter pada uji pengomposan skala kecil yaitu 100 µl starter ditambahkan 100 µl molase dan dilarutkan ke dalam 5000 µl aquades steril. Larutan starter dicampur dengan sampah serasah dan kompos. Kelembaban kompos dikondisikan hingga mencapai 60%. Lama pengomposan yaitu 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu, 4 minggu dan 5 minggu. Parameter yang diukur adalah suhu, pH, dan kelembaban yang diukur setiap 2 hari. Parameter lain yang diukur yaitu bau kompos, warna kompos, tekstur kompos, kadar C/N kompos dan jumlah sel bakteri per 10 gram kompos. Selama proses pengomposan dilakukan proses pengadukan setiap hari sebanyak dua kali.

1.4.5.2 Uji Pengomposan Skala Besar

Uji pengomposan skala besar dilakukan di dalam ruang pengomposan dengan menggunakan metode takakura (Ridwan *et al.* 2014) yang dimodifikasi menggunakan tempat sampah berlubang. Bagian dalam tempat sampah di lapisi dengan kardus untuk menghindari masuknya serangga ke dalam tempat sampah. Bagian dalam dasar tempat sampah dilapisi bantal sekam yang berfungsi untuk menyerap *leachet* kompos. Diatas bantal dimasukkan campuran kompos sebanyak 300 gram dan sampah serasah yang sudah dicacah sebanyak 200 gram.

Perbandingan kompos dan sampah serasah ini disesuaikan dengan perbandingan pada metode Takakura yaitu perbandingan kompos : sampah serasah 60% : 40%. Kompos dan sampah serasah kemudian dicampur dengan larutan starter, gula dan air. Komposisi pengomposan yaitu 800 gram sampah serasah yang sudah dicacah dicampur dengan 1200 gram kompos kemudian ditambahkan dengan larutan starter 200 ml atau sampai kelembaban kompos mencapai 60%. Variasi starter yang di ujikan dalam penelitian ini adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Variasi konsentrasi starter ini dilakukan dengan menggunakan larutan *Nutrient Broth*. Starter dilarutkan kedalam molase dan air dengan perbandingan 1:1:50. Larutan starter pada uji pengomposan skala besar yaitu 2 ml starter ditambahkan 2 ml molase dan dilarutkan ke dalam 100 ml aquades steril. Larutan starter dicampur dengan sampah serasah dan kompos. Kelembaban kompos dikondisikan hingga mencapai 60%. Lama pengomposan yaitu 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu, 4 minggu dan 5 minggu. Parameter yang diukur adalah suhu, pH, dan kelembaban yang diukur setiap 2 hari. Parameter lain yang diukur yaitu bau kompos, warna kompos, tekstur kompos, kadar C/N kompos dan jumlah sel bakteri per 1 gram kompos. Selama proses pengomposan dilakukan proses pengadukan setiap dua hari sekali. Selanjutnya bagian atas kompos dilapisi dengan bantal sekam, kain hitam dan terakhir ditutup dengan tutup ember (Nurulita dan Budiyono, 2012; Ying dan Ibrahim 2013).

Pengambilan data meliputi data secara fisik, kimia dan biologi. Data secara fisik yaitu pH, kelembaban, suhu, bau kompos, warna kompos dan tekstur kompos. Data secara kimia yaitu kandungan C/N kompos yang diuji pada masa

akhir pengomposan. Data secara biologi yaitu jumlah sel bakteri dalam 1 gram kompos selama proses pengomposan.

1.4.6 Pengukuran Data

1.4.6.1 Pengukuran pH, Kelembaban dan Suhu

Pengukuran pH, kelembaban dan suhu dilakukan setiap hari selama proses pengomposan yaitu 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu, 4 minggu dan 5 minggu. pH dan kelembaban diukur menggunakan alat *measure pH/ moisture at root level*, suhu diukur menggunakan *thermometer*.

1.4.6.2 Warna Kompos dan tekstur Kompos, Bau Kompos

Bau, warna dan tekstur kompos dibandingkan dengan parameter kematangan kompos menurut SNI Nomor 19-7030-2004 (2004) yaitu:

- 1) Warna Kompos : kehitaman menyerupai tanah
- 2) Tekstur Kompos : remah-remah seperti tanah dan tidak ada lagi sebelum dilakukan pengomposan
- 3) Bau kompos : seperti tanah

1.4.7 Pengujian Kadar Rasio C/N

Pengujian kadar rasio C/N kompos dilakukan di Laboratorium Tanah BPTP Ungaran. Sampel kompos diuji kadar air sebagai Faktor Kelembaban (FK), kadar Karbon dan kadar Nitrogen Total. Rasio C/N kompos didapatkan dengan membagi kadar Karbon dengan Nitrogen Total pada Kompos.

1.4.7.1 Pengujian Kadar Karbon Organik (*Walley dan Black*)

Prinsip kerja dari pengujian kadar karbon organik ini adalah karbon organik dalam kompos dioksidasi oleh dikromat dalam suasana asam. Krom III yang terbentuk setara dengan C Organik yang teroksidasi dan diukur secara spektrometri. Pengujian C Organik dilakukan dengan menimbang kompos yang telah dihaluskan 0,05-0,10 gram kemudian dimasukkan ke dalam labu takar volume 100 ml. Larutan $K_2Cr_2O_7$ 1 N sebanyak 5 ml dimasukkan ke dalam labu takar yang berisi kompos. Kompos dan larutan $K_2Cr_2O_7$ 1 N dikocok kemudian ditambahkan 7 ml H_2SO_4 pa 98% dan dikocok kembali. Larutan tersebut dibiarkan selama 30 menit.

Larutan standar sebagai nilai ppm kurva yang mengandung 250 ppm C dilakukan dengan mencampurkan 5 ml larutan standar 500 ppm C dengan 7 ml $K_2Cr_2O_7$ 1 N dan 5 ml H_2SO_4 di dalam labu takar volume 100 ml. Larutan tersebut kemudian dikocok dan dibiarkan selama 30 menit. Larutan blanko yang digunakan sebagai standar 0 ppm C dilakukan dengan mencampurkan aquades dengan 7 ml dengan 7 ml $K_2Cr_2O_7$ 1 N dan 5 ml H_2SO_4 di dalam labu takar kemudian dikocok dan dibiarkan selama 30 menit. Masing-masing larutan diencerkan dengan air bebas ion dan setelah dingin volume ditepatkan hingga tanda tera 100 ml. Larutan yang telah diencerkan dengan air bebas ion dikocok bolak-balik hingga homogen dan dibiarkan selama satu malam. Setelah itu larutan diukur dengan *spektrofotometer* pada panjang gelombang 561 nm.

Perhitungan kadar C Organik dilakukan dengan rumus :

Kadar C-organik (%) = ppm kurva x 100/ mg contoh 100 ml/1000 ml x fk

Keterangan :

| | | |
|-------------------------|---|--|
| ppm kurva | = | kadar kompos yang diperoleh dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko. |
| 100 | = | konversi ke% |
| fk | = | faktor koreksi kadar air |
| | = | 1/ (100-% kadar air) |
| Kadar bahan organik (%) | = | 100/58 x kadar C organik (%) |
| | | 100/58 adalah faktor Van Bemmelen |

1.4.7.2 Pengujian Kadar Nitrogen Total

Prinsip dari pengujian kadar N Total yaitu N-Organik dan N-NH₄ yang terdapat dalam kompos didestruksi dengan asam sulfat dan *selenium mixture* membentuk amonium sulfat. Larutan didestilasi dengan penambahan basa berlebihan dan akhirnya destilasi dititrasi. Nitrogen dalam bentuk nitrat diekstraksi dengan air, direduksi dengan *devarda alloy*, didestilasi dan akhirnya dititrasi.

Sebelum penghitungan N Total dilakukan pengujian penetapan N organik N-NH₄ dan penetapan N-NO₃. Penetapan N organik dilakukan dengan menimbang 0,250 gram kompos yang telah dihaluskan dan dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl atau tabung digester. *Selenium mixture* 0,25-0,50 gram dan 3 ml H₂SO₄0,05 N dicampurkan dengan kompos kemudian dikocok sampai merata. Larutan ini dibiarkan selama 2-3 jam supaya diperarang. Larutan tersebut didestruksi sampai sempurna dengan suhu bertahap dari 150 °C hingga akhirnya suhu maksimal 350 °C dan diperoleh cairan jernih dengan lama waktu 3-3,5 jam. Setelah dingin larutan diencerkan dengan sedikit aquades supaya tidak

mengkristal. Larutan dimasukkan secara kuantitatif ke dalam labu didih destilator volume 250 ml. Ditambahkan air bebas ion hingga setengah volume labu didih dan sedikit batu didih. Penampung destilat disiapkan yaitu 10 ml asam borat 1% dalam erlenmeyer volume 100 ml yang dibubuhi 3 tetes indikator *conway*.

Larutan didestilasikan dengan ditambahkan 20 ml NaOH 40%. Destilasi selesai apabila volume cairan dalam erlenmeyer sudah mencapai sekitar 75 ml. Destilat dititrasi dengan H_2SO_4 0,05 N, hingga titik akhir yaitu warna larutan berubah dari hijau menjadi merah jambu. Hasil destilasi ini dimasukkan dalam rumus sebagai A ml sedangkan penetapan blanko dikerjakan dimasukkan dalam rumus sebagai A1 ml.

Penetapan N-NH₄ dilakukan dengan menimbang 1 gram kompos halus dan dimasukkan ke dalam labu didih destilator, kemudian ditambahkan sedikit batu didih, 0,5 ml parafin cair dan 100 ml air bebas ion. Blanko adalah 100 ml air bebas ion ditambahkan batu didih dan parafin cair. Penampung destilat disiapkan yaitu 10 ml asam borat 1% dalam erlenmeyer 100 ml yang dibubuhi 3 tetes indikator *conway*.

Larutan didestilasikan dengan menambahkan 10 ml NaOH 40%. Destilasi selesai bila volume cairan dalam erlenmeyer sudah mencapai sekitar 75 ml. Destilat dititrasi dengan larutan baku H_2SO_4 0,05 N, hingga titik akhir warna larutan berubah dari hijau menjadi merah jambu muda. Hasil destilasi ini dimasukkan dalam rumus sebagai B ml dan hasil destilasi larutan blanko sebagai B1 ml.

Penetapan N-NO₃ dilakukan dengan menyiapkan bekas penetapan diatas (N-NH₄) dan dibiarkan dingin. Kemudian ditambahkan air bebas ion (termasuk blanko) hingga volume semula. Menyiapkan penampung destilat yaitu 10 ml asam borat 1% dalam erlenmeter 100 ml yang dibubuhi 3 tetes indikator *Conway*.

Larutan didestilasikan dengan menambahkan 2 gram *Devarda Alloy*. Destilasi dimulai tanpa pemanasan agar buih tidak meluap. Setelah buih hampir habis, pemanasan dimulai dari suhu rendah. Setelah mendidih suhu dinaikkan menjadi normal. Destilasi selesai bila volume cairan dalam erlenmeyer sudah mencapai sekitar 75 ml. Destilat dititrasi dengan larutan baku H₂SO₄ 0,05 N, hingga titik akhir warna larutan berubah dari hijau menjadi merah jambu muda. Hasil destilasi ini dimasukkan dalam rumus sebagai C ml dan hasil destilasi larutan blanko sebagai C1 ml.

Perhitungan N-total dilakukan dengan rumus :

Kadar N organik (%) = $(A \text{ ml} - A1 \text{ ml}) \times 0,05 \times 14 \times 100 / \text{mg contoh} \times \text{fk}$

Kadar N-NH₄ (%) = $(B \text{ ml} - B1 \text{ ml}) \times 0,05 \times 14 \times 100 / \text{mg contoh} \times \text{fk}$

Kadar N-NO₃ (%) = $(C \text{ ml} - C1 \text{ ml}) \times 0,05 \times 14 \times 100 / \text{mg contoh} \times \text{fk}$

Keterangan :

A ml = ml titran untuk contoh (N-organik + N-NH₄)

A1 ml = ml titran untuk blanko (N-organik + N-NH₄)

B ml = ml titran untuk contoh (N-NH₄)

B1 ml = ml titran untuk blanko (N-NH₄)

C ml = ml titran untuk contoh (N-NO₃)

C1 ml = ml titran untuk blanko (N-NO₃)

14 = bobot setara N

Fk = Faktor koreksi kadar air = $100 / (100 - \% \text{ kadar air})$

Kadar N organik (%) = (Kadar N-organi dan N-NH₄) - Kadar N-NH₄

Kadar N- total (%) = Kadar N-organik + N-NH₄ + N-NO₃

Kadar C/ N dihitung dari perbandingan jumlah Karbon/ Nitrogen total dalam kompos.

1.4.7.3 Jumlah Sel Bakteri Per Satu Gram Kompos

Kompos yang sudah jadi diambil satu gram dan dilarutkan dalam 9 ml *Nutrient Broth* kemudian dihomogenkan. Larutan dinkubasi pada suhu ruang selama 24-48 jam. Selanjutnya dilakukan pengenceran 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} dan 10^{-6} . Jumlah total sel bakteri per gram kompos dihitung dengan menggunakan *Colony Counter*.

1.5 Metode Analisis Data

Data pengomposan yang diukur yaitu suhu, kelembaban, pH, jumlah total bakteri pada kompos, kualitas fisik kompos dan kandungan profil kompos. Jumlah total bakteri dihitung berdasarkan jumlah sel bakteri pada kompos 10^6 menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*). Standar kualitas fisik kompos adalah warna kompos hitam, tekstur kompos hancur, bau kompos menyerupai bau tanah, pH netral, suhu stabil. Standar kimia kompos yaitu kadar Nitrogen Total (N-Total), kadar Karbon Organik (C-Organik) dan rasio C/N kompos berdasarkan SNI 19-7030-2004.

| Batas | C Organik (%) | N Total | Rasio C/N | Kadar Air | pH | Suhu |
|-------|---------------|---------|-----------|-----------|------|------------|
| Min | 9,8 | 0,4 | 10 | - | 6,8 | - |
| Max | 32 | - | 20 | 50 | 7,49 | $\pm 7,49$ |

Dalam penelitian ini data suhu, pH, kelembaban, kualitas fisik kompos dan kandungan kimia kompos dianalisis deskriptif. Data jumlah total bakteri pada kompos dianalisis dengan uji t dan dilanjutkan dengan uji ANOVA satu arah menggunakan program *Microsoft Excel 2007*.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Penggunaan starter bakteri dari usus rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen memberikan hasil kompos dengan total bakteri $2,75 \times 10^8$ sel/ g. Profil produk kompos dengan konsentrasi starter 50% dan lama waktu pengomposan 5 minggu memiliki warna hitam, tekstur remah, aroma seperti tanah, rasio C/N 15,11, pH 7,0 dan kelembaban 60,80%.

5.2 Saran

Proses degradasi serasah daun dengan berbagai perlakuan konsentrasi starter bakteri dari Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen dan lama waktu pengomposan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya A. 2014. Karakteristik Fisika-Kimia Pengomposan Limbah Kulit Durian (*Durio ziberthinus* L.) Menggunakan Cairan Rumen Sapi. *Jurnal Probiot.* 3(3) : 75-80
- Ahmad B, Nigar S, Shah SDA, Bashir S, Ali J, Yousaf S, bangash JA. 2013. Isolation and Identification of Cellulose Degrading Bacteria from Municipal Waste and Their Screening for Potential Antimicrobial Activity. *World Applied Science Journal.* 11 (27) : 1420-1427
- Anindyawati T. 2010. Potensi Selulase dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Petanian untuk Pupuk Organik. *Jurnal Berita Selulosa.* 45(2) : 70-77
- Barus Y. 2011. Uji Efektivitas Kompos Jerami dan Pupuk NPK terhadap Hasil Padi. *J.Agrivigor.* 10(3) : 247-253
- Bayer, E.A., E. Morag, R. Lamed. 1994. The Cellulosome- A Treasure-Trove for Biotechnology.*Tibtech.* 12 : 379-386.
- Berlanga M, Paster BJ, Grandcolas P, Guerrero R. 2011. Comparison of the gut microbiota from soldier and worker castes of the termite *Reticulitermes grassei*. *International Microbiology.* 14:83-93
- Budiani A, Putranto RA, Minarsih H, Fitranti N, Santoso D. 2009. Kloning gen penyandi β -1,6-glukanase kapang secara cepat dengan teknik RT-PCR menggunakan primer spesifik. *Menara Perkebunan.* 77 (1) : 45-57
- Chandel, A.K., E.S. Chan., R. Rudravaram, M.L. Narasu, L.V. Rao, and P. Ravindra. 2007. Economics and Environmental impact of Bioetanol Production Technologies: An Appraisal. *Biotechnology and Molecular Biology Review* 2(1), 14-32.
- Dashtban, M., Schraft, H., Qin, W. 2009. Fungal Bioconversion of Lignocellulosic Residue: Opportunities & Perspectives. *Int. J. Biol. Sci.* 578-595.

- Diba F, Khotimah S, Febriyana U. 2012. Isolation and Identification Cellulolytic Bacteria From The Termite *Coptotermes curvignatus* Holmgren and *Macrotermes gilvus* Hagen from Secondary Forest in West Kalimantan Indonesia. *Proceedings of the 9th Pacific Rim Termite Research Group Conference*. 105-111
- Elango, D., Thinakaran, N., Panneerselvam, P., Sivanesan, S. 2009. Thermophilic composting of municipal solid waste. *Applied Energy*. 86 (5): 663-668
- Elving J, Ottosan Jr, Vinnera B, Albihn A. 2009. Growth Potential Of Faecal Bacteria In Simulated Psychrophilic / Mesophilic Zones During Composting Of Organic Waste. *Journal Of Applied Microbiology*. 108:1364-5072
- Espiritu Bm. 2011. Use Compost With Microbial Inoculation In Container Media For Mungbean (*Vigna Radiata* L. Wilkzek) And Pechay (*Brassica Napus* L.). *J.ISSAAS* 17(1):160-168
- Firman, Sahraenni S, Taufik M. 2013. Prototipe Reaktor Biogas Tersirkulasi sebagai Upaya Difersifikasi Energi di Area Peternakan Rakyat Kecamatan Samarinda Seberang. *Simposium Nasional RAPI XII - 2013 FT UMSISSN 1412-9612*
- Gautam SP, Bundela PS, Pandey AK, Jamaluddin, Awasthi MK, Sarsaiya S. 2012. Diversity of Cellulolytic Microbes and the Biodegradation of Municipal Solid Waste by a Potential Strain. *International Journal of Microbiology*. Vol 2012 : 1-12
- Gupta P, Samant T, Sahu A. 2012. Isolation of Cellulose-degrading Bacteria and Determination of Their Cellulolytic Potential. *Int J Microbial* 10(115) : 1-5.
- Guo R, Li G, Jiang T, Schuchardt F, Chen T, Zhao Y, Shen Y. 2012. Effect of Aeration rate, C/N ratio and Moisture Content on The Stability and Maturity of Compost. *Bioresource Technology*. 112: 171-178
- Hasibuan Zh, Sabrina T, Sembiring Mb. 2012. Potensi Bakteri Azotobacter Dan Hijauan Mucuna Bracteata Dalam Meningkatkan Hara Nitrogen Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Agroekoteknologi* . (1) 1 : 237-253
- Haq MRZY, Indrawati, Zein R. 2013. Analisis Warna, Bau, Ph, Fe, Zn Dan N-Organik Pada Kompos Yang Dibuat Dari Tandan Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Aktivator Lumpur Aktif Pt. Bumi Sarimas Indonesia (Cocomas). *Jurnal Kimia Unand*. 2 (2) :36-43

- Hendriks ATWM, G. Zeeman. 2009. Pretreatments to Enhance the Digestibility of Lignocellulose Biomass. *Biores. Technol.* 100: 10-18.
- Hendri J, Yudi V, Iaila A, Burhanudin. 2009. Studi Pengomposan Daun Karet dengan Bantuan Bakteri Penyubur Tanah *Cyannobacter*. *J. Sains MIPA*. 15(1) : 59-65
- Iliyin M, Kesumaningwati R, P. Puspita N. 2012. Laju Dekomposisi Bokashi Eceng Gondok dan Jerami Padi dengan Menggunakan EM4 dan M-BIO terhadap pH, N, P, K dan Rasio C/N Tanah Bervegetasi Alang-Alang. *Media Sains*. 4(2) : 117-122
- Indriani, Y.H. 2003. Membuat Kompos Secara Kilat. PT. Penebar Swadaya. Jakarta
- Ismayana A, Indrasti NS, Maddu A, Fredy A. 2012. Faktor rasio C/N Awal dan Laju Aerasi Pada Proses *Co-Composting Bagasse* dan Blotong. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 22(3) : 173-179
- Irvan, Mhardela P, Trisakti B. 2014. Pengaruh Penambahan Berbagai Aktivator dalam Proses Pengomposan Sekam Padi (*Oryza sativa*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 3 (2) : 5-10
- Jusoh MLC, Manaf LA, Latif PA. 2013. Composting of Rice Straw With Effective Microorganism (EM) and Its Influence n Compost Quality. *Journal of Enviromental Health Science and Engineering* 10 (17) : 1-9
- Kim, J.D., Park, J.S., In, B.H., Kim, D., Namkoong, W. 2008. Evaluation of pilot-scale in-vessel composting for food waste treatment. *JHazard Mater.* Vol 154 (1-3): 272-277
- Kusumaningati MA, Nurhatika S, Muhibuddin A. 2013. Pengaruh onsentration Inokulum bakteri *Zymomonas mobilis* dan Lama Fermentasi pada Produksi Etanol dari Sampah Sayur dan Buah Pasar Wonokromo Surabaya. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2 (2) : hlm 218-223
- Li ZQ, Liu BR, Zeng WH, Xiao WL, Li QJ, Zhong JH. 2013. Character of Cellulase Activity in The Guts of Flagellata-Free termites With Different Feeding Habits. *Jurnal Of Insect Science*. Vol 13 : 1-8

- Mackenzie LM, Muigai AT, Osir EO, Lwande W, Keller M, Toledo G and Boga HI. 2007. Bacterial diversity in the intestinal tract of the fungus-cultivating termite *Macrotermes michaelseni* (Sjöstedt). *African Journal of Biotechnology* 6 (6) : 658-667
- Maki M, Leung KT, Qin W. 2009. The Prospects of Cellulase-Producing bacteria for The Bioconversion of Lignocellulosic Biomass. *International Journal of Biological Sciences*. 5 (5) : 500-516
- Mardhiyansyah M, Widyastuti SM. 2007. Potensi *Trichoderma spp* pada Pengomposan Sampah Organik sebagai Media Tumbuh dalam Mendukung Daya Hidup Semai Tusam (*Pinus merkusii. et de Vries*). *Sagu*. 6(1) : 29-33
- Mokhtari M, Nikaeen M, Amin Mm, Bina B, Hasanzadeh A. 2011. Evaluation Of Stability Parameters In In-Vessel Composting Of Municipal Solid Waste. *J. Environ. Health. Sci. Eng.* 8 (4) : 325-332
- Namasivayam SKR, Bharani RSA. 2012. Effect of Compost Derived From Decomposed fruit Wastes by Effective Microorganism (EM) Technology on Plant Growth Parameters of *Vigna mugo*. *Journal Bioremediation and Biodegradation*. 3 (2) : 1-5
- Ni J, Tokuda G. 2013. Lignocellulose-degrading Enzymes from Termites and Their Symbiotic Microbiota. *Biotechnology Advances* (31) : 838–850
- Nurrahma AHI, Melati M. 2013. Pengaruh Jenis Pupuk dan Dekomposer terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi organik. *Bul. Agrohorti*. 1 (1) : 149-155
- Nurulita U, Budiyo. 2012. Lama Waktu pengomposan Sampah Rumah tangga berdasarkan jenis Mikro Organism Local (MOL) dan teknik pengomposan. *Seminar hasil-hasil penelitian*. ISBN : 978-602-18809-0-6
- Papoola KOK, Opayele AV. 2012. Morphometrics of *Macrotermes bellicosus* (African mound termite) (Blattodea:Termitidae) and the Impact of its Saliva Amylase on the Strength of Termitarium Soil. *New York Science Journal* . 5(12):207-216
- Paramitha P, Shovitri M, Kuswytasari ND. 2012. Biodegradasi Limbah Organik Pasar Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 1: E23-E26

- Palembang JN, Jamilah, Sarifudin.. 2013. Kajian Sifat Kimia Tanah dengan pola pertanaman Padi Semangka di Desa Air hitam Kecamatan Lima puluh kabupaten Batubara. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 1(4) : 1154-1162
- Permentan. 2006. No.2/Pert/HK.060./2/2006 tentang Pupuk Organik Dan Pembenh Tanah
- Permentan. 2011. No 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang standar kompos.
- Pramaswari IAA, Surayasa IWB, Putra AAB. 2011. Kombinasi Bahan Organik (Rasio C:N) Pada Pengolahan Lumpur (*Sludge*) Limbah Pencelupan. *Jurnal Kimia*. 5 (1) : 64-71
- Prins RA, Kreulen DA,1991. Comparative aspects of plant cell wall degradation in insects. *Animal Feed Sci Technol*. 32:101–18.
- Ridwan I, Dariati T, Nurfaida, Cri Wahyuni B Y, Jaya AM, Bahrn AH. 2014. Utilization Of Household Organic Wastes For Composting In Suburb Tamalanrea Jaya City Of Makassar. *Jurnal Pengabdian Sriwijaya*. 189-196
- Rebollidor, Martinez J, Aguilera Y, Melchor K, Koerner I, Steggmann R. 2008. Microbial Populations During Composting Process of Organic Fraction Of Municipal Solid Waste. *Applied Ecology And Environmental Research*. 6(3): 61-67
- Rosiana F, Turmuktini T, Yuwariah Y, Arifin M. 2013. Aplikasi Kombinasi Kompos Jerami, Kompos Azolla Dan Pupuk Hayati Untuk Meningkatkan Jumlah Populasi Bakteri Penambat Nitrogen Dan Produktivitas Tanaman Padi Berrbasis Ipat-Bo. *Agrovigor*. (6) 1 : 16-22
- Saithep N, Dheeranupatana S, Sumrit P, Jeerat S, Boonchalearmkit S, Wongsanoon J, Jatisatiem C. 2009. Composting of Tobacco Plant Waste by manual Turning and Forced Aeration System. *Maejo International Journal of Science and Technology*. 3 (2) : 248-260
- Sharma N, Preeti B, Divyat, Richa K. 2013. Comparative Study Of Potential Cellulolytic And Xylanolytic Bacteria Isolated From Compost And Their Optimization For Industrial Use. *Journal Of Agroalimentary Processes And Technologies*. 19(3): 284-297

- Shelton TG, Grace JK. 2003. Termite Physiology in Relation to Wood Degradation and Termite Control. *American Chemical Society Symposium series* 845: 242-252
- Simanungkalit RDM, Suriadikarta DA, Sarswati R, Setyorini D, Hartatik W. 2009. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2004. SNI Nomor 19-7030-2004 Tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. Bandung : Badan Standarisasi nasional
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2011. SNI Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011. Tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Padat. Bandung : Badan Standarisasi nasional
- Sriwijaya B. 2013. Penggunaan Pupuk Organik hasil pengomposan Limbah Pengolahan Kopi dengan menggunakan probiotik urin Sapi pada Budidaya Tanaman Selada. *Jurnal Agrisains*. 4(6) : 51-70
- Subali B dan Ellianawati. 2010. Pengaruh Waktu Pengomposan Terhadap rasio Unsur C/N dan Jumlah Kadar Air dalam Kompos. Prosiding Pertemuan Ilmiah HFI Jateng DIY. Semarang 110 April 2010 : 49-53
- Subekti N; Nandika D; Duryadi D; Suryokusumo S ; Anwar S. 2008. Sebaran dan Karakter Morfologi Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen di Habitat Hutan Alam. *Jurnal Ilmu dan Teknologi hasil Hutan*. 1 (1) : 27-33
- Subekti N. 2011. Termite and Mulch Mediated Rehabilitation. The 3rd International Symposium of Indonesia Wood Research Society 3 - 4 November 2011 Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta-Indonesia. 282-284
- Subekti N. 2012a. Biodeteriorasi Kayu Pinus (*Pinus merkusii*) oleh Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen (Blattodea : Termitidae). *Bioteknologi* . 9(2):57-65
- Subekti N. 2012b. Kandungan bahan organik dan akumulasi mineral tanah pada bangunan sarang rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen (Blattodea: Termitidae). *Biosaintifika* 4 (1) : 11-17

- Suherman I, Awaludin A, Itnawati. 2014. Analisis Kualitas Kompos dari Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Kotoran Ayam Menggunakan Limbah Cair pabrik Kelapa Sawit dan EM4. *JOM MIPA*. 1(2):195-202
- Sulistiyawati E, Mashita N, Choestin DN. 2008. Pengaruh Agen Dekomposer Terhadap Kualitas Hasil Pengomposan Sampah Organik Rumah Tangga. Makalah dipresentasikan pada Seminar nasional Penelitian Lingkungan di Perguruan Tinggi Universitas Trisakti Jakarta pada 7 Agustus 2008.
- Suwanto A, Agustiyani D. 2011. Pengaruh Pupuk Organik Hayati yang Mengandung Mikroba Bermanfaat Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Panen Tanaman Semangka Serta Sifat Biokimia Tanahnya Pada percobaan di Lapangan di malinau Kalimantan Timur. *Berk. Penel Hayati*. (16) : 203-206
- Stevenson FJ. 1994. Humus Chemistry : Genesis, Composition, Reactions. John Wiley and Sons : Newyork
- Tay BY, Lokesh BE, Lee CY, Sudesh K. 2010. Polyhydroxyalkanoate (PHA) Accumulating Bacteria From The Gut of Higher Termite *Macrotermes carbonarius* (Blattodea : Termitidae). *Journal Microbiology Biotechnology*. (26) : 105-1024
- Undang-Undang (UU) No 18 Tahun 2008. 2008. Tentang Pengelolaan Sampah
- Valsala H, Prakash P, Elavarasi E, Pugazhendi A, Thamaraiselvi K. 2014. Isolation of *Staphylococcus nepalensis* for Degradation of Pyren from Diesel Contaminated Site. *IJCA* : 0975 – 8887
- Volk dan Wheeler. 1988. *Mikrobiologi Dasar*. Markham, penerjemah; Adisoemarto S, editor. Jakarta : Erlangga. Terjemahan dari : *Basic Microbiology*
- Widawati S, Suliasih, Muharram A. 2010. Pengaruh Kompos Yang Diperkaya Bakteri Penambat Nitrogen Dan Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kapri Dan Aktivitas Enzim Fosfatase Dalam Tanah. *J. Hort*. 20(3):207-215
- Widiastuti H, Isroi, Siswanto. 2009. Keefektifan Beberapa Dekomposer Untuk Pengomposan Limbah Sludge Pabrik Kertas Sebagai Bahan Baku Pupuk Organik. *Jurnal Berita Selulosa*. 44 (2) : 99-110.

- Widyastuti S. 2013. Perbandingan Jenis Sampah Terhadap Lama Waktu Pengomposan Dalam Lubang Resapan Biopori. *Jurnal Teknik WAKTU*. 11(1) : 5-14
- Ying GH, Ibrahim MH. 2013. Local Knowledge In Waste Management: A Study Of Takakura Home Method. *Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology*. 2 (3) : 528-533
- Yuniwati M, Iskarima F, Padulemba A. 2012. Optimasi Kondisi Proses Pembuatan Kompos dari Sampah Organik dengan Cara Fermentasi Menggunakan EM4. *Jurnal Teknologi*. 5 (2) : 172-181
- Yunias, Warli L, Marlida Y, Riyanto I. 2013. Potency of Indigenous bacteria from Oil Palm Waste in Degrades Lignocellulose as a Sources of Inoculum fermented to High Fibre Feed. *Pakistan Journal of Nutrition*. 12 (9) : 851-853

LAMPIRAN 1. Sebaran sarang Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen di sekitar kampus UNNES pada bulan Februari Tahun 2014



Gambar 1. Peta lokasi penelitian sarang Rayap *Macrotermes gilvus* Hagen



Gambar 2. Peta sebaran sarang Rayap *Macrotermes gilvus* Hagen di Universitas Negeri Semarang

Lampiran 2. Pengambilan Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen kasta pekerja di sekitar kampus UNNES



Gambar 3. Sarang Rayap *Macrotermes gilvus* Hagen



Gambar 4. Pengambilan Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen kasta pekerja

Lampiran 3. Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen kasta pekerja di sekitar kampus UNNES



Gambar 5. Rayap *Macrotermes gilvus* Hagen Kasta pekerja

Lampiran 4. Pembuatan starter bakteri dari usus Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen



Gambar 6. Biakan Bakteri dari usus Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Hagen



Gambar 7. Larutan molase dan starter bakteri

Lampiran 5. Pembuatan Kompos



Gambar 8. Tempat pengomposan



Gambar 9. Proses pengomposan

Lampiran 5. Pembuatan Kompos



Gambar 10. Perubahan Warna dan Tekstur Kompos

Lampiran 6. Tabel Data Pengamatan

Tabel 1. Jumlah Sel Bakteri pada Lama Pengomposan 1, 2,3 ,4 ,5, 6 dan 7 Minggu

| KONSENTRASI | JUMLAH SEL BAKTERI MINGGU KE (JUTA SEL) | | | | | | |
|-------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0 | 33 | 39 | 62 | 68 | 159 | 75 | 57 |
| 10 | 76 | 54 | 68 | 116 | 170 | 82 | 83 |
| 20 | 85 | 60 | 84 | 125 | 214 | 100 | 96 |
| 30 | 106 | 79 | 111 | 181 | 231 | 119 | 123 |
| 40 | 113 | 98 | 126 | 216 | 245 | 178 | 174 |
| 50 | 138 | 112 | 240 | 258 | 275 | 212 | 206 |

Tabel 2. Perubahan Warna Kompos pada Minggu Ke-1, 2, 3, 4 dan 5

| KONSENTRASI | PERUBAHAN WARNA KOMPOS MINGGU KE- | | | | |
|-------------|-----------------------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 10 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 20 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 30 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 40 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 50 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 |

Lampiran 6. Tabel Data Pengamatan

Tabel 3. Perubahan Tekstur Kompos pada Minggu Ke-1, 2, 3, 4 dan 5

| KONSENTRASI | PERUBAHAN TEKSTUR KOMPOS MINGGU KE- | | | | |
|-------------|-------------------------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 10 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 20 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 30 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 40 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 50 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 |

Tabel 4. Perubahan Bau Kompos pada Minggu Ke-1,2 , 3, 4 dan 5

| KONSENTRASI | PERUBAHAN BAU KOMPOS MINGGU KE- | | | | |
|-------------|---------------------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 10 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| 20 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| 30 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| 40 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 50 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 |

Lampiran 6. Tabel Data Pengamatan

Tabel 5. Kematangan kompos berdasarkan warna kompos, tekstur kompos dan bau kompos yang dirata-rata

| Konsentrasi starter | Minggu Ke- 1 | Minggu Ke-2 | Minggu Ke-3 | Minggu Ke-4 | Minggu Ke-5 |
|---------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0 | 1 | 2 | 2,7 | 3 | 3,7 |
| 10 | 1 | 2 | 3 | 3,3 | 4 |
| 20 | 1 | 2 | 3 | 3,3 | 4 |
| 30 | 1,7 | 2,3 | 3,3 | 3,7 | 4 |
| 40 | 2 | 3 | 3,3 | 4 | 4 |
| 50 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 |

Tabel 6. Hasil Pengujian Kimia pada Kompos dengan Penambahan Konsentrasi Starter 50% dan Lama Waktu Pengomposan 5 Minggu

| Jenis Kompos | Kadar Air | C-Organik | N Total | C/N Rasio |
|--|-----------|-----------|---------|-----------|
| Kompos umur 5 minggu dengan penambahan starter konsentrasi 50% | 60,80% | 27,41% | 1,81 | 15,11 |

Tabel 7. Standar Kadar Air, C-Organik, N Total dan Rasio C/N pada Kompos Umur 5 Minggu Konsentrasi Starter 50%

| Jenis Kompos | Kadar Air | C-Organik | N Total | C/N Rasio |
|---|-----------|-----------|--------------------------|-----------|
| Standar untuk kompos serasah dengan diperkaya mikroba | 15-25% | Min 15% | Hara Makro NPK min 4% | 15-25% |

Lampiran 7. Analisis Data

1. Hipotesis Penelitian

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$ artinya tidak terdapat perbedaan mean perlakuan-mean perlakuan pada Rancangan Blok Random Lengkap pada penelitian kompos

$H_1: \tau_i \neq 0$ untuk paling sedikit sebuah i artinya terdapat perbedaan mean perlakuan-mean perlakuan pada Rancangan Blok Random Lengkap pada penelitian kompos

2. Taraf signifikan

$$\alpha = 5\% = 0,05$$

3. Statistik Uji

$$F_0 = \frac{RK_P}{RK_S}$$

4. Kriteria Pengujian

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_0 > F_{\alpha}; (a - 1); (a - 1)(b - 1)$$

$$F_0 > F_{0,05}; (6 - 1); (6 - 1)(5 - 1)$$

$$F_0 > F_{0,05}; (5); (5)(4)$$

$$F_0 > F_{0,05}; (5); (20)$$

$$F_0 > 2,711$$

5. Perhitungan Statistik Uji t

Untuk mempermudah perhitungan, data tersebut disusun seperti berikut :

| Minggu | Konsentrasi | | | | | | $y_{.j}$ |
|----------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | |
| 1 | 33 | 76 | 85 | 106 | 113 | 138 | 551 |
| 2 | 39 | 54 | 60 | 79 | 98 | 112 | 442 |
| 3 | 62 | 68 | 84 | 111 | 126 | 240 | 691 |
| 4 | 68 | 116 | 125 | 181 | 216 | 258 | 964 |
| 5 | 159 | 170 | 214 | 231 | 245 | 275 | 1294 |
| $y_{.i}$ | 361 | 484 | 568 | 708 | 798 | 1023 | $y_{..} = 3942$ |
| $\bar{y}_{.i}$ | 72.2 | 96.8 | 113.6 | 141.6 | 159.6 | 204.6 | |
| $y_{.i}^2$ | 25281 | 28900 | 45796 | 53361 | 60025 | 75625 | $\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^5 y_{ij}^2 = 663560$ |

$$JK_T = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^5 y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{6 \times 5} = 663560 - \frac{(3942)^2}{6 \times 5} = 145581,2$$

$$JK_P = \sum_{i=1}^a \frac{y_{.i}^2}{b} - \frac{y_{..}^2}{N}$$

$$= \frac{(361)^2 + (484)^2 + (568)^2 + (708)^2 + (798)^2 + (1023)^2}{5} - \frac{(3942)^2}{30}$$

$$= 56380,8$$

$$JK_B = \sum_{j=1}^b \frac{y_{.j}^2}{a} - \frac{y_{..}^2}{N}$$

$$= \frac{(551)^2 + (442)^2 + (691)^2 + (964)^2 + (1294)^2}{4} - \frac{(3942)^2}{30}$$

$$= 78717,53$$

$$JK_S = JK_T - JK_B - JK_P = 145581,2 - 56380,8 - 78717,53 = 10482,87$$

$$RK_P = \frac{JK_P}{(a-1)} = \frac{56380,8}{6-1} = 11276,16$$

$$RK_S = \frac{JK_S}{(a-1)(b-1)} = \frac{10482,87}{(6-1)(5-1)} = 524,14$$

$$F_0 = \frac{RK_P}{RK_S} = \frac{11276,16}{524,14} = 21,51$$

6. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa $F_0 > F_{tabel}$ yaitu $21,51 > 2,711$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang artinya terdapat perbedaan mean perlakuan-mean perlakuan pada Rancangan Blok Random Lengkap dalam penelitian kompos.

Untuk mengetahui mean perlakuan-mean perlakuan mana yang berbeda, digunakan uji lanjut dengan tabel ANOVA. Berikut adalah tabel ANOVA untuk percobaan di atas.

Tabel ANOVA untuk Penelitian Kompos

| Sumber | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat (JK) | Rata-rata Kuadrat (RK) | F_0 |
|-----------|---------------|---------------------|------------------------|-------|
| Perlakuan | 5 | 56380,8 | 11276,16 | 21,51 |
| Blok | 4 | 78717,53 | | |
| Sesatan | 20 | 10482,87 | 524,14 | |
| Total | 29 | 145581,2 | | |

- 1) Mean perlakuan diurutkan mulai dari yang terkecil menjadi besar sebagai berikut:

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 0.} = 72,2$$

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 10.} = 96,8$$

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 20} = 113,6$$

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 30.} = 141,6$$

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 40.} = 159,6$$

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 50.} = 204,6$$

- 2) Standar error dari sebuah mean perlakuan adalah

$$S_{\bar{y}_i} = \sqrt{\frac{RKS}{b}} = \sqrt{\frac{524,14}{5}} = 10,24$$

- 3) Dari Tabel Uji Rang Berganda Duncan untuk $\alpha = 0,05$ kita peroleh:

$$r_{0,05}(2, (a-1)(b-1)) = r_{0,05}(2, (6-1)(5-1)) = r_{0,05}(2,20) \\ = 2,950$$

$$r_{0,05}(3,20) = 3,097$$

$$r_{0,05}(4,20) = 3,190$$

$$r_{0,05}(5,20) = 3,255$$

$$r_{0,05}(6,20) = 3,303$$

- 4) Dicari nilai-nilai:

$$R_2 = r_{0,05}(2,12) \cdot (S_{\bar{y}_i}) = (2,950)(10,24) = 30,208$$

$$R_3 = r_{0,05}(3,12) \cdot (S_{\bar{y}_i}) = (3,097)(10,24) = 31,713$$

$$R_4 = r_{0,05}(4,12) \cdot (S_{\bar{y}_i}) = (3,190)(10,24) = 32,666$$

$$R_5 = r_{0,05}(5,12) \cdot (S_{\bar{y}_i}) = (3,255)(10,24) = 33,331$$

$$R_6 = r_{0,05}(6,12) \cdot (S_{\bar{y}_i}) = (3,303)(10,24) = 33,823$$

- 5) Membandingkan setiap 2 buah mean perlakuan:

$$\bar{y}_{\text{konsentrasi 50.}} \text{ dengan } \bar{y}_{\text{konsentrasi 40.}} = 204,6 - 159,6 = 45 >$$

$$33,823 (R_6)$$

$$\bar{y}_{\text{konsentrasi 50.}} \text{ dengan } \bar{y}_{\text{konsentrasi 30.}} = 204,6 - 141,6 = 63 >$$

$$33,331 (R_5)$$

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 50.} \text{ dengan } \bar{y}_{konsentrasi\ 20.} = 204,6 - 113,6 = 91 >$$

32,666 (R_4)

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 50.} \text{ dengan } \bar{y}_{konsentrasi\ 10.} = 204,6 - 96,8 = 107,8 >$$

31,713 (R_3)

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 50.} \text{ dengan } \bar{y}_{konsentrasi\ 0.} = 204,6 - 7,80 = 132,4 >$$

30,208 (R_2)

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 40.} \text{ dengan } \bar{y}_{konsentrasi\ 30.} = 159,6 - 141,6 = 18 <$$

33,331 (R_5)

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 40.} \text{ dengan } \bar{y}_{konsentrasi\ 20.} = 159,6 - 113,6 = 46 >$$

32,666 (R_4)

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 40.} \text{ dengan } \bar{y}_{konsentrasi\ 10.} = 159,6 - 96,8 = 62,8 >$$

31,713 (R_3)

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 40.} \text{ dengan } \bar{y}_{konsentrasi\ 0.} = 159,6 - 72,2 = 87,4 >$$

30,208 (R_2)

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 30.} \text{ dengan } \bar{y}_{konsentrasi\ 20.} = 141,6 - 113,6 = 28 <$$

32,666 (R_4)

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 30.} \text{ dengan } \bar{y}_{konsentrasi\ 10.} = 141,6 - 96,8 = 44,8 >$$

31,713 (R_3)

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 30.} \text{ dengan } \bar{y}_{konsentrasi\ 0.} = 141,6 - 72,2 = 69,4 >$$

30,208 (R_2)

$$\bar{y}_{konsentrasi\ 20.} \text{ dengan } \bar{y}_{konsentrasi\ 10.} = 113,6 - 96,8 = 16,8 <$$

31,713 (R_3)

$$\bar{y}_{\text{konsentrasi } 20} \text{ dengan } \bar{y}_{\text{konsentrasi } 0} = 113,6 - 72,2 = 41,4 >$$

30,208 (R_2)

$$\bar{y}_{\text{konsentrasi } 10} \text{ dengan } \bar{y}_{\text{konsentrasi } 0} = 96,8 - 72,2 = 24,6 <$$

30,208 (R_2)

6) Kesimpulan:

Berdasarkan hasil perbandingan diatas, kedua mean berbeda jika selisih 2 buah mean lebih besar dari nilai R_p yang dipasangkan. Jadi kesimpulannya dapat digambarkan sebagai berikut:

50 40 30 20 10 0

Dengan kata lain secara keseluruhan hampir semua konsentrasi berbeda secara signifikan, kecuali beberapa konsentrasi yaitu konsentrasi 40 dengan konsentrasi 30, konsentrasi 30 dengan konsentrasi 20, konsentrasi 20 dengan konsentrasi 10, konsentrasi 10 dengan konsentrasi 0.