

**PEMBUATAN *FLIPCHART* DINAMIKA BAKTERI PELARUT
FOSFAT DALAM PROSES PENGOMPOSAN SAMPAH
COKLAT DAN SAMPAH HIJAU**

ARTIKEL PENELITIAN

OLEH :

**IKA KARTIKA
NIM F05107035**



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI JURUSAN PMIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2015**

**PEMBUATAN *FLIPCHART* DINAMIKA BAKTERI PELARUT
FOSFAT DALAM PROSES PENGOMPOSAN SAMPAH
COKLAT DAN SAMPAH HIJAU**

ARTIKEL PENELITIAN

IKA KARTIKA

NIM F05107035

Disetujui,

Pembimbing I



Dra. Syamswisna, M.Si
NIP. 196509091991022001

Pembimbing II



Laili Fitri Yeni, M.Si
NIP. 197410082005012002

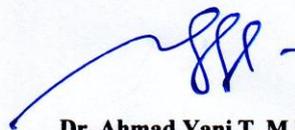
Mengetahui,

Dekan



Dr. Martono, M.Pd
NIP. 196803161994031014

Ketua Jurusan P. MIPA



Dr. Ahmad Yani T, M.Pd
NIP. 196604011991021001

PEMBUATAN *FLIPCHART* DINAMIKA BAKTERI PELARUT FOSFAT DALAM PROSES PENGOMPOSAN SAMPAH COKLAT DAN SAMPAH HIJAU

Ika Kartika, Syamswisna, Laili Fitri Yeni

Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Untan

Email: pandacloud031406@gmail.com

Abstrak: Penelitian dinamika populasi bakteri pelarut fosfat bertujuan untuk mengetahui waktu terbentuknya fosfat dalam proses pengomposan sampah coklat dan sampah hijau. Proses dan hasil pengomposan dijadikan media pembelajaran *flipchart* dan dilakukan uji validasi oleh 5 (lima) orang validator kemudian dianalisis berdasarkan jumlah rata-rata skor seluruh aspek. Bentuk penelitian ini adalah eksperimen dengan pembuatan kompos secara aerobik dan perhitungan bakteri menggunakan metode *plate count*. Hasil penelitian menunjukkan dinamika populasi bakteri mulai terbentuk dihari ke-5 (4.10^2 unit koloni/gram kompos), maksimum dihari ke-19 ($8,5.10^1$ unit koloni/gram kompos), mulai menurun pada hari ke-21 ($7,75.10^1$ unit koloni/gram kompos) dan terus menurun hingga hari ke-41 (9.10^1 unit koloni/gr kompos). Ditemukan 4 isolat bakteri yaitu basil-gram negatif, coccus-gram negatif, basil-gram positif, dan basil-gram negatif. Berdasarkan penilaian dari validator, *flipchart* dari hasil penelitian ini termasuk ke dalam kategori valid (3,5) atau layak digunakan sebagai media pembelajaran pada submateri daur ulang limbah di kelas X SMA.

Kata kunci: Bakteri pelarut fosfat, pengomposan sampah, *flipchart*.

Abstract: Bacterial population dynamics study aims to determine the solvent phosphate formation time in the process of composting bins brown and green waste. Composting process and the results used as a medium of learning flipchart and validation test by 5 (five) people validator then analyzed based on the number average score of all aspects. This research is a form of experimentation with aerobic composting and bacterial count using plate count method. The results showed the dynamics of bacteria begin to form on the day fifth (4.10^2 colony units/gram), the maximum on the day to nineteen ($8,5.10^1$ colony units/gram), began to decline on day twenty-one ($7,75.10^1$ colony units/gram), and continued to decline until the day of the forty-one (9.10^1 colony units/gram). Found four bacterial isolates gram-negative bacilli, gram-negative cocci, gram-positive bacilli, and gram-negative bacilli. Based on the assessment of the validator, flipchart of the results of this study are included in the category of valid or feasible to use as a medium of learning in sub-material recycling of waste in class X SMA.

Keywords: *Bacterial phosphate solvent, waste composting, flipchart.*

Sampah adalah bahan yang terbuang atau dibuang dari hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis. Berdasarkan asalnya, sampah digolongkan menjadi sampah organik (bisa terurai) dan sampah anorganik (tidak bisa terurai) (Ecolink dalam Sirodjuddin, 2008). Sampai saat ini, sampah organik belum dimanfaatkan secara maksimal, sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan.

Menurut Aryani (2008) sampah organik terbagi menjadi 2 jenis, yaitu sampah coklat (serbuk kayu, serutan kayu, sekam) dan sampah hijau (sayuran). Kedua jenis sampah tersebut dapat didaur ulang menjadi kompos dengan perbandingan 1:2. Kompos adalah bahan organik yang mengalami pelapukan karena adanya interaksi antara mikroorganisme (bakteri pembusuk) yang bekerja di dalamnya. Adapun kelangsungan hidup mikroorganisme tersebut didukung oleh keadaan lingkungan yang basah dan lembab (Murbandono, 2006).

Menurut Sofian (2006) agar proses pengomposan bisa cepat, maka dibutuhkan aktivator. Aktivator merupakan bahan yang terdiri dari enzim, asam humat, dan mikroorganisme (kultur bakteri) yang berfungsi untuk mempercepat proses pengomposan. Aktivator yang digunakan adalah aktivator cair (Dectro) yaitu EM4. Dectro berisi mikroorganisme menguntungkan yang diambil dari tanah dan tanaman melalui kultur mikroorganisme dalam biakan cair. Hasil kerja mikroorganisme ini mampu mempercepat proses dekomposisi limbah dan sampah organik, mempercepat pelepasan unsur hara, meningkatkan tersedianya unsur hara bagi tanaman, dan mampu menekan aktivitas mikroorganisme yang merugikan (patogen).

Menurut Nasahi (2010), ketersediaan unsur hara sangat berkaitan dengan aktivitas mikroba yang terlibat di dalamnya, antara lain mikroba penambat nitrogen, jamur mikoriza arbuskula, dan mikroba pelarut fosfat. Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) merupakan kelompok mikroorganisme tanah yang berkemampuan melarutkan fosfor yang terfiksasi di dalam tanah dan mengubahnya menjadi fosfat sehingga dapat diserap oleh tanaman (Nurmayulis, 2005). Fosfat yang terfiksasi dengan unsur lain dapat lebih tersedia bagi tanaman karena mikroorganisme pelarut fosfat mensekresikan asam organik yang dapat mengikat unsur lain tersebut. Oleh sebab itu, mikroorganisme tanah yang dapat melarutkan fosfat memegang peranan dalam memperbaiki tanah yang mengalami defisiensi fosfat (Rao, 1994).

Hasil penelitian yang berjudul "Pengaruh Kompos yang Diperkaya Bakteri Penambat Nitrogen dan Pelarut Fosfat terhadap Pertumbuhan Tanaman Kapri dan Aktivitas Enzim Fosfatase dalam Tanah" yang dilakukan oleh Widawati, Suliasih, dan Muharram (2009) menyatakan bahwa bakteri pelarut fosfat memiliki kemampuan dalam melarutkan unsur P terikat, seperti Ca-fosfat yang berfungsi menyediakan fosfat tersedia untuk tanaman dan mikroba lainnya. Pembentukan fosfat selama proses pengomposan melalui berbagai reaksi kimia dan juga melibatkan beberapa senyawa lain. Pada tahap pertama sebelum mikroorganisme bekerja, enzim dalam sel tumbuhan telah mulai merombak protein menjadi asam amino. Proses selanjutnya, dilakukan oleh beberapa jenis bakteri lain, yaitu bakteri amonifikasi, bakteri nitrifikasi, dan bakteri pengoksidasi sulfur. Hasil

perombakan bakteri pengoksidasi sulfur dimanfaatkan oleh bakteri pelarut fosfat untuk mengubah fosfit (HPO_3^-) menjadi fosfat (HPO_4^-) (Madigan dalam Sunandar, 2008).

Pada tumbuhan, unsur fosfor termasuk ke dalam kelompok unsur makro. Fosfor dibutuhkan untuk berbagai macam reaksi metabolisme. Salah satu peran fosfor adalah merangsang pembentukan dan pertumbuhan akar sehingga tanaman menjadi kokoh, cepat berbunga dan berbuah (Ruskandi, 2006). Selama proses pengubahan fosfit menjadi fosfat, terjadi perubahan populasi bakteri pelarut fosfat. Dinamika populasi bakteri pelarut fosfat akan menunjukkan perubahan jumlah dan kurun waktu yang diperlukan bakteri pelarut fosfat untuk membentuk fosfat. Diketuainya dinamika bakteri pelarut fosfat dapat memberikan informasi kapan terbentuknya fosfat dalam proses pengomposan dan juga memberikan informasi kapan waktu tersedianya fosfat yang baik, yaitu pada titik maksimum munculnya populasi bakteri pelarut fosfat, sehingga bisa dijadikan pupuk fosfat organik. Pemupukan dengan unsur P perlu dilakukan, akan tetapi selama ketersediaan Al, Fe dan Mn tetap tinggi maka pemupukan tersebut kurang bermanfaat. Usaha untuk mengatasinya adalah dengan pemanfaatan bakteri pelarut fosfat (Mujib, 2007).

Pada mata pelajaran Biologi KTSP terdapat submateri tentang daur ulang limbah di kelas X SMA, dimana dalam kegiatan pembelajarannya membuat produk dari bahan limbah. Hasil penelitian ini akan dikemas dalam bentuk media pembelajaran berupa *flipchart* yang isinya mengenai proses pembuatan kompos, isolasi bakteri pelarut fosfat dan dinamika populasinya. Menurut Susilana dan Cepi (2008) *flipchart* adalah lembaran-lembaran kertas menyerupai album atau kalender yang disusun dalam urutan yang diikat pada bagian atasnya. Tujuan digunakannya media *flipchart* agar bisa dengan mudah menjelaskan proses-proses pengomposan serta teknik isolasi dan pewarnaan bakteri yang sangat panjang. Selain itu, siswa juga bisa mengetahui peranan bakteri pelarut fosfat dengan cara melihat dinamika populasinya, dimana hal itu akan berkaitan dengan waktu ketersediaan fosfat organik. Diharapkan siswa dapat dengan mudah dalam memahami materi yang akan diajarkan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan pembuatan kompos secara aerobik dan perhitungan bakteri menggunakan metode *plate count*. Hasil penelitian dinamika populasi bakteri pelarut fosfat dalam proses pengomposan sampah coklat dan sampah hijau kemudian akan dijadikan sebagai media pembelajaran *flipchart* yang layak digunakan dengan menguji kevalidan media tersebut. Analisis data validasi media menggunakan rumusan Khabibah dalam Yamasari (2010).

Penelitian ini terdiri dari 2 tahap. Tahapan pertama berupa penelitian mengenai dinamika populasi bakteri pelarut fosfat dalam proses pengomposan sampah coklat dan sampah hijau. Tahapan kedua yaitu pengembangan dari hasil tahap pertama dengan membuat media *flipchart*.

Dinamika Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dalam Proses Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Oktober 2011 sampai Januari 2012 yaitu selama 16 minggu. Tahapan pertama penelitian mengenai dinamika populasi bakteri pelarut fosfat dalam proses pengomposan sampah coklat dan sampah hijau, sedangkan tahapan kedua merupakan lanjutan dari hasil penelitian tahapan pertama yang dituangkan dalam bentuk media pembelajaran. Bentuk penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Pembuatan kompos dilakukan selama enam minggu. Pengambilan sampel dilakukan pada minggu ke-1, yakni pada hari ke-5. Sampel kedua diambil pada dua hari pertama pada minggu ke-2. Selanjutnya, waktu pengambilan sampel dilakukan tiap dua hari sekali selama 6 minggu. Data pengamatan dibagi menjadi empat bagian, yaitu data perubahan fisik (warna, tekstur, suhu) dan kimia (pH) kompos; morfologi koloni bakteri pelarut fosfat (bentuk, tepian, elevasi, warna, zona jernih); jumlah sel bakteri pelarut fosfat (0-41 hari), dan pewarnaan Gram bakteri pelarut fosfat (warna dan bentuk sel). Analisis jumlah bakteri dilakukan dengan metode *plate count*. Titik maksimum jumlah bakteri pelarut fosfat di estimasi dengan program *Microsoft Excel*.

Pembuatan dan Validasi *Flipchart*

Flipchart ini berisi informasi tentang proses pembuatan kompos dan hasil penelitian berupa dinamika populasi bakteri pelarut fosfat. Untuk mengetahui kelayakan dari media *flipchart* dilakukan validasi. Validator dilakukan oleh 2 orang dosen Pendidikan Biologi FKIP UNTAN serta 3 orang guru mata pelajaran Biologi SMA. Pada lembar validasi media *flipchart*, setiap poin pernyataan dibagi ke dalam kategori berdasarkan skala *likert*, yaitu SB (Sangat Baik) bernilai 4, B (Baik) bernilai 3, KB (Kurang Baik) bernilai 2, dan TB (Tidak Baik) bernilai 1.

Menurut Khabibah (dalam Yamasari, 2010) tahapan yang dilakukan untuk menganalisis data hasil validasi adalah:

- a) Mencari rata-rata per kriteria (K_i) dengan menggunakan rumus:

$$K_i = \frac{\text{Jumlah total penilaian validator kriteria ke-}i}{\text{Jumlah validator}}$$

- b) Mencari rata-rata tiap aspek (A_i) dengan menggunakan rumus:

$$A_i = \frac{\text{Jumlah total rata-rata kriteria aspek ke-}i}{\text{Jumlah kriteria}}$$

- c) Mencari rata-rata total validitas (RTV) ketiga aspek dengan menggunakan rumus:

$$RTV = \frac{\text{Jumlah total rata-rata aspek}}{\text{Jumlah aspek}}$$

- d) Menentukan kategori kevalidan dengan mencocokkan rata-rata total dengan kriteria kevalidan, yaitu :

$$3 \leq RTV \leq 4 \text{ tergolong valid (layak)}$$

$$2 \leq RTV < 3 \text{ tergolong kurang valid}$$

$$1 \leq RTV < 2 \text{ tergolong tidak valid}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Dinamika populasi bakteri pelarut fosfat dalam proses pengomposan sampah coklat dan sampah hijau

Pada penelitian dinamika bakteri pelarut fosfat dalam proses pengomposan sampah coklat dan sampah hijau dilakukan ditemukan 4 isolat bakteri pelarut fosfat yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Isolat Bakteri Pelarut Fosfat yang ditemukan di Proses Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau.

Spesies	Karakteristik				
	Bentuk	Tepian	Elevasi	Warna	Zona Bening
Spesies 1	Bundar	Licin	Datar	Putih susu	Ada
Spesies 2	Bundar	Licin	Timbul	Putih susu	Ada
Spesies 3	Bundar dengan tepian menyebar	Berlekuk	Datar	Putih susu	Ada
Spesies 4	Berbenang-benang	Benang	Datar	Putih bening	Ada

Pada penelitian dinamika bakteri pelarut fosfat dalam proses pengomposan sampah coklat dan sampah hijau dilakukan ditemukan 4 isolat bakteri pelarut fosfat yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2: Bentuk Sel Pada Isolat Bakteri Pelarut Fosfat yang ditemukan di Proses Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau.

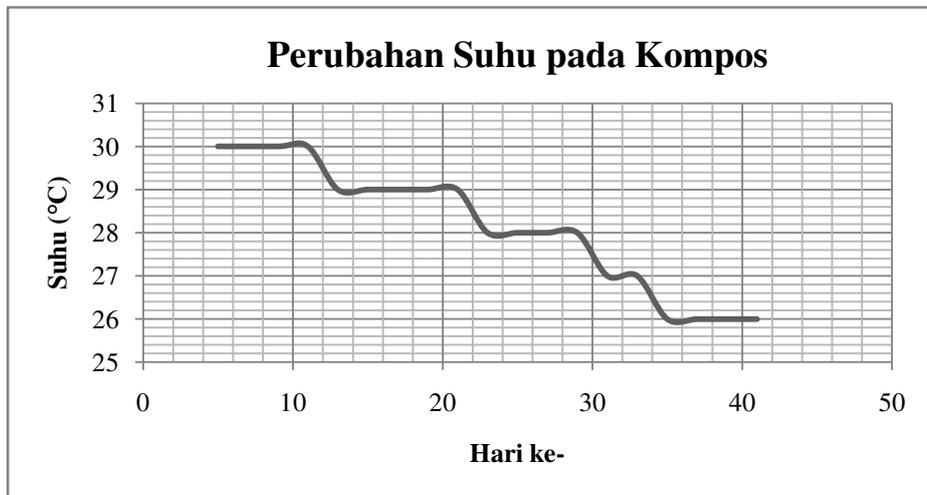
Karakter	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4
Warna	Merah	Merah	Ungu	Merah
Bentuk	Basil	Coccus	Basil	Basil

Perubahan tekstur kompos yang mempengaruhi dinamika populasi bakteri pelarut fosfat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3: Tekstur Kompos Sampah Coklat dan Sampah Hijau.

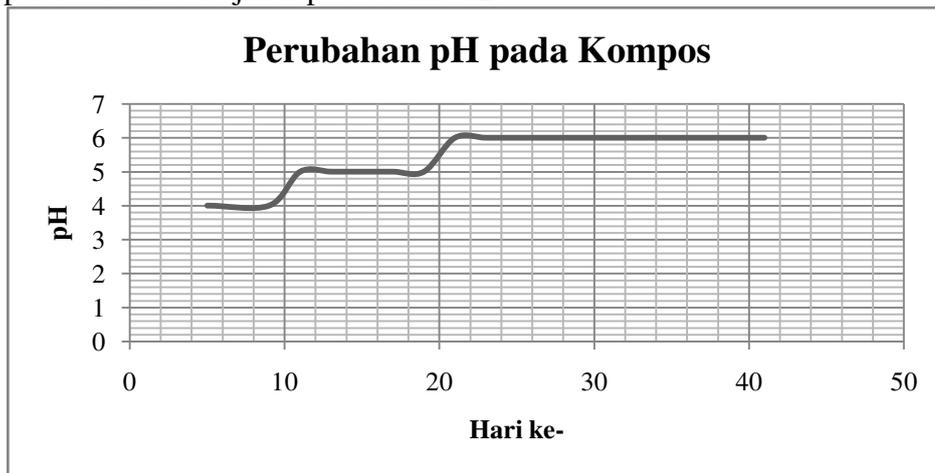
Waktu Pengomposan	Fisik Kompos	
	Warna	Tekstur
0 – 4 hari	Hijau kecoklatan	Masih tampak sampah coklat dan sampah hijau
5 – 9 hari	Hitam	Seperti tanah, tetapi masih tampak sampah coklatnya
10 – 41 hari	Hitam	Seperti tanah, tetapi masih terdapat butiran-butiran sekam

Perubahan suhu kompos yang mempengaruhi dinamika populasi bakteri pelarut fosfat disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1: Perubahan Suhu Kompos Sampah Coklat dan Sampah Hijau

Perubahan kimia kompos yang mempengaruhi dinamika populasi bakteri pelarut fosfat disajikan pada Gambar2.



Gambar 2: Perubahan Suhu Kompos Sampah Coklat dan Sampah Hijau

Pembuatan dan validasi Media *Flipchart*

Hasil penelitian dinamika populasi bakteri pelarut fosfat dalam proses pegomposan sampah coklat dan sampah hijau selanjutnya dibuat media *flipchart* sebagai media pembelajaran pada submateri daur ulang limbah untuk siswa kelas X SMA. *Flipchart* yang dibuat terdiri dari 7 lembar halaman berdasarkan proses pembuatan kompos, isolasi bakteri, dan pewarnaan bakteri. Berikut adalah gambar dari media *flipchart* yang dibuat.



Gambar 3: Tampilan Media *Flipchart* Pengomposan Sampah

Kelayakan *flipchart* sebagai media pembelajaran daur ulang limbah dilihat dari hasil validasi yang dilakukan oleh validator yaitu 2 orang dosen Pendidikan Biologi FKIP UNTAN dan 3 orang guru mata pelajaran biologi SMA di Kota Pontianak yang yaitu SMAN 01 Pontianak dan MAN 02 Pontianak. Data hasil validasi media *flipchart* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4: Data Analisis Validasi Media *Flipchart*.

Aspek	Kriteria	Validator Ke-					Ki	Ai
		1	2	3	4	5		
Format	<i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau bisa dibuat sesuai dengan kebutuhan, baik tampilan, bentuk, maupun isi.	3	4	4	3	4	3.6	3.5
	Keserasian warna, tulisan, dan gambar pada <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau.	4	3	4	2	4	3.4	
	Kesesuaian warna, tampilan gambar, dan tulisan pada <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau.	4	3	4	2	4	3.4	
Isi	Kesesuaian antara submateri daur ulang limbah pada <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau.	4	4	4	4	2	3.6	3.5
	Kejelasan konsep daur ulang limbah yang disampaikan pada <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau.	4	3	4	3	3	3.4	
	Rumusan materi dalam <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau sesuai dengan tujuan dan indikator pembelajaran di silabus mengenai submateri daur ulang limbah.	3	3	4	3	3	3.2	
	Memberikan pesan pembelajaran secara ringkas dan praktis mengenai daur ulang limbah menjadi kompos.	3	4	4	4	2	3.4	
	Penjelasan materi pada <i>Flipchart</i> sudah sistematis dan sesuai dengan hasil penelitian mengenai Pengomposan	4	3	4	4	3	3.6	

	Sampah Coklat dan Sampah Hijau.							
	Kesesuaian gambar dalam <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau dengan konsep daur ulang limbah yang terdapat pada submateri daur ulang limbah.	4	3	4	3	3	3.4	
	Kejelasan gambar dalam menyampaikan konsep daur ulang limbah dalam <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau.	4	3	4	3	3	3.4	
	Penjelasan materi dibantu dengan menggunakan gambar sehingga tampilan media lebih menarik.	3	4	4	3	4	3.6	
	Kebakuan bahasa yang digunakan pada <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau.	4	3	4	3	4	3.6	3.6
Bahasa	Kemudahan dalam memahami bahasa yang digunakan pada <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau.	3	3	4	3	3	3.2	
	Keefektifan kalimat yang digunakan pada <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau.	4	3	4	3	4	3.6	
	Kelengkapan informasi pada <i>Flipchart</i> mengenai Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau yang dibutuhkan siswa.	4	4	4	3	3	3.6	
	Penggunaan kata pada <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau sesuai dengan Ejaan Yang Disempurnakan (EYD).	4	4	4	3	4	3.8	
	<i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau bisa digunakan dalam proses pembelajaran, baik kelompok kecil maupun kelompok besar.	4	4	4	3	4	3.8	3.5
	<i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau mudah dibawa kemana-mana	4	4	4	3	4	3.8	
	<i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau ukurannya cukup besar untuk digunakan dalam pembelajaran di kelas.	4	4	4	2	4	3.6	
	Media <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau tidak memerlukan fasilitas pendukung.	3	3	4	3	4	3.4	
	Biaya pembuatan <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau sesuai dengan manfaat yang diterima yaitu Rp. 95.000,-.	4	3	4	3	2	3.2	
	Waktu pembuatan <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau cukup singkat yaitu 3 hari.	3	4	4	3	3	3.4	

Tenaga pembuatan <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau sedikit yaitu 1 orang.	3	4	4	3	3	3.4
Pembuatan <i>Flipchart</i> Pengomposan Sampah Coklat dan Sampah Hijau tidak rumit karena bisa disesuaikan dengan kebutuhan.	4	4	4	3	3	3.6
<i>RTV_{TK}</i>					3.5	

Keterangan : (Ki) = rata-rata tiap kriteria
 (Ai) = rata-rata tiap aspek
 RTVa_{media} = rata-rata total validasi

Dari hasil analisi validasi diperoleh rata-rata untuk aspek format (3.5), aspek isi (3.5), aspek bahasa (3.6), dan aspek praktis (3.5). Sedangkan rata-rata total validasi media yaitu 3.5, ini menunjukkan bahwa media *flipchart* dari hasil penelitian dinamika populasi bakteri pelarut fosfat pada proses pengomposan sampah coklat dan sampah hijau layak digunakan sebagai media pembelajaran pada submateri daur ulang limbah di kelas X.

Pembahasan

Penelitian ini melihat dinamika populasi bakteri pelarut fosfat yang berperan dalam pengomposan dengan menggunakan sampah coklat dan sampah hijau. Pada hari ke-5 pengomposan sudah terlihat adanya populasi bakteri pelarut fosfat dengan jumlah populasi bakteri sebanyak $4 \cdot 10^2$ unit koloni/g. Dilanjutkan dengan hari ke-13 jumlah bakteri bertambah, namun masih sedikit. Fase tersebut termasuk fase pertumbuhan awal. Menurut Fardiaz (1993) pada fase pertumbuhan awal, sel membelah dengan kecepatan yang masih rendah. Populasi bakteri pelarut fosfat terus mengalami peningkatan pada hari ke-15 hingga ke-19 dengan jumlah maksimum pertumbuhan pada hari ke-19 yaitu $8,5 \cdot 10^3$ unit koloni/g. Peningkatan populasi bakteri ini merupakan fase logaritmik. Fardiaz (1993) berpendapat bahwa pada fase logaritmik sel akan membelah dengan cepat dan konstan yang kecepatan pertumbuhannya sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuh bakteri (pH dan kandungan nutrisi) serta kondisi lingkungan termasuk temperatur dan kelembaban udara. Memasuki periode akhir pengomposan yakni pada hari ke-21 hingga ke-41, populasi bakteri pelarut fosfat cenderung mengalami penurunan hingga $9 \cdot 10^1$ unit koloni/g. Fase ini adalah fase kematian. Sebagian populasi bakteri mulai mengalami kematian dan jumlah sel yang mati semakin lama akan semakin banyak (Fardiaz, 1998). Pada fase ini, sel menjadi mati akibat penumpukan racun dan habisnya nutrisi. Hal ini menyebabkan jumlah sel yang mati lebih banyak sehingga terjadi penurunan jumlah sel secara eksponensial (Rachdie, 2006). Kecepatan kematian dipengaruhi oleh kondisi nutrisi, lingkungan dan jenis jasad renik (Fardiaz, 1993).

Keberadaan bakteri pelarut fosfat pada pengomposan sampah coklat dan sampah hijau digunakan untuk memprediksi rentang waktu adanya bakteri pelarut fosfat, kapan terjadinya jumlah maksimum bakteri pelarut fosfat dan jumlah maksimum bakteri pelarut fosfat. Rentang waktu adanya bakteri pelarut fosfat,

titik maksimum dan kapan terjadinya jumlah maksimum bakteri ini diestimasi dengan program *Microsoft Excel*. Setelah mengalami peningkatan populasi hingga hari ke-19, bakteri pelarut fosfat mengalami penurunan pada hari ke-21 ($7,75 \cdot 10^2$ unit koloni/g) dan terus terjadi hingga hari ke-41 ($9 \cdot 10^1$ unit koloni/g). Penurunan populasi bakteri ini merupakan fase menuju kematian. Hasil estimasi Excel menunjukkan aktivitas bakteri pelarut fosfat dimulai pada hari ke-5 hingga hari ke-41. Titik maksimum bakteri pelarut fosfat berada pada hari ke-19 dengan jumlah bakteri $8,5 \cdot 10^3$ unit koloni/g. Informasi ini dapat digunakan oleh petani sebagai alternatif usaha yang dapat dilakukan untuk mendapatkan kesuburan tanah tanpa harus membakar lahan. Informasi ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan pupuk fosfat organik melalui pengomposan pada sampah coklat dan sampah hijau hanya memerlukan waktu 19 hari (GAMBAR 4.1), sehingga kesuburan tanah diperoleh dalam waktu relatif singkat tanpa merusak lingkungan. Setelah dilakukannya perhitungan, bakteri pelarut fosfat akan diidentifikasi morfologi koloni selnya.

Berdasarkan hasil penelitian mengenai identifikasi koloni sel bakteri pelarut fosfat diperoleh 4 isolat yang berbeda (Tabel 1). Koloni bakteri ditandai dengan terbentuknya zona bening disekitar koloni bakteri. Zona bening tersebut disebabkan bakteri melarutkan kalsium fosfat yang ada pada media pikovskaya. Menurut Nurmayulis (2005) mikroorganisme pelarut fosfat ini dapat berupa bakteri (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Escheria*, *Actinomycetes*). Untuk melihat kelompok bakteri tersebut, maka dilakukanlah pewarnaan Gram pada sel bakteri pelarut fosfat. Pewarnaan Gram bertujuan untuk melihat golongan bakteri berdasarkan dinding selnya. Berdasarkan hasil pewarnaan Gram dan pengamatan mikroskopik, 4 spesies bakteri tersebut termasuk ke dalam kelompok bakteri Gram negatif dan bakteri Gram positif (Tabel 2). Menurut Pelczar dan Chan (2008) bakteri Gram negatif adalah bakteri yang mempunyai dinding sel yang tidak mampu mengikat kuat cat utama kristal violet sehingga dapat terlunturkan oleh larutan alkohol aseton dan terwarnai oleh cat penutup safranin, sedangkan bakteri Gram positif memiliki ciri kebalikan dari Gram negatif. Menurut Todar (2004) anggota dari *Pseudomonas* termasuk ke dalam kelompok Gram negatif dan bakteri aerobik. sedangkan *Bacillus* termasuk ke dalam Gram positif dan bakteri aerobik (Fardiaz, 1993). Berdasarkan pewarnaan Gram, bakteri pelarut fosfat yang ada dalam proses pengomposan ini kemungkinan adalah *Pseudomonas* dan *Bacillus*. Namun, pada penelitian ini hanya mengidentifikasi sel bakteri sampai pengelompokan bakteri Gram positif dan Gram negatif. Untuk kejelasan identifikasi spesies bakteri pelarut fosfat memerlukan tahapan lebih lanjut dan lebih detail yang bisa dilakukan pada penelitian selanjutnya.

Perubahan tekstur dan warna kompos terjadi secara berkala (Tabel 3). Pada hari ke-0 sampai ke-4, tekstur kompos masih utuh yaitu terdiri dari sampah coklat dan sampah hijau dengan warna hijau kecoklatan. Masuk hari ke-5 sampai ke-9 pengomposan, tekstur kompos mulai berubah seperti tanah dan berwarna hitam, tetapi masih tampak sampah coklatnya yang belum secara maksimal terdegradasi. Selanjutnya, pada hari ke-10 tekstur kompos tampak seperti tanah hingga hari terakhir pengomposan (hari ke-41), walaupun sampah coklat berupa sekam masih

ada. Hal ini disebabkan karena sekam lebih sulit dan lama untuk didegradasi dibandingkan dengan sampah coklat lainnya yaitu serbuk kayu dan serutan kayu.

Sampah coklat dan sampah hijau yang berbentuk butiran tanah disebabkan telah terdegradasinya karbon pada sampah organik tersebut. Menurut Sumardi dalam Asngad dan Suparti (2005) jumlah mikroorganisme di dalam EM4 sangat banyak sekitar 80 jenis. Mikroorganisme tersebut dapat bekerja secara efektif dalam menguraikan bahan organik. Berdasarkan kompos hasil penelitian masih menyisakan beberapa sampah coklat yaitu sekam. Hal ini disebabkan karena kandungan lignin dan selulosanya yang lebih banyak sehingga tidak terdekomposisi secara sempurna.

Pada penelitian ini temperatur mengalami fluktuasi dengan kisaran 26°C hingga 30°C (Gambar 1). Temperatur tertinggi yang dicapai dalam penelitian ini adalah 30°C . Pada rentang suhu tersebut menandakan bakteri yang hidup pada kompos adalah bakteri *psikrofil*. Dradjat (2007) berpendapat bahwa perubahan suhu yang terjadi dalam pengomposan disebabkan oleh peran mikroorganisme (EM4). Panas yang ditimbulkan sebagai suatu hasil sampingan proses yang dilakukan oleh mikroba untuk mengurai bahan organik.

Pada penelitian ini proses pengomposan dilakukan secara aerob yang dapat menghasilkan panas yang tinggi. Namun, hasil temperatur paling tinggi yang didapatkan adalah 30°C . Pada temperatur ini bakteri yang hidup bersifat *psikrofil*. Temperatur yang rendah disebabkan oleh rendahnya tumpukan sampah yang dibuat dan penggunaan EM4 yang kurang menimbulkan panas dalam menguraikan bahan organik sehingga proses penguraian berjalan lambat dan suhu optimum tidak tercapai. Selain itu, tingginya kandungan selulosa pada bahan juga menyebabkan hingga hari ke-41 sampah coklat (serutan kayu dan sekam) belum selesai terdekomposisi secara sempurna.

Selama proses pengomposan, pH kompos yang didapatkan dengan kisaran 4-6 (Gambar 2). Pada hari ke-5 sampai ke-9, pH kompos sebesar 4 (asam). Selanjutnya, pada hari ke-11 sampai ke-19 pH kompos naik menjadi 5. Masuk hari ke-19 sampai ke-41 pH kompos menjadi 6. Perubahan pH yang terjadi hampir mendekati netral (pH 7). Menurut Isroi (2007) pH yang mendekati netral menandakan kompos telah matang. Beberapa reaksi pelapukan bahan organik dalam tanah ternyata dapat meningkatkan pH tanah seperti dijelaskan oleh Hue (1992) dalam Nurmayulis (2002). Hue menyatakan bahwa pembentukan ligand antara asam-asam organik seperti asam tartrat dengan gugus hidroksil dari Fe^{2+} dan H^{+} dalam tanah menyebabkan pengikatan Fe^{2+} dan Al^{3+} dan membebaskan OH^{-} sehingga pH meningkat. Peningkatan pH tanah mengakibatkan proses dekomposisi bahan organik dalam tanah berlangsung dengan baik sehingga menghasilkan NH_4^{+} yang kemudian membentuk NH_4OH yang disosiasinya akan menghasilkan NH_4^{+} dan OH^{-} . Selain itu adanya produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan. pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral.

Informasi tentang pengomposan sampah coklat dan sampah hijau dikemas dalam bentuk media *flipchart*. Media *flipchart* ini dapat digunakan pada sub materi daur ulang limbah yang terdapat di kelas X SMA. Penggunaan media *flipchart* adalah untuk mempermudah guru dalam penyampaian materi, karena

guru tidak perlu memikirkan sarana seperti proyektor maupun infokus untuk menyampaikan materi tersebut. Selain itu dengan media ini guru tidak perlu melakukan proses pengomposan karena kegiatan tersebut memerlukan waktu yang cukup lama.

Dapat dilihat dari Tabel 4, bahwa berdasarkan hasil analisis validasi media yang telah diberikan oleh kelima validator, maka diperoleh diperoleh rata-rata total validasi sebesar 3.41. Hal ini menunjukkan kategori valid, yang artinya bahwa media *flipchart* pengomposan sampah coklat dan sampah hijau layak digunakan sebagai media pembelajaran submateri daur ulang limbah di kelas X SMA.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dinamika bakteri pelarut fosfat mulai ada pada hari ke-5 ($4 \cdot 10^2$ unit koloni/gr kompos), maksimum pada hari ke-19 ($8,5 \cdot 10^1$ unit koloni/gr kompos), mulai menurun pada hari ke-21 ($7,75 \cdot 10$ unit koloni/gr kompos) dan terus menurun hingga hari ke-41 ($9 \cdot 10^1$ unit koloni/g kompos). Diperoleh 4 isolat bakteri pelarut fosfat yang berperan dalam proses pengomposan dengan menggunakan sampah coklat dan sampah hijau yang berbentuk basil-gram negatif, coccus-gram negatif, basil-gram positif, dan basil-gram negatif. Proses pengomposan dengan menggunakan sampah coklat dan sampah hijau ditandai dengan perubahan warna menjadi hitam, tekstur seperti tanah, suhu pengomposan hingga 30°C dengan pH 4-6 (mendekati netral). Hasil validasi media *flipchart* menunjukkan bahwa media ini layak digunakan sebagai media pembelajaran submateri daur ulang limbah di kelas X SMA dengan rata-rata total validasi 3,5.

Saran

Untuk membuat kompos, sebaiknya sampah coklat lebih dihaluskan lagi agar proses dekomposisinya lebih maksimal sesuai dengan lamanya pengomposan yang akan dilakukan. Mengenai keefektifan pemanfaatan media *flipchart* mengenai pengomposan sampah coklat dan sampah hijau.

DAFTAR RUJUKAN

- Aminah, Asngad dan Suparti. (2005). **Model Pengembangan Pembuatan Pupuk Organik dengan Inokulan (Studi Kasus Sampah di TPA Mojosongo Surakarta)**. Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi, Vol. 6 No. 2. 2005: 101-103.
- Aryani, Irni. (2008). **Membuat Kompos dengan Metode Karung**. (online). (<http://irniaryani.wordpress.com/2008/10/15/membuat-kompos-dengan-metode-karung/>.html, diakses tanggal 12 April 2011).
- Fardiaz S. 1993. **Analisa Mikrobiologi Pangan**. PT Rajagrafindo Persada: Jakarta.
- Madigan M. (2006). **Biology of Microorganisms**. Pearson Education International.

- Mujib, Dewi Setyati, Sattya Arimurti. (2007). **Efektifitas Bakteri Pelarut Fosfat dan Pupuk P terhadap Prtumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays L*) pada Tanah Masam.** (online). (<http://www.pustaka-deptan.go.id/publication/bt071027.pdf>. html, diakses tanggal 25 April 2011).
- Murbandono HS. (2006). **Membuat Kompos.** Jakarta : Penebar Swadaya.
- Nasahi, Ceppy. (2010). **Peran Mikroba dalam Pertanian Organik.** Skripsi. Bandung : Jurusan Hama dan Penyakit Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran.
- Nurmayulis. (2005). **Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum L*) yang Diberi Pupuk Organik Difermentasi, *Azospirillum sp* dan Pupuk Nitrogen di Pangalengan dan Cisarua.**
- Pelczar, Michael J dan E.C.S. Chan. (2008). **Dasar-Dasar Mikrobiologi Jilid 1.** Jakarta : UI Press
- Rao, Subba, N.S. (1994). **Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman.** UI Press : Jakarta.
- Ruskandi. (2006). **Teknik Pembuatan Kompos Limbah Kebun Petanian Kelapa Polikultur.**
- Sirodjuddin, Ardan. (2008). **Definisi Sampah.** (online). (<http://ardansirodjuddin.wordpress.com/2008/08/05/pemanfaatan-sampah>. html, diakses tanggal 20 April 2011).
- Sofian. (2006). **Sukses Membuat Kompos dari Sampah.** Jakarta : AgroMedia Pustaka.
- Sunandar, Ari. (2008). **Dinamika Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dalam Proses Pengomposan (sebagai Pengayaan pada pembelajaran Daur Fosfor di Kelas X SMA).** Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tanjungpura Pontianak.
- Susilana, Rudi dan Cipi Riyana. (2008). **Media Pembelajaran.** Bandung : CV Wacana Prima.
- Todar K. (2004). **Pseudomonas and Related Bacteria.** University of Wisconsin-Madison Department of Bacteriology. (online). (<http://www.textbookofbacteriology.net/Pseudomonas.etc.html>, diakses 28 November 2011).
- Widawati, Suliasih, dan Muharram A. (2010). **Pengaruh Kompos yang Diperkaya Bakteri Penambat Nitrogen dan Pelarut Fosfat terhadap Pertumbuhan Tanaman Kapri dan Aktivitas Enzim Fosfatase dalam Tanah.** Jurnal Hort. 20(3):207-215. Bogor : Pusat Penelitian Biologi – LIPI.
- Yamasari, Yuni. (2010). **Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis ICT yang Berkualitas.** Jurusan Matematika FMIPA Unesa.