



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DAN TEPUNG  
PAKAN AYAM DARI LIMBAH TEMPE MENGGUNAKAN  
BIOAKTIVATOR EM4**

**SKRIPSI**

**DAVID ADIPRAKOSO**

**0806460446**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI BIOPROSES**

**DEPOK**

**JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DAN TEPUNG  
PAKAN AYAM DARI LIMBAH TEMPE MENGGUNAKAN  
BIOAKTIVATOR EM4**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
program studi Teknologi Bioproses, Departemen Teknik Kimia**

**DAVID ADIPRAKOSO**

**0806460446**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI BIOPROSES**

**DEPOK**


**JUNI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : DAVID ADIPRAKOSO

NPM : 0806460446

Tanda Tangan : 

Tanggal : 12 Juni 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : David Adiprakoso  
NPM : 0806460446  
Program Studi : Teknologi Bioproses  
Judul Skripsi : Pembuatan Pupuk Organik Cair dan Tepung Pakan Ayam dari  
Limbah Tempe Menggunakan Bioaktivator EM4

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknologi Bioproses, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### Dewan Penguji

Pembimbing : Ir. Rita Arbianti, M.Si. (  )  
Penguji : Dr. Ing. Misri Gozan, M.Si. (  )  
Penguji : Dr. Tania Surya Utami, S.T., M.T. (  )  
Penguji : Dr. Ing. Doni Adinata, S.T. (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 26 Juni 2012



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Berkat kasih karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan makalah skripsi dengan judul “**Pembuatan Pupuk Organik Cair Dan Tepung Pakan Ayam Dari Limbah Tempe Menggunakan Bioaktivator EM4**” untuk memenuhi tugas mata kuliah skripsi, salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwatapa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan seminar ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan seminar ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang kepada:

- (1) Ir. Rita Arbianti, M.Si., selaku dosen pembimbing dan dosen pembimbing akademik yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan seminar ini serta membantu akademik perkuliahan selama ini;
- (2) Ir. Yuliusman, M. Eng., selaku kordinator seminar Teknik Kimia FTUI;
- (3) Para dosen Departemen Teknik Kimia FTUI yang telah memberikan ilmu dan wawasannya;
- (4) Orangtuadan Putri Novianty yang selalu memberi dukungan dan semangat selama mengerjakan seminar ini dirumah;
- (5) Rekan satu bimbingan: Ira Trisnawati, Ester Kristin, Khairul Hadi, Aziz Priambodo, dan Hari Sutiosoyang sudah membantu dalam pencarian sumber dan saling bertukar wawasan serta informasi yang ada;
- (6) Semua teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu demi satu, yang selalu memberikan informasi dan bantuan semangat;
- (7) Semua pihak yang telah membantu penyusunan makalah seminar ini secara langsung maupun tidak langsung;

Penulis menyadari bahwa dalam makalah skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat menyempurnakan skripsi ini dan melaksanakan perbaikan di masa yang akan datang. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan bagi dunia pendidikan dan ilmu pengetahuan.

Depok, 12 Juni 2012



David Adiprakoso



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : David Adiprakoso  
NPM : 0806460446  
Program Studi : Teknologi Bioproses  
Departemen : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi perkembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

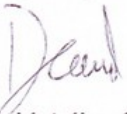
**Pembuatan Pupuk Organik Cair Dan Tepung Pakan Ayam Dari Limbah Tempe Menggunakan Bioaktivator EM4**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 12 Juni 2012

Yang menyatakan

  
( David Adiprakoso )

## ABSTRAK

Nama : David Adiprakoso  
Program Studi : Teknologi Bioproses  
Judul : Pembuatan Pupuk Organik Cair Dan Tepung Pakan Ayam Dari Limbah Tempe Menggunakan Bioaktivator EM4

Tujuan penelitian ini untuk menghasilkan pupuk organik cair dan tepung pakan ayam dari pengolahan limbah pembuatan tempe. Pembuatan pupuk cair dari limbah hasil perebusan kedelai menggunakan bioaktivator *EM4 untuk tanaman* sedangkan untuk pembuatan pakan ayam menggunakan bioaktivator *EM4 untuk peternakan* sebagai sumber mikroba fermentasi. Pada penelitian ini akan dilakukan optimasi dengan memvariasikan perbandingan konsentrasi bioaktivator, serta lama fermentasi untuk mencari kandungan karbon organik pada pupuk cair dan protein pada pakan ayam yang memenuhi standard. Parameter lain dalam standard kemudian juga diuji pada produk akhir hasil optimasi. Pada pembuatan pupuk didapat nilai paling optimum dan telah memenuhi persyaratan teknis minimal pupuk organik cair adalah pada pemberian EM4 sebanyak 20 % dari total campuran dan waktu fermentasi 5 hari. Pada pembuatan pakan, kandungan protein optimum didapat dari fermentasi menggunakan EM4 sebesar 10 % dari larutan dengan lama fermentasi 14 hari. Campuran limbah padat terfermentasi dengan voer 511 mampu memenuhi syarat minimum protein dengan waktu fermentasi 7 hari.

*Kata kunci: Limbah Tempe, EM<sub>4</sub>, Pupuk Organik Cair, Pakan Ayam*

## ABSTRACT

Name : David Adiprakoso

Study Program : Bioprocess Technology

Title : Making of Liquid Organic Fertilizer and Chicken Feed Powder from Tempeh Waste Using EM4 Bioactivator

The purpose of this study is to produce liquid organic fertilizer and chicken feed wheat from tempe manufacture waste. Liquid fertilizer was made from soybeans-boiling water using EM4 bioactivator for plants and the chicken feed was made using EM4 bioactivator for livestock as a source of microbial fermentation. In this study, optimization performed by varying the bioactivator concentration ratio and the length of fermentation duration to find the organic carbon content in liquid fertilizers and protein in chicken feed that meets the standard. Other parameters in the standar also tested in the final product optimization results. In the manufacture of fertilizers obtained the optimum value and has met the minimum technical requirements of liquid organic fertilizer is the provision of EM4 as much as 20% of the total mixture and 5 days of fermentation. In the manufacture of feed, the optimum protein content obtained from the fermentation using EM4 of 10% of the solution with 14 days of fermentation. Mixture of solid waste fermented with a 511 voer was able to meet the minimum requirement of protein with 7 days of fermentation.

*Keyword: Tempe waste, EM4, fermentation, liquid organic fertilizer, chicken feed*

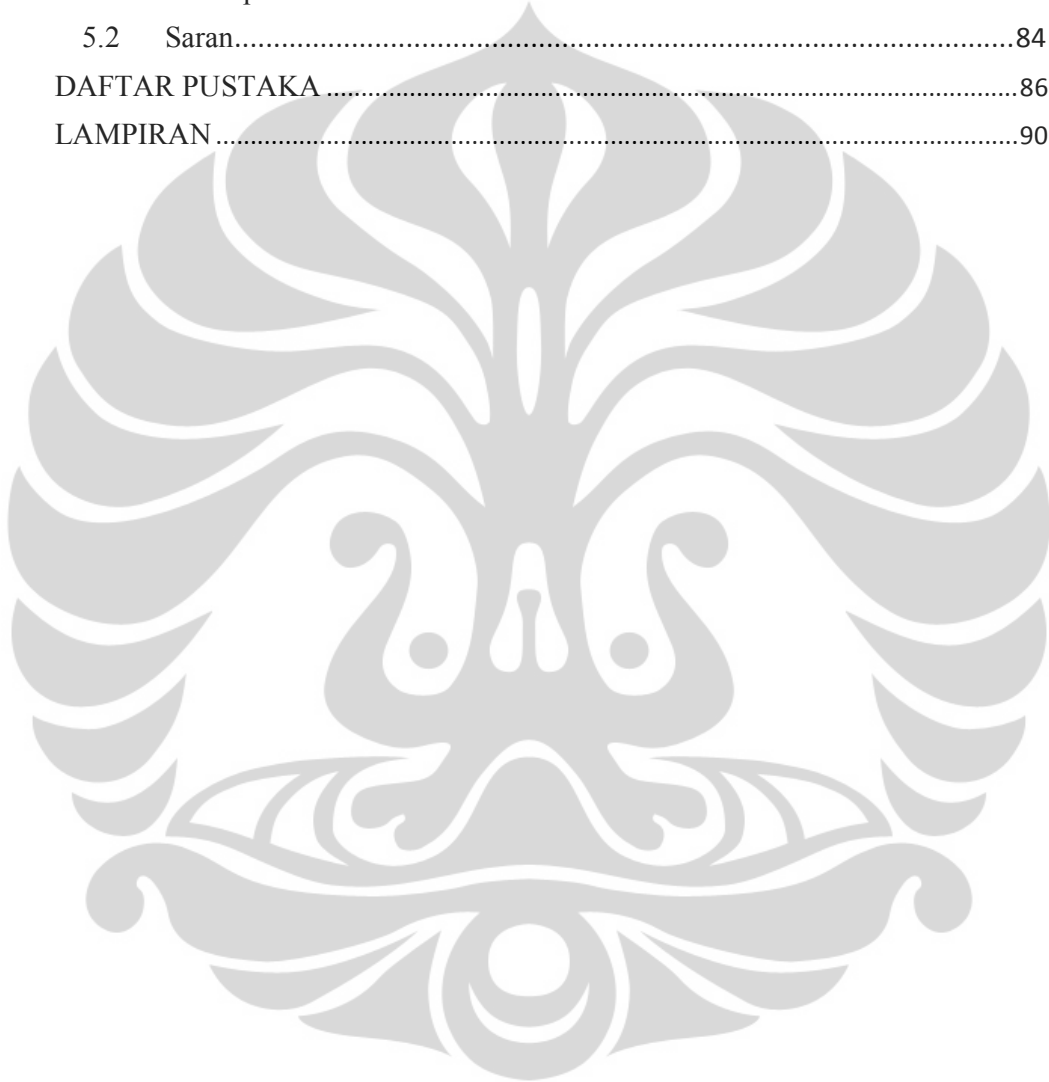
## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Tempe.....	6
2.1.1 Bahan Baku Pembuatan Tempe.....	6
2.1.2 Alat-alat dalam Proses Pembuatan Tempe.....	6
2.1.3 Proses Pembuatan Tempe.....	7
2.2 Limbah .....	7
2.2.1 Limbah Cair.....	8
2.2.2 Karakteristik limbah cair industri .....	9
2.2.3 Konsep Pengelolaan Limbah.....	11
2.2.4 Limbah Industri Tempe.....	12
2.2.5 Baku Mutu Limbah Tempe .....	13
2.3 Pupuk Organik .....	14
2.3.1 Pupuk Organik Cair .....	14
2.3.2 Penguraian Bahan Organik.....	22
2.4 Bioaktivator .....	24
2.4.1 Effective Microorganism 4 (EM4) .....	25

2.5	Tepung Pakan Ternak .....	26
2.7.	State of The Art .....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		36
3.1	Rancangan Penelitian .....	36
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian .....	38
3.3	Sampel Penelitian .....	38
3.4	Variabel Penelitian.....	38
3.4.1	Variabel Bebas.....	38
3.4.2	Variabel Terikat.....	38
3.4.3	Variabel Kontrol .....	38
3.5	Pelaksanaan Penelitian .....	38
3.5.1	Optimasi Pupuk Organik Cair dari Limbah Tempe.....	38
3.5.2	Optimasi Tepung Pakan Ayam Ras Petelur dari Limbah Tempe .....	39
3.6	Metode Analisis .....	40
3.6.1	Analisis Kandungan Pupuk Organik Cair.....	40
3.6.2	Analisis Kandungan Tepung Pakan Ayam Ras Petelur .....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		59
4.1	Uji Kandungan Pupuk Organik Cair.....	59
4.1.1	Pengukuran Kandungan C-organik.....	60
4.1.2	Pengukuran pH .....	66
4.1.3	Pengukuran kandungan $P_2O_5$ Total.....	67
4.1.4	Pengukuran kandungan $K_2O$ total .....	68
4.1.5	Pengukuran kandungan logam berat.....	68
4.1.6	Pengukuran kadar unsur mikro.....	68
4.1.7	Perbandingan pengukuran dengan syarat teknis pupuk cair .....	69
4.2	Uji kandungan pakan ayam .....	70
4.2.1	Pengukuran kandungan protein .....	70
4.2.2	Pengukuran kadar air .....	74
4.2.3	Pengukuran kandungan lemak kasar.....	75
4.2.4	Pengukuran kadar abu.....	75
4.2.5	Pengukuran kadar serat kasar .....	76
4.2.6	Pengukuran kandungan kalsium.....	76
4.2.7	Pengukuran kandungan fosfor .....	77
4.2.7	Pengukuran energi termetabolis .....	77

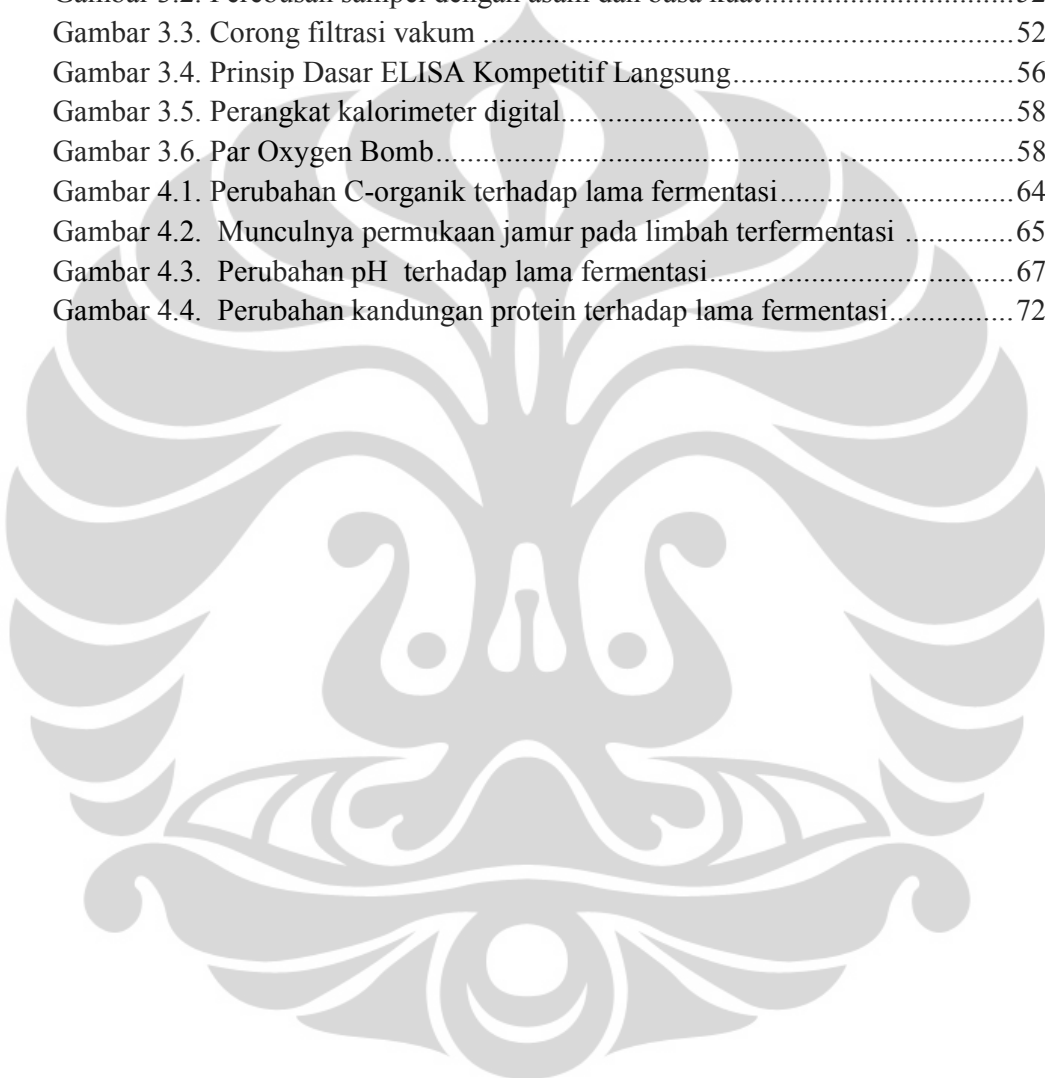


4.2.8	Uji aflatoksin .....	78
4.2.9	Perbandingan nilai pengukuran dengan standard pakan ayam.....	79
4.3	Tinjauan Ekonomi Pupuk Organik Cair dan Pakan Ayam dari Hasil Pengolahan Limbah Tempe .....	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		83
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA .....		86
LAMPIRAN .....		90



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hierarki Program Pencegahan Pencemaran .....	11
Gambar 2.2. Limbah Cair Industri Tempe .....	13
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian .....	37
Gambar 3.2. Perebusan sampel dengan asam dan basa kuat.....	52
Gambar 3.3. Corong filtrasi vakum .....	52
Gambar 3.4. Prinsip Dasar ELISA Kompetitif Langsung.....	56
Gambar 3.5. Perangkat kalorimeter digital.....	58
Gambar 3.6. Par Oxygen Bomb.....	58
Gambar 4.1. Perubahan C-organik terhadap lama fermentasi.....	64
Gambar 4.2. Munculnya permukaan jamur pada limbah terfermentasi .....	65
Gambar 4.3. Perubahan pH terhadap lama fermentasi.....	67
Gambar 4.4. Perubahan kandungan protein terhadap lama fermentasi.....	72



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu dan Tempe.....	13
Tabel 2.2. Baku Mutu Limbah Cair di Wilayah DKI Jakarta.....	14
Tabel 2.3. Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik .....	15
Tabel 2.4. Kandungan Hara Makro Beberapa Jenis Kotoran Padat dan Cair .....	21
Tabel 2.5. Hasil penguraian bahan organik .....	24
Tabel 2.6. Standar Mutu Pakan Ayam Ras Petelur.....	29
Tabel 2.7. Penelitian seputar pembuatan pupuk organik cair dan pakan ayam dengan metode fermentasi.....	30
Tabel 4.1. Kandungan C-organik pada perlakuan tanpa aerasi .....	60
Tabel 4.2. Kandungan C-organik pada fermentasi dengan aerasi .....	60
Tabel 4.3. Kandungan C-organik pada hari ke-0.....	62
Tabel 4.4. Kandungan C-organik pada hari ke-3.....	63
Tabel 4.5. Kandungan C-organik pada hari ke-4.....	63
Tabel 4.6. Kandungan C-organik pada hari ke-5.....	64
Tabel 4.7. Pengukuran pH fermentasi limbah tempe.....	66
Tabel 4.8. Kandungan Unsur Logam Berat.....	68
Tabel 4.9. Kadar Unsur Mikro.....	69
Tabel 4.10. Perbandingan nilai persyaratan dengan pengukuran .....	70
Tabel 4.11. Kandungan protein pada hari ke-7.....	71
Tabel 4.12. Kandungan protein pada hari ke-10.....	71
Tabel 4.13. Kandungan protein pada hari ke-14.....	72
Tabel 4.14. Kandungan protein limbah tempe terfermentasi dengan penambahan pakan ayam 511 .....	73
Tabel 4.15. Kadar air pakan.....	74
Tabel 4.16. Kandungan aflatoksin pada limbah padat tempe terfermentasi .....	79
Tabel 4.17. Perbandingan nilai parameter pengukuran dengan standard pakan ...	79
Tabel 4.18. Perkiraan biaya pembuatan pupuk organik cair .....	81
Tabel 4.19. Perkiraan biaya pembuatan pakan ayam.....	82

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tempe adalah makanan khas asli Indonesia dari bahan dasar kedelai. Menurut Sri Utami, konsumsi kedelai di Indonesia pada tahun 1995 telah mencapai 2.287.317 ton (Said dan Wahjono, 1999). Menurut Badan Pusat Statistik pada tahun 2002, konsumsi kedelai untuk tahu dan tempe pada tahun itu mencapai 1,776 juta ton, atau 88 % dari total kebutuhan dalam negeri digunakan sebagai bahan baku olahan tahu dan tempe (Simatupang dkk., 2005). Tempe merupakan sumber protein yang penting bagi masyarakat Indonesia. Menurut Soejadi pada tahun 1993, studi pola konsumsi pangan tahun 1993 menunjukkan bahwa tempe dan tahu dikonsumsi minimal 3 (tiga) kali atau lebih dalam satu minggu oleh masyarakat (Haliza dkk., 2007).

Tempe umumnya diproduksi oleh industri kecil dan rumah tangga baik formal maupun non formal. Menurut Sutrisno pada tahun 1996, diperkirakan ada sekitar 93.000 perajin tempe di Indonesia. Industri tempe dan tahu dalam skala rumah tangga atau skala kecil biasanya memiliki modal yang tidak besar, sehingga masih banyak keterbatasan dalam menjalankan industri tersebut, diantaranya adalah penanganan limbah (Haliza dkk., 2007).

Limbah tempe adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tempe maupun pada saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Limbah padat belum dirasakan dampaknya terhadap lingkungan karena dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak, tetapi limbah cair akan mengakibatkan bau busuk dan bila dibuang langsung ke sungai akan menyebabkan tercemarnya sungai tersebut. Setiap kuintal kedelai akan menghasilkan 1,5 - 2 m<sup>3</sup> air limbah (Nurhasan dan Pramudyanto, 1991).

Limbah industri tempe dapat menimbulkan pencemaran yang cukup berat karena mengandung polutan organik yang cukup tinggi. Dari beberapa hasil penelitian, konsentrasi COD (Chemical Oxygen Demand) di dalam air limbah industri tahu-tempe cukup tinggi yakni berkisar antara 7.000 - 10.000 ppm, serta

mempunyai keasaman yang rendah yakni pH 4-5. Dengan kondisi seperti tersebut di atas, air limbah industri tahu-tempe merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang sangat potensial (Said dan Wahjono, 1999). Berdasarkan data diatas, maka diperlukan penanganan terhadap limbah tersebut agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Secara umum, penanganan terhadap limbah dapat dilakukan dengan cara pengurangan sumber (*source reduction*), penggunaan kembali (*reuse*), daur ulang (*recycling*), pengolahan (*treatment*) dan pembuangan.

Pengelolaan limbah tempe dengan cara pengurangan sumber, pengolahan dan pembuangan hanya berguna untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Sedangkan dengan daur ulang (*recycling*), limbah tempe tersebut dapat memiliki nilai tambah. Nilai tambah yang diberikan dari usaha daur ulang (*recycling*) tersebut lebih besar daripada hanya dilakukan *treatment* pada limbah agar dapat layak untuk dibuang.

Beberapa contoh cara daur ulang limbah tempe antara lain dengan mengubah limbah cairnya menjadi biogas, sumber energi, dan pupuk organik cair. Sedangkan limbah padat industri tempe dapat diubah menjadi tempe gembus dan tepung makanan ternak.

Daur ulang limbah tempe menjadi biogas telah banyak dilakukan. Daur ulang dengan cara ini memang dapat memberikan nilai tambah bagi limbah tempe tersebut, tetapi penggunaan biogas dari limbah tempe menghasilkan masalah lain yaitu polusi udara. Lalu daur ulang limbah tempe menjadi sumber energi, hal ini juga dapat memberikan keuntungan bagi banyak pihak, akan tetapi untuk mengelola limbah tahu dan tempe menjadi sumber energi membutuhkan teknologi dan keahlian tinggi untuk penggunaannya dalam skala besar (*scale up*). Sedangkan daur ulang limbah tempe menjadi pupuk organik cair dan tepung makanan ternak hanya memerlukan teknologi yang sederhana, dapat dilakukan oleh masyarakat umum tanpa memerlukan keahlian khusus, serta tidak menimbulkan masalah baru. Dengan mendaur ulang limbah tahu tempe menjadi pupuk organik cair dan pakan ternak, maka petani dan peternak dapat terbantu dengan dihasilkannya pupuk organik cair dan tepung makanan ternak yang berkualitas dengan harga yang terjangkau.

Sehubungan dengan manfaatnya dalam pembuatan pupuk organik cair, limbah cair tempe berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi bakteri-bakteri yang nantinya akan berperan dalam menyuburkan tanah dan tanaman. Nutrisi yang terdapat dalam limbah cair tempe antara lain karbohidrat, protein, dan lemak. Dengan adanya kandungan nutrisi tersebut yang cukup tinggi maka limbah ini dapat mampu menyediakan lingkungan yang cocok bagi bakteri untuk tetap tumbuh dan berkembang.

Limbah tempe dapat ditingkatkan kualitasnya melalui fermentasi. Fermentasi dengan menggunakan mikroba seperti *Aspergillus niger*, *Rhizopus sp.*, *Trichoderma sp* dan lain - lain sudah banyak dieksploitasi dan sudah diketahui pula bahwa melalui proses ini, kandungan protein pada limbah pertanian akan meningkat (Rokhmani, 2009). Hasil penelitian menyatakan bahwa fermentasi pada tepung limbah tempe dengan menggunakan *Aspergillus niger* dan *Lactobacillus sp* ( $10^6$  -  $10^8$ /cc) masing - masing sebanyak 0,5 % dan 3 % terbukti dapat meningkatkan protein kasar yang semula hanya 12 % menjadi 15 %, menurunkan kadar serat kasar dari 44 % menjadi 40 % sedangkan kadar abu tetap pada kisaran 3 % (Hidanah, 2009).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah limbah dari produksi tempe baik yang cair maupun padat bisa dimanfaatkan menjadi bahan pembuat pupuk organik cair dan pakan ayam dengan menguji kandungan yang terdapat di dalamnya mengacu dari standar teknis yang ditetapkan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka masalah-masalah yang ada dalam penelitian ini antara lain:

- Berapa konsentrasi pemberian EM4 dan lamanya waktu fermentasi yang paling memberi kandungan C-organik optimum pada pembuatan pupuk organik cair dengan bahan baku limbah cair tempe?
- Berapa konsentrasi pemberian EM4 dan lamanya waktu fermentasi yang paling memberi kandungan protein optimum pada pembuatan pakan ayam dengan bahan baku limbah padat?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi dan waktu fermentasi yang optimal dalam pembuatan pupuk organik cair dan tepung makanan ternak dari bahan baku limbah industri tempe sehingga dapat diperoleh pakan ayam serta pupuk organik cair yang memenuhi standar dengan menguji parameter-parameter yang terdapat dalam standar tersebut.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

- Menambah nilai guna bagi limbah tempe.
- Pemanfaatan limbah menjadi produk yang berguna dapat menjadi sumber lapangan kerja baru bagi masyarakat.
- Memberikan alternatif baru bagi masyarakat untuk memperoleh pupuk organik cair dan juga pakan ternak yang biayanya lebih murah.
- Mengurangi dampak negatif limbah tempe bagi lingkungan sekitar industri tempe.
- Memberikan inovasi produk baru pada industri pembuatan tempe.
- Hasil penelitian ini diharapkan menjadi suatu referensi ilmiah dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

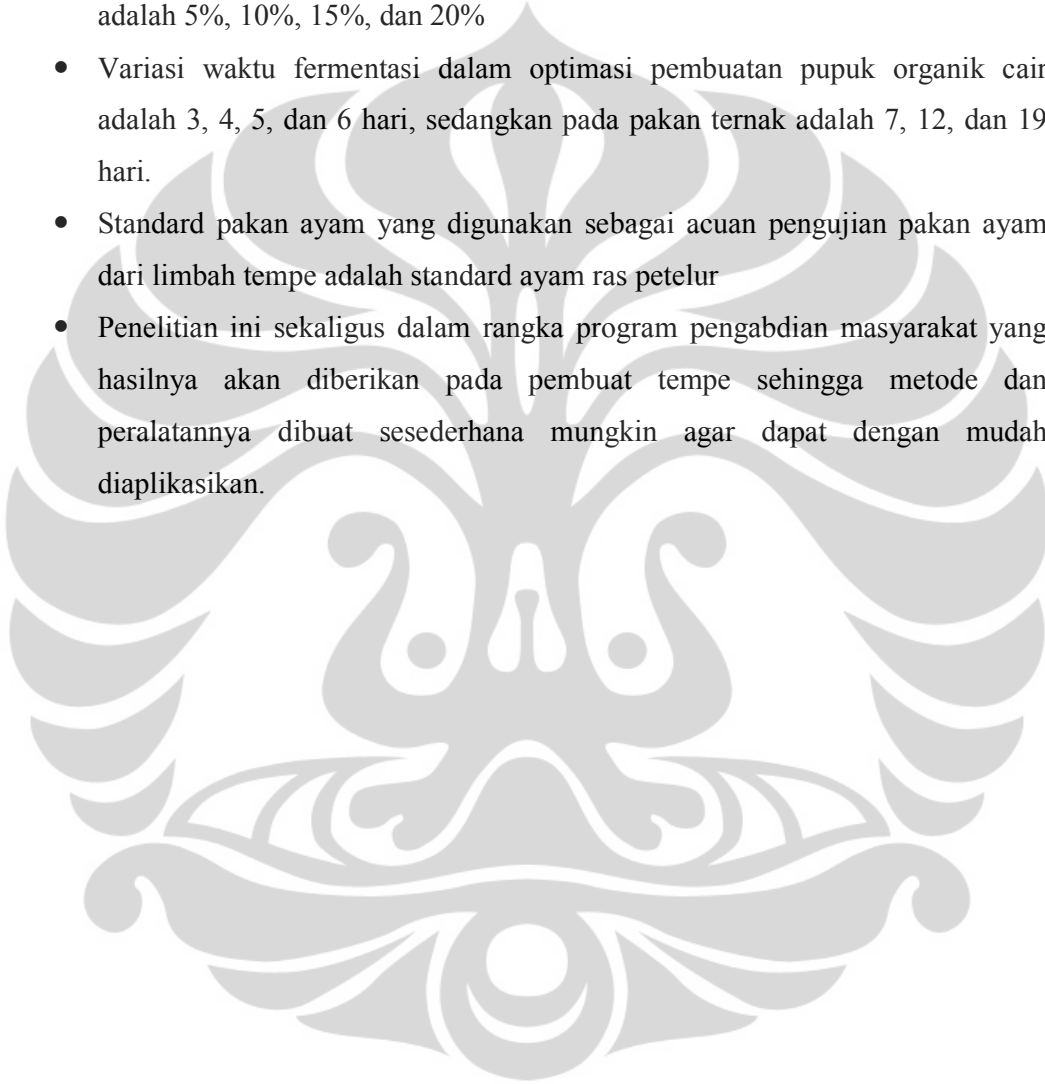
### 1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, pembatasan terhadap masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

- Limbah tempe yang akan dimanfaatkan untuk pembuatan pupuk organik cair dan makanan ternak diperoleh dari limbah pembuatan tempe industri pembuatan tempe di daerah Kampung Lio-Depok.
- Limbah tempe yang digunakan untuk pembuatan pupuk organik cair berupa air hasil rendaman kedelai selama semalam dalam proses pembuatan tempe, sedangkan untuk pembuatan pakan ternak menggunakan sisa kulit kedelai yang telah dikeringkan dengan cara dijemur.



- Bioaktivator yang digunakan dalam optimasi pembuatan pupuk organik cair adalah EM4 untuk tanaman serta dalam optimasi pembuatan pakan ternak menggunakan EM4 untuk peternakan.
- Variasi konsentrasi EM4 dalam optimasi pembuatan pupuk organik cair adalah 5%, 7%, 10%, serta 20%, dan pada optimasi pembuatan pakan ternak adalah 5%, 10%, 15%, dan 20%
- Variasi waktu fermentasi dalam optimasi pembuatan pupuk organik cair adalah 3, 4, 5, dan 6 hari, sedangkan pada pakan ternak adalah 7, 12, dan 19 hari.
- Standard pakan ayam yang digunakan sebagai acuan pengujian pakan ayam dari limbah tempe adalah standard ayam ras petelur
- Penelitian ini sekaligus dalam rangka program pengabdian masyarakat yang hasilnya akan diberikan pada pembuat tempe sehingga metode dan peralatannya dibuat sesederhana mungkin agar dapat dengan mudah diaplikasikan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tempe**

Tempe adalah produk fermentasi kedelai yang berasal dari Indonesia. Tempe merupakan kedelai yang telah dimasak, dikupas dan difermentasikan dengan *Rhizopus*. Tempe merupakan produk tradisional sangat mudah rusak dan biasanya dikonsumsi pada hari tempe itu dibuat. Pada produksi industri, dapat diawetkan dengan pengeringan atau pembekuan (setelah *diblanching* untuk menonaktifkan bakteri dan enzimnya (Berk, 1992).

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam proses pengolahan tempe agar diperoleh hasil yang baik adalah:

- 1) Kedelai harus dipilih yang baik (tidak busuk) dan tidak kotor;
- 2) Air harus jernih, tidak berbau dan tidak mengandung kuman penyakit;
- 3) Cara pengerjaannya harus bersih;
- 4) Bibit tempe (ragi tempe) harus dipilih yang masih aktif (bila diremas membentuk butiran halus atau tidak menggumpal) (Margono dkk., 1993).

##### **2.1.1 Bahan Baku Pembuatan Tempe**

Bahan baku pembuatan tempe antara lain adalah:

- |               |                                 |
|---------------|---------------------------------|
| 1) Kedelai    | 10 kg                           |
| 2) Ragi tempe | 20 gram (10 lempeng)            |
| 3) Air        | secukupnya (Margono dkk., 1993) |

##### **2.1.2 Alat-alat dalam Proses Pembuatan Tempe**

Alat-alat yang diperlukan dalam proses pembuatan tempe adalah:

- 1) Tambah besar
- 2) Ember
- 3) Keranjang

- 4) Rak bambu
- 5) Cetakan
- 6) Pengaduk kayu
- 7) Dandang
- 8) Karung goni
- 9) Tungku atau kompor
- 10) Daun pisang atau plastik (Margono dkk., 1993)

### **2.1.3 Proses Pembuatan Tempe**

- 1) Bersihkan kedelai kemudian rendam satu malam supaya kulitnya mudah lepas;
- 2) Kupas kulit arinya dengan cara diinjak-injak. Bila ada, dapat menggunakan mesin pengupas kedelai;
- 3) Setelah dikupas dan dicuci bersih, kukus dalam dandang selama 1 jam. Kemudian angkat dan dinginkan dalam tampah besar;
- 4) Setelah dingin, dicampur dengan ragi tempe sebanyak 20 gram;
- 5) Masukkan campuran tersebut dalam cetakan yang dialasi plastik atau dibungkus dengan daun pisang. Daun atau plastik dilubangi agar jamur tempe mendapat udara dan dapat tumbuh dengan baik;
- 6) Tumpuk cetakan dan tutup dengan karung goni supaya menjadi hangat. Setelah 1 malam jamur mulai tumbuh dan keluar panas;
- 7) Ambil cetakan-cetakan tersebut dan letakkan di atas rak, berjajar satu lapis dan biarkan selama 1 malam;
- 8) Keluarkan tempe dari cetakannya (Margono dkk., 1993).

## **2.2 Limbah**

Limbah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia atau proses-proses alam, dan tidak atau belum mempunyai nilai ekonomi, bahkan dapat memiliki nilai ekonomi yang negatif. Limbah dikatakan memiliki nilai ekonomi negatif karena penanganan untuk membuang atau membersihkannya memerlukan biaya yang cukup besar, disamping juga mencemari lingkungan. Limbah dibedakan menjadi tiga bentuk, yakni limbah

yang berbentuk cair (limbah cair), limbah yang berbentuk gas (limbah gas), dan limbah yang berbentuk padat (limbah padat) (Santoso, 1998).

### 2.2.1 Limbah Cair

Menurut Ehless dan Steel, limbah cair adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri, dan tempat-tempat umum lainnya dan biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan (Chandra, 2005).

#### 2.2.1.1 Karakteristik limbah cair

- Karakteristik fisik

Limbah cair terdiri dari 99,9 % air, sedangkan kandungan bahan padatnya mencapai 0,1 % dalam bentuk suspensi padat (*suspended solid*) yang volumenya bervariasi antara 100-500 mg/l, limbah cair disebut lemah, sedangkan bila lebih dari 500 mg/l disebut kuat (Chandra, 2005).

- Karakteristik kimia

Limbah cair biasanya bercampur dengan zat kimia anorganik yang berasal dari air bersih dan zat organik dari limbah itu sendiri. Saat keluar dari sumber, limbah cair bersifat basa. Namun, limbah cair yang sudah lama atau membusuk akan bersifat asam karena kandungan bahan organiknya telah mengalami proses dekomposisi yang dapat menimbulkan bau yang tidak menyenangkan. Komposisi campuran dari zat-zat itu dapat berupa:

- Gabungan dengan nitrogen misalnya urea, protein, atau asam amino.
- Gabungan dengan non-nitrogen misalnya lemak, sabun, atau karbohidrat (Chandra, 2005).

- Karakteristik Bakteriologis

Bakteri pathogen yang terdapat dalam limbah cair biasanya termasuk golongan *E. coli* (Chandra, 2005).

#### 2.2.1.2 Sumber limbah cair

Limbah cair dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain:

- Rumah tangga

Limbah cair rumah tangga (*sullage*) adalah limbah cair yang tidak mengandung ekskreta manusia dan dapat berasal dari buangan kamar mandi, dapur, air cuci pakaian, dan lain-lain yang mungkin mengandung mikroorganisme patogen. Volume limbah cair rumah tangga bergantung pada volume pemakaian air penduduk setempat. Penggunaan air untuk keperluan sehari-hari mungkin kurang dari 10 liter per orang di daerah yang sumber airnya berasal dari kran umum, sedangkan di daerah yang sumber airnya berasal dari sumur pompa atau sambungan rumah sendiri, penggunaan air dapat mencapai 200 liter per orang (Chandra, 2005).

- Perkotaan

Contoh: air limbah dari perkantoran, perdagangan, selokan, dan dari tempat-tempat ibadah (Chandra, 2005).

- Industri

Limbah industri (*industrial sewage*) yang berbentuk cair dapat berasal dari pabrik yang biasanya banyak menggunakan air pada proses produksinya. Selain itu limbah cair juga dapat berasal dari bahan baku yang mengandung air sehingga di dalam proses pengolahannya, air harus dibuang. Jenis-jenis industri yang menghasilkan limbah cair antara lain; industri *pulp* dan rayon, pengolahan *crumb rubber*, minyak kelapa sawit, baja dan besi, tahu tempe, minyak goreng, kertas, tekstil, kaustik soda, *electro plating*, *plywood*, tepung tapioka, pengalengan, pencelupan dan pewarna, daging, dan lain-lain. Jumlah limbah yang dikeluarkan masing-masing industri bergantung pada banyak produksi yang dihasilkan serta jenis produknya (Chandra, 2005).

### 2.2.2 Karakteristik limbah cair industri

Karakteristik limbah cair industri antara lain adalah sebagai berikut:

- Karakteristik fisik

Perubahan yang ditimbulkan parameter fisika dalam limbah cair industri, antara lain:

**Padatan:** Berasal dari bahan organik maupun anorganik, baik yang larut, mengendap maupun yang berbentuk suspense. Pengendapan di bagian dasar air akan mengakibatkan terjadinya pendangkalan pada badan dasar penerima, selain menyebabkan tumbuhnya tanaman air tertentu, seperti eceng gondok,

juga berbahaya bagi makhluk hidup lain dalam air. Banyaknya padatan menunjukkan banyaknya lumpur yang terkandung dalam air limbah (Chandra, 2005).

**Kekeruhan:** Kekeruhan menunjukkan sifat optis air yang menyebabkan pembiasan cahaya ke dalam air. Kekeruhan akan membatasi pencahayaan ke dalam air. Sifat ini terjadi karena adanya bahan yang terapung maupun yang terurai seperti bahan organik, jasad renik, lumpur, tanah liat, dan benda lain yang melayang maupun terapung. Nilai kekeruhan air dikonversikan ke dalam ukuran  $\text{SiO}_2$  dalam satuan mg/l. semakin keruh air, semakin tinggi daya hantar listrik dan makin tinggi pula kepadatannya (Chandra, 2005).

**Bau:** Bau timbul karena adanya kegiatan mikroorganisme yang menguraikan zat organik untuk menghasilkan gas tertentu. Bau juga timbul karena reaksi kimia yang menimbulkan gas. Kuat lemahnya bau yang ditimbulkan bergantung pada jenis dan banyaknya gas yang dihasilkan (Chandra, 2005).

**Temperatur:** temperatur air limbah akan memengaruhi badan penerima apabila terdapat perbedaan suhu yang cukup besar. Temperatur juga dapat memengaruhi kecepatan reaksi kimia serta tata kehidupan dalam air. Perubahan suhu memperlihatkan aktivitas kimia dan biologi pada benda padat dan gas dalam air. Pada suhu yang tinggi terjadi pembusukan dan penambahan tingkatan oksidasi zat organik (Chandra, 2005).

**Daya hantar listrik:** daya hantar listrik merupakan kemampuan air untuk mengalirkan arus listrik, yang tercermin dari kadar padatan total dalam air dan suhu pada saat pengukuran. Konduktivitas limbah cair dalam mengalirkan arus listrik bergantung pada mobilitas ion dan kadar yang terlarut di dalam limbah tersebut (senyawa anorganik > konduktor senyawa organik) (Chandra, 2005).

**Warna:** warna timbul akibat terdapatnya suatu bahan terlarut atau tersuspensi dalam air, selain bahan pewarna tertentu yang mengandung logam berat (Chandra, 2005).

- Karakteristik kimia

Bahan kimia yang terdapat dalam air akan menentukan sifat air baik dalam tingkat keracunan maupun bahaya yang ditimbulkannya. Secara umum sifat air dipengaruhi oleh bahan kimia organik dan anorganik.

**Bahan kimia organik:** karbohidrat, protein, minyak, lemak, pestisida, fenol, zat warna, dan surfaktan.

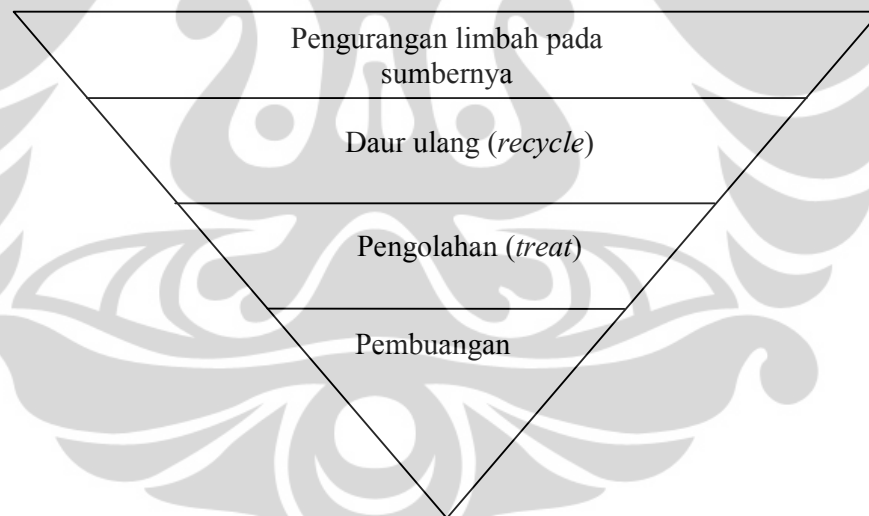
**Bahan kimia anorganik:** klorida, fosfor, logam berat dan beracun, nitrogen, dan sulfur (Chandra, 2005).

- Karakteristik biologi

Karakteristik biologi dari limbah cair industri adalah virus (Chandra, 2005).

### 2.2.3 Konsep Pengelolaan Limbah

Menurut Bishop pada tahun 2000, tahapan dari program pencegahan pencemaran (*pollution prevention*) dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1. Hierarki Program Pencegahan Pencemaran ( Hartono dkk, 2009 )

a. Pengurangan limbah pada sumbernya

Dimanapun dan kapanpun, jika mungkin pencemaran harus dicegah atau dikurangi pada titik sumbernya dan harus diusahakan agar limbah tidak dihasilkan.



b. Daur ulang (*recycle*)

Jika pengurangan limbah pada sumbernya tidak mungkin dilakukan, proses daur ulang harus dilakukan dengan mempertimbangkan aspek lingkungan.

c. Pengolahan (*treat*)

Pengolahan limbah berbahaya tidak mungkin dilakukan dengan proses pengurangan limbah pada sumbernya ataupun didaur ulang sehingga satu-satunya pilihan adalah dengan proses pengolahan.

d. Pembuangan (*disposal*)

Pembuangan limbah padat ke tempat pembuangan akhir (*sanitary landfill*) atau dengan proses pembakaran harus menjadi pilihan akhir (Hartono dkk., 2009)

#### 2.2.4 Limbah Industri Tempe

Limbah tahu tempe adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu tempe maupun pada saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Limbah padat belum dirasakan dampaknya terhadap lingkungan karena dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak, tetapi limbah cair akan mengakibatkan bau busuk dan bila dibuang langsung ke sungai akan menyebabkan tercemarnya sungai tersebut. Setiap kuintal kedele akan menghasilkan limbah 1,5 - 2 m<sup>3</sup> air limbah (Nurhasan dan Pramudyanto, 1991).

Jenis limbah yang dihasilkan oleh industri tempe adalah limbah padat (kering dan basah) dan limbah cair.

- a. Limbah padat kering: terdiri atas kotoran yang tercampur dalam kedelai, misalnya kerikil, kulit, batang kedelai, serta kedelai cacat fisik/rusak/busuk. Limbah padat kering umumnya lebih mudah diatasi dan tidak menimbulkan masalah, misalnya dengan dibakar ataupun dikubur dalam tanah.
- b. Limbah padat basah berupa kulit kedelai setelah mengalami proses perebusan dan perendaman. Limbah ini umumnya berbau asam dan busuk. Limbah padat basah, khususnya kulit kedelai, masih dapat dimanfaatkan sebagai campuran pakan ternak dan pupuk tanaman.

- c. Limbah cair berupa air bekas pencucian, perendaman, dan perebusan kedelai. Limbah ini juga berbau asam dan busuk yang kian hari kian menyengat (Suprpti, 2003).



Gambar 2.2. Limbah Cair Industri Tempe

## 2.2.5 Baku Mutu Limbah Tempe

Tabel 2.1. Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu dan Tempe

No	PARAMETER	INDUSTRI TAHU		INDUSTRI TEMPE	
		KADAR MAKSIMUM (mg/L)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg/ton)	KADAR MAKSIMUM (mg/L)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg/ton)
1.	Temperatur	38°C	-	38°C	-
2.	BOD <sub>5</sub>	150	3	150	1,5
3.	COD	275	5,5	275	2,74
4.	TSS	100	2	100	1
5.	pH	6.0-9.0		6.0-9.0	
6.	Debit Maksimum	20 m <sup>3</sup> /ton kedelai		10 m <sup>3</sup> /ton kedelai	

Sumber: PERATURAN DAERAH PROPINSI JAWA TENGAH NOMOR 10 TAHUN 2004

Tabel 1. menunjukkan beberapa parameter yang diukur untuk mengetahui kadar pencemaran yang ditimbulkan oleh air limbah industri tempe dan tahu serta persyaratan yang dianggap tidak terlalu merusak lingkungan. Peraturan ini diberlakukan mulai tahun 2004 untuk daerah propinsi Jawa Tengah.

Sedangkan pada tabel 2 merupakan baku mutu air limbah beberapa industri makanan yang diantaranya adalah industri tempe yang diberlakukan di Jakarta.

**Tabel 2.2. Baku Mutu Limbah Cair di Wilayah DKI Jakarta**

PARAMETER	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Limbah Maksimum					
		Mie (kg/ton produk)	Biskuit dan Roti (kg/ton produk)	Kembang Gula (kg/ton produk)	Tahu (kg/ton bahan baku)	Kecap/ Tempe (kg/ton bahan bau)	Sambal (kg/ton bahan baku)
BOD (5 hari, 20°C)	75,0	0,15	0,375	1,125	1,125	0,375	0,188
COD (Bichromat)	100,0	0,20	0,50	1,50	1,50	0,5	0,25
Padatan tersuspensi total	100,0	0,20	-	-	1,50	0,5	0,25
pH	6 – 9	-	0,425	1,275	-	-	-
Zat Organik (KMnO <sub>4</sub> )	85,0	0,17			1,275	0,425	0,213
Debit limbah maksimum		2 m <sup>3</sup> per ton produk	2 m <sup>3</sup> per ton produk	2 m <sup>3</sup> per ton produk	2 m <sup>3</sup> per ton bahan baku	2 m <sup>3</sup> per ton bahan baku	2,5 m <sup>3</sup> per ton bahan baku

Sumber: Lampiran IV Keputusan Gubernur Kepala Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 582 Tahun 1995 tentang Penetapan Peruntukan dan Baku Mutu Air Sungai/ Badan Air serta Baku Limbah Cair di Wilayah DKI Jakarta Tanggal 12 Juni 1995

## 2.3 Pupuk Organik

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari sisa tanaman, hewan, atau manusia seperti pupuk kandang, pupuk hijau, dan kompos yang berbentuk cair maupun padat. Pupuk organik bersifat *bulky* dengan kandungan hara makro dan mikro rendah sehingga diperlukan dalam jumlah banyak. Keuntungan utama menggunakan pupuk organik adalah dapat memperbaiki kesuburan kimia, fisik dan biologis tanah, selain sumber hara bagi tanaman (Suriadikarta dan Setyorini, 2009).

### 2.3.1 Pupuk Organik Cair

Pupuk organik cair adalah larutan dari hasil pembusukan bahan-bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan, dan manusia yang kandungan unsur haranya lebih dari satu unsur. Kelebihan dari pupuk organik ini adalah dapat secara cepat mengatasi defisiensi hara, tidak bermasalah dalam

pencucian hara, dan mampu menyediakan hara secara cepat. Dibandingkan dengan pupuk cair anorganik, pupuk organik cair umumnya tidak merusak tanah dan tanaman walaupun digunakan sesering mungkin. Selain itu, pupuk ini juga memiliki bahan pengikat, sehingga larutan pupuk yang diberikan ke permukaan tanah bisa langsung digunakan oleh tanaman (Hadisuwito, 2007).

Dalam membuat pupuk organik cair, perlu diperhatikan persyaratan atau standard kadar-kadar bahan kimia serta pH yang terkandung di dalam pupuk organik tersebut. Berikut ini adalah persyaratan teknis minimal pupuk organik yang ditetapkan oleh Departemen Pertanian Republik Indonesia.

**Tabel 2.3. Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik (Suriadikarta dan Setyorini, 2009)**

No	Parameter	Kandungan
1.	C-organik (%)	$\geq 4,5$
2.	Kadar logam berat	
	As (ppm)	$\leq 10$
	Hg (ppm)	$\leq 1$
	Pb (ppm)	$\leq 50$
	Cd (ppm)	$\leq 10$
3.	pH	4 – 8
4.	Kadar total	
	-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	< 5
	-K <sub>2</sub> O (%)	< 5
5.	Kadar unsur mikro (%)	
	Zn, Cu, Mn	Maks 0,2500
	Co	Maks 0,0005
	B	Maks 0,1250
	Mo	Maks 0,0010
	Fe	Maks 0,0400

Pada konsentrasi rendah, logam berat umumnya sudah beracun bagi tumbuhan, hewan, dan manusia. Logam berat dapat masuk ke tubuh manusia melewati rantai pangan pendek (hewan – manusia) atau lewat rantai pangan panjang (tanaman – hewan – manusia) yang disebut pencemaran *dakhil* (Notohadiprawiro, 1995). Oleh karena itu, pembuatan pupuk organik cair harus mengacu pada standard yang telah dibuat oleh Departemen Pertanian mengenai kadar logam berat yang diperbolehkan terdapat di dalam pupuk organik cair. Logam berat yang perlu diperhatikan kadarnya antara lain :

**a. Arsen (As)**

Menurut standard yang ditetapkan oleh Departemen Pertanian, kadar arsenik maksimal yang diperbolehkan terdapat di dalam pupuk organik cair adalah sebesar 10 ppm (Suriadikarta dan Setyorini, 2009). Hal tersebut dikarenakan arsenik merupakan bahan kimia yang berbahaya bagi tumbuhan, hewan, dan manusia. Pada permukaan bumi, arsenik berada pada urutan ke-20 sebagai elemen yang berbahaya, ke-14 di lautan, dan unsur ke-12 berbahaya bagi manusia. Senyawa ini labil dalam bentuk oksida dan tingkat racunnya sama seperti yang dimiliki oleh beberapa elemen lainnya, sangat tergantung pada bentuk struktur kimianya (Widaningrum dkk., 2007).

**b. Merkuri (Hg)**

Kerusakan tubuh yang disebabkan oleh merkuri pada umumnya bersifat permanen, masing-masing komponen merkuri mempunyai perbedaan karakteristik yang berbeda seperti daya racunnya, distribusi, akumulasi atau pengumpulan, dan waktu retensinya (penyimpanan) di dalam tubuh. Apabila semua komponen merkuri berada dalam jumlah yang cukup, maka akan beracun terhadap tubuh. Merkuri dapat berpengaruh terhadap tubuh karena dapat menghambat kerja enzim dan menyebabkan kerusakan sel. Sifat-sifat membran dari dinding sel akan rusak karena pengikatan dengan merkuri, sehingga aktivitas sel dapat terganggu. Kondisi yang akut dapat menyebabkan kerusakan perut dan usus, gagal kardiovaskular (jantung dan pembuluhnya), dan gagal ginjal akut yang dapat menyebabkan kematian (Widaningrum dkk., 2007). Oleh karena itu, Departemen Pertanian menetapkan kadar maksimum yang diperbolehkan terdapat di dalam pupuk organik cair agar tidak memberikan dampak buruk kepada tanaman dan manusia, yaitu sebesar 1 ppm (Suriadikarta dan Setyorini, 2009).

**c. Timbal (Pb)**

Tanaman dapat menyerap logam Pb pada saat kondisi kesuburan dan kandungan bahan organik tanah rendah. Pada keadaan ini logam berat Pb akan terlepas dari ikatan tanah dan berupa ion yang bergerak bebas pada larutan tanah. Jika logam lain tidak mampu menghambat keberadaannya, maka akan terjadi

serapan Pb oleh akar tanaman. Timbal merupakan logam berat yang sangat beracun, dapat dideteksi secara praktis pada seluruh benda mati di lingkungan dan seluruh sistem biologis. Sumber utama timbal adalah makanan dan minuman. Komponen ini beracun terhadap seluruh aspek kehidupan. Timbal menunjukkan beracun pada sistem saraf, hemetologic, hemetotoxic dan mempengaruhi kerja ginjal. Rekomendasi dari WHO, logam berat Pb dapat ditoleransi dalam seminggu dengan takaran 50 mg/kg berat badan untuk dewasa dan 25 mg/kg berat badan untuk bayi dan anak-anak. Mobilitas timbal di tanah dan tumbuhan cenderung lambat dengan kadar normalnya pada tumbuhan berkisar 0,5 – 3 ppm (Widaningrum dkk., 2007). Oleh karena itu, kadar timbal maksimal yang diperbolehkan terdapat di dalam pupuk organik cair adalah sebesar 50 ppm (Suriadikarta dan Setyorini, 2009).

#### **d. Cadmium (Cd)**

Kadar Cadmium maksimal yang diperbolehkan terdapat di dalam pupuk organik cair adalah sebesar 10 ppm (Suriadikarta dan Setyorini, 2009). Cadmium (Cd) adalah logam kebiruan yang lunak, dan merupakan racun bagi tubuh manusia. Waktu paruhnya 30 tahun dan dapat terakumulasi pada ginjal, sehingga ginjal mengalami disfungsi. Jumlah normal cadmium di tanah berada di bawah 1 ppm. Cadmium lebih mudah diakumulasi oleh tanaman dibandingkan dengan ion logam berat lainnya seperti timbal. Logam berat ini bergabung bersama timbal dan merkuri sebagai *the big three heavy metal* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia. Menurut badan dunia FAO/WHO, konsumsi per minggu yang ditoleransikan bagi manusia adalah 400-500 g per orang atau 7 mg per kg berat badan (Widaningrum dkk., 2007).

Selain logam berat, unsur-unsur mikro juga perlu diperhatikan dalam pembuatan pupuk organik cair. Unsur-unsur hara mikro merupakan unsur-unsur hara yang sama pentingnya dengan unsur-unsur hara makro bagi tanaman, walaupun dalam hal ini kebutuhannya hanya sedikit. Unsur hara mikro biasa juga disebut unsur hara minor atau *trace element*. Kalau terdapat dalam jumlah yang berlebihan dapat menjadi racun bagi tanaman (Jumani, 2009).

Unsur mikro berasal dari :

- 1) Mineral-mineral dalam bahan induk tanah
- 2) Bahan organik

Berikut ini adalah unsur-unsur mikro yang harus diperhatikan dalam pembuatan pupuk organik cair :

**a. Zinc (Zn)**

Seng atau Zinc (Zn) diserap dalam bentuk  $Zn^{2+}$ . Zinc merupakan bagian yang penting dari asam Carboxylase, Carbonic anhidrosa. Zn dengan kadar yang sedikit saja dapat membantu pertumbuhan tanaman, akan tetapi apabila kadarnya melebihi batas sedikit saja maka akan menjadi racun bagi tanaman. Diperkirakan bahwa persenyawaan-persenyawaan Zn berfungsi pula pada pembentukan hormon (auxin) dan penting bagi keseimbangan fisiologis. Defisiensi Zn dapat menyebabkan pertumbuhan vegetatif terhambat dan menghambat pertumbuhan biji (Jumani, 2009). Oleh karena itu, Departemen Pertanian menetapkan kadar Zinc maksimal yang diperbolehkan terdapat di dalam pupuk organik cair adalah sebesar 0,25% (Suriadikarta dan Setyorini, 2009).

**b. Tembaga (Cu)**

Unsur tembaga diserap oleh akar tanaman dalam bentuk  $Cu^{2+}$ . Tembaga sangat diperlukan dalam pembentukan macam-macam enzim seperti berikut :

- a. Ascorbic acid oxydase
- b. Lacosa
- c. Butirid Coenzim A.dehidrosenam

Umumnya tanah jarang sekali yang kekurangan Cu, akan tetapi apabila terjadi kekurangan Cu maka akan berpengaruh terhadap daun. Daun akan menjadi bercoreng-coreng (belang), ujung daun memutih, keadaan demikian lazim disebut penyakit reklamasi (reclamation disease). Jika kekurangan Cu berkelanjutan, tanaman akan menjadi layu dan akhirnya mati (Jumani, 2009).

Selain itu, tembaga merupakan konstituen yang harus ada dalam makanan manusia dan dibutuhkan oleh tubuh (*Acceptance Daily Intake/ADI* = 0,05 mg/kg berat badan). Pada kadar ini tidak terjadi akumulasi pada tubuh manusia normal.



Akan tetapi asupan dalam jumlah yang besar pada tubuh manusia dapat menyebabkan gejala-gejala yang akut (Widaningrum dkk., 2007).

Tembaga (Cu) bersifat racun terhadap semua tumbuhan pada konsentrasi larutan di atas 0,1 ppm. Cemaran logam tembaga pada bahan pangan pada awalnya terjadi karena penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan. Meskipun demikian, pengaruh proses pengolahan akan dapat mempengaruhi status keberadaan tembaga tersebut dalam bahan pangan (Charlena, 2004). Oleh karena itu Departemen Pertanian menetapkan kadar tembaga maksimal yang diperbolehkan terdapat dalam pupuk organik cair, yaitu sebesar 0,25 % (Suriadikarta dan Setyorini, 2009).

**c. Mangan (Mn)**

Mangan diserap tanaman dalam bentuk  $Mn^{2+}$ . Mangan diperlukan oleh tanaman untuk pembentukan zat protein dan vitamin terutama vitamin C. Selain itu, Mangan penting untuk dapat mempertahankan kondisi hijau daun pada daun yang tua. Fungsi Mangan yaitu sebagai enzim peroksidase dan sebagai aktivator macam-macam enzim (Jumani, 2009). Kadar Mangan maksimal yang diperbolehkan terdapat dalam pupuk organik cair adalah sebesar 0,25 % (Suriadikarta dan Setyorini, 2009).

**d. Cobalt (Co)**

Cobalt sangat diperlukan oleh tanaman tingkat tinggi berdaun hijau. Unsur Co diperlukan oleh *rhizobia* untuk mengikat unsur N, sehingga dengan demikian unsur ini secara praktis mempengaruhi produksi tanaman kacang-kacangan. Unsur Co ini penting bagi *rhizobia* untuk membentuk vitamin B12 (*cynocobalamine*), yang kemudian diubah menjadi haemoglobin untuk pengikatan nitrogen. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa inokulasi *rhizobia* pada tanaman kacang-kacangan tidak dapat tumbuh dengan baik karena kekurangan unsur Co. Unsur Co berperan juga sebagai pengaktif enzim *arginase*, *lecithinase*, *oxalacetic decarboxylase*, dan *malic enzim* (Jumani, 2009).

#### e. Boron (B)

Boron diserap oleh tanaman dalam bentuk  $\text{BO}_3^{2-}$ . Boron berperan dalam pembentukan atau pembiakan sel terutama dalam titik tumbuh pucuk. Selain itu Boron juga berperan dalam pertumbuhan tepung sari, bunga dan akar. Pada legume, Boron berperan dalam pembentukan bintil-bintil akar. Unsur ini dapat memperbanyak cabang-cabang nodule untuk mencegah bakteri parasit. Kekurangan unsur ini adalah dapat mengganggu pertumbuhan meristem, dan menyebabkan terjadinya kelainan-kelainan dalam pembentukan berkas pembuluh (Jumani, 2009).

#### f. Molibdenum (Mo)

Mo diserap tanaman dalam bentuk  $\text{MoO}_4$ . Mo mempunyai peranan dasar dalam fiksasi N oleh mikroba pada leguminosa dan sebagai katalisator dalam mereduksi N. Dalam tanaman Mo terdapat dalam bentuk Nitrate reductase. Zat mikro ini diperlukan tanaman dalam ukuran yang sangat kecil, yang justru dengan jumlah yang sedikit ini akan sangat efektif. Kelebihan sedikit saja dari ketentuan ukuran semestinya dapat merupakan racun bagi tanaman (Jumani, 2009). Kadar Molibdenum maksimal yang diperbolehkan terdapat dalam pupuk organik cair adalah sebesar 0,001 % (Suriadikarta dan Setyorini, 2009).

#### g. Besi (Fe)

Zat besi penting bagi pembentukan hijau daun (klorofil), pembentukan zat karbohidrat, lemak, protein dan enzim. Kurangnya kadar zat besi pada tanaman akan menghambat pertumbuhan klorofil (Jumani, 2009). Zat besi maksimal yang diperbolehkan terdapat dalam pupuk organik cair adalah sebesar 0,4 % (Suriadikarta dan Setyorini, 2009).

### 2.3.1.1. Klasifikasi Pupuk Organik Cair

#### a. Pupuk Kandang Cair

Seperti halnya pupuk yang padat, pupuk kandang cair juga berasal dari kotoran hewan. Namun pupuk kandang cair berasal dari urine ternak. Berikut ini adalah tabel kandungan hara makro beberapa jenis kotoran padat dan cair.

**Tabel 2.4. Kandungan Hara Makro Beberapa Jenis Kotoran Padat dan Cair (Hadisuwito, 2007)**

Jenis Ternak	Jenis Kotoran	Kandungan Hara Makro (%)			
		Nitrogen	Fosfor	Kalium	Kalsium
Kuda	Padat	0,56	0,13	0,23	0,12
	Cair	1,24	0,001	1,26	0,32
Kerbau	Padat	0,26	0,08	0,14	0,33
	Cair	1,62	-	1,34	-
Domba	Padat	0,65	0,22	0,14	0,33
	Cair	1,43	0,01	0,55	0,11
Sapi	Padat	0,33	0,11	0,13	0,26
	Cair	1,52	0,01	0,56	0,007
Babi	Padat	1,57	0,17	0,38	0,06
	Cair	0,31	1,05	0,81	-

Dari tabel di atas dapat diketahui perbandingan kandungan makro antara kotoran hewan yang berbentuk padat dan cair. Pada kotoran padat, kandungan nitrogen dan kaliumnya lebih kecil dibandingkan dengan jumlah persentase di dalam kotoran cair (Hadisuwito, 2007).

#### **b. Pupuk Cair Limbah Organik**

Pada dasarnya, limbah cair dari bahan organik bisa dimanfaatkan menjadi pupuk. Sama seperti limbah padat organik, limbah cair banyak mengandung unsur hara (NPK) dan bahan organik lainnya. Penggunaan pupuk dari limbah ini dapat membantu memperbaiki struktur dan kualitas tanah. Dari sebuah penelitian di Cina menunjukkan penggunaan limbah cair organik mampu meningkatkan produksi pertanian 11% lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan bahan organik lain. Bahkan di Cina, penggunaan pupuk kimia sintetis untuk pupuk dasar mulai tergeser dengan keunggulan pupuk cair organik (Hadisuwito, 2007).

Petani di Cina mencampurkan limbah organik cair dengan tanah di areal persawahannya dengan dosis 23 ton/ha setiap tiga hari sebelum melakukan penanaman. Sedangkan penggunaan pupuk kimia hanya sebagai pupuk lanjutan yang aplikasinya dicampur dengan pupuk organik dengan perbandingan 1:1. Perbandingan ini mampu memperbaiki kondisi tanah dan meningkatkan hasil (Hadisuwito, 2007).

### c. Pupuk Cair Limbah Manusia

Pupuk cair dari kotoran manusia sebenarnya merupakan campuran antara kotoran manusia dan cairan yang keluar bersama kotoran manusia. Kotoran manusia merupakan komponen utama dari limbah cair organik rumah tangga. Kandungan haranya berbeda-beda tergantung dari jenis makanan yang dikonsumsi. Di Negara-negara seperti Cina, Taiwan, Korea, dan Jepang, pemanfaatan kotoran manusia sebagai pupuk organik telah lama dikembangkan secara tradisional. Bahkan di Cina telah ada cara khusus untuk mengumpulkan kotoran manusia. Untuk memanfaatkan kotoran manusia menjadi pupuk, cukup dilakukan dengan teknik pengolahan yang sederhana tanpa melalui biogas (Hadisuwito, 2007).

Caranya, kotoran manusia yang akan dibuat kompos dikumpulkan serta dicampur dengan jerami dan sampah organik lainnya. Selanjutnya, bahan-bahan tersebut ditimbun beberapa minggu agar terjadi fermentasi. Komposisi kotoran manusia tersusun atas air (66-80 %), senyawa organik (88-97 %), nitrogen (5-7 %), fosfor (3-5,4 %), kalium (1-2,5 %), karbon (40-55 %), kalsium (4-5 %), dan C/N rasio (5-10) (Hadisuwito, 2007).

#### 2.3.2 Penguraian Bahan Organik

Penguraian suatu senyawa ditentukan oleh susunan bahan, dimana pada umumnya senyawa organik mempunyai sifat yang cepat diuraikan, sedangkan senyawa anorganik mempunyai sifat sukar diuraikan. Proses biologi merupakan proses alami yang bersifat dinamis dan kontinu selama faktor-faktor yang berhubungan dengan kebutuhan hidup mikroorganisme yang berperan didalamnya terpenuhi. Penguraian bahan organik akan berlangsung melalui jalur-jalur proses yang sudah dikenal, yang secara keseluruhan disebut dengan proses fermentasi. Bahan organik tersebut pada tahap awal akan diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti gula, gliserol, asam lemak dan asam amino. Selanjutnya akan dilanjutkan dengan proses lain baik secara aerobik maupun anaerob (Suriawiria, 2003)

Kondisi aerobik dan kondisi anaerobik sangat berperan dalam tahap-tahap penguraian bahan organik. Secara umum penguraian aerobik menghasilkan unsur C dalam bentuk CO<sub>2</sub> dan penguraian anaerobik menghasilkan unsur C dalam

bentuk alkohol. Karbon digunakan sebagai sumber energi dan nitrogen sebagai sumber protein untuk perkembangan dan pertumbuhan mikroorganisme. Pada kondisi aerobik karbon diubah menjadi  $\text{CO}_2$  dan sel bakteri, sedangkan dibawah kondisi anaerobik karbon organik diubah menjadi  $\text{CO}_2$ , metana dan senyawa produksi lainnya (Jenie dan Rahayu, 1993).

Secara sederhana reaksi sebagai berikut:

- Kondisi aerobik :  $\text{C organik} + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N} + \text{CO}_2$
- Kondisi anaerob :  $\text{C organik teroksidasi} + \text{asam organik} \rightarrow \text{sel mikroba} + \text{metana} + \text{CO}_2 + \text{alkohol}$

Pada kondisi anaerob senyawa-senyawa tertentu akan dihasilkan seperti  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_4^+$ , asam laktat dan sebagainya. Pada kondisi anaerob, senyawa organik bertindak sebagai donor elektron, dimana pada kondisi ini produksi biomassa sel akan rendah, penguraian senyawa organik sangat rendah (Suriawiria, 2003).

Menurut Dalzell dkk. pada tahun 1987, pada kondisi aerob mikroorganisme mengambil oksigen dari udara dan makanan dari bahan organik. Bahan organik tersebut dikonversi menjadi produk metabolisme biologi berupa  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan energi. Energi yang digunakan sebagian digunakan untuk gerakan dan pertumbuhan mikroorganisme baru, sisanya dibebaskan sebagai panas (Fitria, 2008).

Hasil penguraian bahan organik secara aerob dan anaerob dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5. Hasil penguraian bahan organik (Suriawiria, 2003)

Senyawa	Enzim	Hasil akhir	
		Proses anaerobik	Proses aerobik
Protein	Proteinase	Asam amino, ammonia, H <sub>2</sub> S, metan, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , alkohol, asam organik, fenol, indol.	Amonia, nitrit, nitrat, H <sub>2</sub> S, alkohol, asam organik, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O.
Karbohidrat	Karbohidrase	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , alkohol, asam lemak.	Alkohol, asam lemak, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O.
Lemak/lipid	Lipase	Asam lemak, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , alkohol.	Asam lemak, gliserol, alkohol, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O.

## 2.4 Bioaktivator

Bioaktivator adalah inokulum campuran berbagai jenis mikroorganisme selulotik dan lignotik untuk mempercepat laju pengomposan pada pembuatan pupuk kandang. Dalam bioaktivator ini terdapat berbagai macam genus mikroorganisme fermentor dan dekomposer. Mikroorganisme ini dipilih yang dapat bekerja secara efektif dalam memfermentasikan dan mengurai bahan organik (Setiawan dan IPB, 2010).

Secara global, terdapat beberapa golongan mikroorganisme pokok dalam bioaktivator, yaitu bakteri fotosintetik, *Lactobacillus sp.*, *Streptomyces sp.*, ragi (*yeast*), dan *Actinomycetes* (Setiawan dan IPB, 2010).

### a. Bakteri fotosintetik

Bakteri fotosintetik merupakan bakteri bebas yang dapat mensintesis senyawa nitrogen, gula, dan substansi bioaktif lainnya. Hasil metabolis yang diproduksi dapat diserap secara langsung oleh tanaman dan tersedia sebagai substrat untuk perkembangbiakan mikroorganisme yang menguntungkan (Setiawan dan IPB, 2010).

**b. *Lactobacillus* sp.**

Bakteri ini memproduksi asam laktat sebagai hasil penguraian gula dan karbohidrat lain yang bekerja sama dengan bakteri fotosintesis dan ragi. Asam laktat ini merupakan bahan sterilisasi yang kuat yang dapat menekan mikroorganisme berbahaya dan dapat menguraikan bahan organik dengan cepat (Setiawan dan IPB, 2010).

**c. *Streptomyces* sp.**

*Streptomyces* sp. Mampu memproduksi enzim streptomisin yang bersifat racun terhadap hama dan penyakit yang merugikan (Setiawan dan IPB, 2010).

**d. Ragi (*yeast*)**

Ragi memproduksi substansi yang berguna bagi tanaman dengan cara fermentasi. Substansi bioaktif yang dihasilkan oleh ragi berguna untuk pertumbuhan sel dan pembelahan akar. Ragi ini juga berperan dalam perkembangan atau pembelahan mikroorganisme menguntungkan lain, seperti *Actinomycetes* dan bakteri asam laktat (Setiawan dan IPB, 2010).

**e. *Actinomycetes***

*Actinomycetes* merupakan organisme peralihan antara bakteri dan jamur yang mengambil asam amino dan zat serupa yang diproduksi bakteri fotosintesis dan mengubahnya menjadi antibiotik untuk mengendalikan pathogen serta menekan jamur dan bakteri berbahaya dengan cara menghancurkan khitin, yaitu zat essential untuk pertumbuhannya. *Actinomycetes* juga dapat menciptakan kondisi yang baik bagi perkembangan mikroorganisme lain (Setiawan dan IPB, 2010).

**2.4.1 Effective Microorganism 4 (EM4)**

Menurut Indriani pada tahun 1999, teknologi EM4 (Effective Microorganisme 4) adalah teknologi fermentasi yang dikembangkan pertama kali oleh Prof Dr Teruo Higa dari University Of The Ryukyus, Okinawa Jepang sejak tahun 1980. EM4 merupakan kultur campurandari beberapa mikroorganisme yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Mikroorganisme alami yang terdapat dalam EM4 bersifat fermentasi (peragian) terdiri dari lima kelompok

mikroorganisme yaitu bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas sp.*), jamur fermentasi (*Saccharomyces sp.*), bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*), dan *Actinomyces* (Fitria, 2008).

Menurut Widiana dkk. pada tahun 1996, bakteri fotosintetik merupakan bakteri yang dapat mensintesis senyawa nitrogen, dan gula. Jamur fermentatif berfungsi untuk memfermentasi bahan organik menjadi senyawa-senyawa organik (dalam bentuk alkohol, gula, dan asam amino) yang siap diserap oleh perakaran tanaman. Bakteri asam laktat terutama golongan *Lactobacillus sp.* berfungsi untuk memfermentasi bahan organik menjadi senyawa-senyawa asam laktat yang dapat diserap oleh tanaman. *Actinomyces* merupakan bakteri yang tumbuh dalam bentuk miselium (filamen berbentuk jalinan benang). *Actinomyces* berfungsi mengambil asam amino dan zat yang dihasilkan oleh jamur fermentatif dan mengubahnya menjadi antibiotik yang bersifat toksik terhadap patogen atau penyakit serta dapat melarutkan ion-ion fosfat dan ion-ion mikro lainnya. *Streptomyces sp.* menghasilkan enzim streptomisin yang berguna bagi tanaman (Fitria, 2008).

EM berguna untuk membantu mempercepat proses pembuatan pupuk organik dan meningkatkan kualitasnya. Selain itu, EM juga bermanfaat memperbaiki struktur dan tekstur tanah menjadi lebih baik, serta menyuplai unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Dengan demikian, penggunaan EM akan membuat tanaman menjadi lebih subur, sehat, dan relatif tahan terhadap serangan hama dan penyakit (Hadisuwito, 2007).

Menurut Indriani pada tahun 1999, mikroorganisme yang terdapat dalam EM4 dapat bekerja efektif menambah unsur hara apabila bahan organik dalam keadaan cukup. Bahan organik tersebut merupakan bahan makanan dan sumber energi (Fitria, 2008).

## **2.5 Tepung Pakan Ternak**

Menurut spesifikasinya, bahan pakan dibedakan menjadi tujuh kelompok yang masing-masing mempunyai batas maksimal dalam penggunaannya (*safe maximum*) dan akan mempengaruhi rasa, warna, bau, dan tingkat toksikasi. Ketujuh kelompok tersebut adalah:



a. Kelompok biji-bijian:

Ciri khusus yang dimiliki kelompok ini yaitu mengandung karbohidrat dengan konsentrasi tinggi, sedangkan kandungan protein, serat kasar, vitamin dan mineralnya rendah. Contoh bahan pakan yang termasuk ke dalam kelompok ini: jagung, gandum, sorgum dan sejenis padi-padian.

b. Kelompok hasil sampingan biji-bijian:

Kelompok ini adalah: dedak padi/ bekatul/ lunteh, dedak gandum dan polard.

c. Kelompok biji-bijian sumber minyak:

Kelompok ini selain mengandung energi yang cukup tinggi juga sebagai sumber protein, lemak, dan minyak. Penggunaannya sebagai bahan pakan unggas sangat bersaing dengan penggunaan sebagai bahan pangan untuk manusia. Termasuk ke dalam kelompok ini diantaranya: kacang tanah, wijen, kacang kedele.

d. Kelompok hasil sampingan biji-bijian sumber minyak:

Kelompok ini merupakan hasil ikutan dari proses pembjatan minyak baik melalui cara mekanik (*pressing*) maupun secara kimiawi (*ekstraksi*). Bahan pakan yang termasuk ke dalam kelompok ini mengandung kadar lemak dan protein cukup tinggi, seperti: bungkil kedele, bungkil kelapa, bungkil kacang tanah.

e. Kelompok hasil hewan

Kelompok ini sebagai sumber protein hewani, sumber energy dan sumber lemak, tetapi tingkat penggunaannya sangat terbatas. Beberapa bahan pakan yang sering digunakan adalah: tepung ikan, tepung tulang, bekicot, tepung bulu, lemak.

f. Kelompok legium atau polongan:

Bahan pakan yang termasuk kelompok ini mengandung protein nabati cukup tinggi dan memiliki daya pacu terhadap kegiatan reproduksi. Beberapa bahan pakan yang sering digunakan diantaranya: kacang hijau, lamtoro, dan kaliandra. Penggunaannya sangat terbatas karena tingkat toksikasi (daya pengaruh racun) yang tinggi.

g. Kelompok khusus:

Kelompok yang terakhir ini berfungsi sebagai “binder” (perekat, pembuat kompak), sebagai bahan pakan pensubstitusi, pemacu citarasa dan sebagai sumber vitamin/ mineral. Kandungan protein bahan pakan yang termasuk ke dalam kelompok ini sangat rendah dan bahkan tidak ada. Contohnya: gula, tapioca, tetes/ molasses, kapur dan premix (Kartadisastra, 1994).

Menurut jenisnya, pakan ayam dibedakan menjadi lima jenis, yaitu:

- a. *Grain*, adalah jenis pakan yang diberikan kepada ayam, terdiri dari murni biji-bijian. Pemberian jenis pakan ini dilakukan khusus pada sore hari, dan ditujukan untuk merangsang perkawinan pada ayam-ayam bibit serta untuk memperbaiki kondisi lantai (pada kandang sistem litter).
- b. *Meal*, adalah jenis pakan yang terdiri dari satu macam bahan pakan (bijian atau bungkil) yang sudah digiling.
- c. *Mash*, adalah jenis pakan yang terdiri dari campuran beberapa meal.
- d. *Pellet*, adalah mash yang dibentuk seperti butiran setelah melalui suatu proses (*pelleting*). Ukuran, besar pellet 5 – 8 mm.
- e. *Crumbs/crumble*, adalah pellet yang dibentuk butiran kecil ( $\pm 3$  mm). disebut juga “broken pellet” (Kartadisastra, 1994).

Bedasarkan macamnya, pakan ayam dibedakan menjadi beberapa macam, yakni sebagai berikut:

- a. *Chick Mash/ Starter Mash*, yaitu pakan berbentuk tepung untuk ayam petelur mulai menetas hingga berumur delapan minggu.
- b. *Grower Mash*, yaitu pakan berbentuk tepung yang diberikan kepada ayam petelur umur 9 – 20 minggu.
- c. *Layer Mash/ Complete Layer*, yaitu pakan berbentuk tepung untuk ayam petelur yang sedang bereproduksi.
- d. *Broiler Starter*, yaitu pakan (berbentuk tepung atau butiran) untuk ayam potong muda hingga berumur empat minggu.
- e. *Broiler Finisher*, yaitu pakan (tepung atau butiran) untuk ayam potong dewasa mulai umur lima minggu hingga dipanen (42 atau 49 hari).

- f. *Breeder Mash*, yaitu pakan berbentuk tepung untuk ayam bibit. Seperti halnya pakan ayam petelur, pakan ayam bibit ini pun dibedakan menjadi tiga macam tergantung dari umur ayam (Starter, Grower dan Layer) (Kartadisastra, 1994).

Kualitas pakan dapat diketahui dengan dua cara, yaitu secara organoleptik dan secara analisis. Secara organoleptik, pakan dapat diketahui kualitasnya yang meliputi; warna, bau, rasa, tekstur, dan tingkat kontaminasi. Sedangkan secara analisis, kualitas pakan dinyatakan dengan % kandungan nutrisinya (Kartadisastra, 1994).

Berikut ini adalah standar mutu pakan ayam ras petelur.

Tabel 2.6. Standar Mutu Pakan Ayam Ras Petelur  
(Badan Penyuluh dan Pengembangan SDM Pertanian Kementerian Pertanian, 2010)

No.	Parameter	Satuan	Persyaratan
1.	Kadar air	%	Maks. 14,0
2.	Protein kasar	%	Min 16,0
3.	Lemak kasar	%	Maks. 7,0
4.	Serat kasar	%	Maks. 7,0
5.	Abu	%	Maks. 14,0
6.	Kalsium (Ca)	%	3,25 – 4,25
7.	Fosfor	%	0,6 – 1,0
8.	Energi termetabolis (ME)	Kkal	Min. 2650
9.	Total aflatoksin	µg/Kg	Maks. 50,0

## 2.7. State of The Art

Tabel 2.7. Penelitian seputar pembuatan pupuk organik cair dan pakan ayam dengan metode fermentasi

	Pupuk Organik Cair			Tepung Pakan Ayam				
	Boisca	EM-4	Asam Asetat dan EM4	EM4	Fermentasi dengan <i>Aspergillus Niger</i>	Fermentasi dengan <i>Saccharomyces cereviceae</i>	Fermentasi dengan <i>Marasmius sp.</i>	Fermentasi dengan Ragi oncom ( <i>Heospora sp.</i> )
Ampas Tempe		Adiprakoso, 2012		Adiprakoso, 2012				
Limbah Nilam		Santi, 2008						Mahfidz, 2006
Ampas Umbi Garut					Abun dkk., 2005			
Kulit Gandum dan Kulit Biji Kacang Kedelai						Warmadewi dkk., 2009		
Bungkil Inti Sawi								
Sampah Organik	Sinaga, 2009							Widjastuti dkk., 2007
Limbah Cair Industri Perikanan			Fitria, 2008					

Penelitian yang dilakukan oleh Damayanti Sinaga (2009) berjudul Pembuatan Pupuk Cair dari Sampah Organik dengan Menggunakan Boisca sebagai Starter. Penelitian ini dilakukan dengan alasan bahwa sampah dapat membawa dampak yang buruk pada kondisi kesehatan manusia dan rata-rata tiap orang perhari menghasilkan sampah 1-2 kg dan akan terus bertambah sejalan meningkatnya kesejahteraan dan gaya hidup masyarakat. Sampah organik yang digunakan adalah sampah sayuran. Perlakuan yang diberikan antara lain:

- Faktor I: Dosis Boisca, dengan 3 taraf perlakuan
  - D1 = 10 ml
  - D2 = 20 ml
  - D3 = 30 ml
- Faktor II : Lamanya penyimpanan dengan 3 taraf perlakuan
  - P1 = 7 hari
  - P2 = 14 hari
  - P3 = 21 hari
- Penelitian dilakukan dengan 3 kali ulangan, dengan perlakuan:
  - D1P1    D2P1    D3P1
  - D1P2    D2P2    D3P2
  - D1P3    D2P3    D3P3

Parameter yang dianalisis adalah C/N akhir, pH akhir, dan rendemen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian dosis Boisca berpengaruh sangat nyata terhadap C/N rendemen pupuk cair kecuali pH akhir. Lama perendaman berpengaruh sangat nyata terhadap semua parameter. Hasil yang terbaik diperoleh pada kombinasi dosis boisca 10 ml dengan lama perendaman 21 hari.

Penelitian mengenai pembuatan pupuk organik cair juga telah dilakukan oleh Sintha Soraya Santi pada tahun 2008 dengan judul penelitiannya adalah Kajian Pemanfaatan Limbah Nilam untuk Pupuk Organik Cair dengan Proses Fermentasi. Peneliti tersebut menggunakan limbah nilam untuk dijadikan pupuk organik cair dengan alasan bahwa limbah hasil penyulingan daun nilam masih mempunyai kadar hara yang tinggi dan berpotensi sebagai bahan baku pupuk organik yang baik. Penelitian tersebut bertujuan untuk menentukan kondisi terbaik ditinjau dari waktu fermentasi : 6, 10, 14, 18, 22 hari dan volume bakteri (EM4) :

2, 4, 8, 10 %. Hasil penelitian didapatkan kadar N, P, dan K berturut-turut 10,6 % berat, 1,19 % berat, dan 3,08 % berat pada volume EM4 8 % dan waktu fermentasi 14 hari.

Selain penelitian di atas, penelitian mengenai pembuatan pupuk organik cair juga telah dilakukan oleh Yulya Fitria pada tahun 2008 dengan judul Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Industri Perikanan Menggunakan Asam Asetat dan EM4 (*Effective Microorganism 4*). Peneliti tersebut menggunakan limbah cair industri perikanan karena limbah ini mengandung bahan organik yang cukup tinggi. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mempelajari teknik pembuatan pupuk organik cair dari limbah perikanan dengan menggunakan asam asetat dan EM4 (*Effective Microorganism 4*), menentukan kualitas pupuk cair yang dihasilkan dan menentukan pengaruh pemupukan pupuk cair yang dihasilkan terhadap tanaman bayam (*A. tricolor*). Perlakuan yang diberikan terhadap limbah tersebut adalah; tanpa aktivator (A), aktivator EM4 (B), dan aktivator asam asetat (C). Hasil analisis kandungan unsur hara awal limbah cair buatan ini memiliki rata-rata kandungan N total, total C-organik, N total, nilai C/N, nitrat, P tersedia dan K yang dapat dipertukarkan masing-masing adalah 628,10 mg/L; 2115,56 mg/L; 241,1 mg/L; dan 246 mg/L dengan nilai pH 6,96. Kandungan total C-organik, N total, nilai C/N, nitrat, P tersedia dan K yang dapat dipertukarkan pupuk organik cair yang dihasilkan masing-masing berkisar antara 2102,83 – 9622,30 mg/L; 628,10 – 1064,93 mg/L; 3,69 – 9,04 mg/L; 3,0326 – 4,5123 mg/L; 151,77 – 649,4 mg/L; dan 157 – 548 mg/L.

Pembuatan tepung pakan ternak telah dilakukan oleh Abun dkk. pada tahun 2005, Mahfudz pada tahun 2006, Widiastuti dkk. pada tahun 2007, dan Warmadewi dkk. pada tahun 2009. Pada penelitian mereka dilakukan variasi konsentrasi bakteri fermentasi bahan baku pembuatan tepung pakan ternak

Abun, Denny Rusmana, dan Deny Saefulhadjar melakukan penelitian dengan judul Efek Ransum Mengandung Ampas Umbi Garut Produk Fermentasi oleh Kapang *Aspergillus niger* terhadap Imbangan Efisiensi Protein dan Konversi Ransum pada Ayam Broiler. Alasan penelitian ini dilakukan adalah karena industri pakan unggas, khususnya ayam broiler di Indonesia bahan bakunya masih

bergantung kepada impor, seperti jagung, bungkil kedelai, dan tepung ikan, sehingga berdampak pada mahalanya harga ransum. Penelitian ini menggunakan ampas umbi garut sebagai bahan baku. Tetapi serat kasar umbi garut mengandung serat kasar yang tinggi serta protein kasar yang rendah. Oleh karena itu dilakukan pengolahan terhadap bahan baku tersebut dengan teknologi fermentasi dengan menggunakan kapang *Aspergillus niger* dan hasilnya terjadi perbaikan kualitas produk fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mendapatkan tingkat penggunaan ampas umbi garut produk fermentasi yang optimal dalam ransum ayam broiler, melalui pengukuran terhadap imbalan efisiensi protein dan konversi ransum. Percobaan dilakukan secara eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan lima perlakuan ransum (R0 = ransum control, R1 = 5 % ampas umbi garut produk fermentasi, R2 = 10 % ampas umbi garut produk fermentasi, R3 = 15 % ampas umbi garut produk fermentasi, R4 = 20 % ampas umbi garut produk fermentasi), setiap perlakuan diulang lima kali. Hasil penelitian ini adalah penggunaan pada tingkat 20 % nyata menurunkan imbalan efisiensi protein dan meningkatkan konversi ransum. Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan tidak hanya ampas umbi garut, tetapi peneliti mencampurkan bahan lain yaitu, jagung kuning, bungkil kedelai, tepung ikan, dedak halus, dan minyak kelapa. Hal tersebut membuat harga ransum menjadi tidak terlalu berkurang.

Penelitian yang dilakukan oleh L. D. Mahfudz berjudul Efektivitas Oncom Ampas Tahu sebagai Bahan Pakan Ayam Pedaging. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas ampas tahu yang difermentasi dengan oncom atau disebut dengan oncom ampas tahu. Penelitian ini bermanfaat untuk mendapatkan bahan pakan yang berkualitas dengan harga murah, serta pengembangan ilmu dan teknologi penyediaan bahan pakan. Bahan penyusun ransum dalam penelitian ini adalah jagung kuning giling, dedak halus, bungkil kedelai, tepung ikan, ampas tahu fermentasi. Perlakuan yang diberikan yaitu:

- T<sub>0</sub> : ransum 0 % tepung oncom ampas tahu
- T<sub>1</sub> : ransum 10 % tepung oncom ampas tahu
- T<sub>2</sub>: ransum 15 % tepung oncom ampas tahu
- T<sub>3</sub> : ransum 20 % tepung oncom ampas tahu

Peubah yang diamati adalah konsumsi ransum, penambahan bobot badan, rasio konversi ransum, bobot badan akhir, bobot karkas dan persentase karkas. Kesimpulannya adalah ampas tahu fermentasi sebagai bahan pakan meningkatkan konsumsi, efisiensi ransum, penambahan bobot badan dan bobot karkas ayam pedaging. Ampas tahu fermentasi dapat digunakan sebagai bahan penyusun ransum yang baik dan efisien sampai 20 %. Pada penelitian ini, sama seperti penelitian yang dilakukan oleh Abun dkk., yaitu bahan baku yang digunakan tidak hanya produk fermentasinya (dalam penelitian ini adalah ampas tahu).

Penelitian yang dilakukan oleh Tuti Widjastuti, Abun, Wiwin Tanwiriah, dan Indrawati Yudha Asmara berjudul Pengolahan Bungkil Inti Sawit Melalui Fermentasi oleh Jamur *Marasmius Sp* Guna Menunjang Bahan Pakan Alternatif untuk Ransum Ayam Broiler. Penelitian ini bertujuan untuk mencari model pengolahan bungkil inti sawit, yaitu dengan menggunakan teknologi fermentasi, dan akan dicari dosis jamur *Marasmius sp.* serta lama fermentasi yang optimum yang dapat menghasilkan kualitas gizi bungkil inti sawit terbaik. Peubah yang diukur dalam penelitian ini antara lain adalah:

- Perubahan Kandungan Gizi dari Bungkil Inti Sawit berupa protein kasar, serat kasar dan bahan kering
- Kandungan bahan kering pakan, kandungan protein kasar pakan, kandungan bahan organik pakan, serta kandungan lignin pakan; kandungan bahan kering ekskreta, kandungan protein kasar ekskreta, kandungan bahan organik ekskreta, serta kandungan lignin ekskreta.
- Konsumsi ransum, penambahan bobot badan, konversi ransum, persentase karkas dan komponennya, serta keuntungan kotor (“income over feed and chick cost”).

Perlakuan ransum dalam penelitian ini antara lain:

- RO = 0 % BIS produk fermentasi dalam ransum
- R1 = 15 % BIS produk fermentasi dalam ransum
- R2 = 20 % BIS produk fermentasi dalam ransum
- R3 = 25 % BIS produk fermentasi dalam ransum
- R4 = 30 % BIS produk fermentasi dalam ransum
- R5 = 35 % BIS produk fermentasi dalam ransum



Penelitian yang dilakukan oleh D. A. Warmadewi, E. Puspani, A. A. S. Trisnadewi, D. P. M. A. Candrawati, T. I. Putri, N. N. Candraasih, K. dan I. G. N. G. Bidura pada tahun 2009 berjudul Produktivitas Ayam Petelur Lohmann Brown yang Diberi Pakan Mengandung Kulit Gandum dan Kulit Kacang Kedelai dengan Suplementasi Ragi Tape. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui produktivitas ayam petelur Lohmann Brown umur 32-40 minggu. Fermentasi menggunakan ragi *Saccharomyces cereviceae*. Bahan-bahan dalam pakan ransum ayam petelur: jagung kuning, tepung ikan, bungkil kelapa, dedak padi, kacang kedelai, kulit kerang, kulit gandum (*pollard*), kulit biji kacang kedelai, minyak kelapa, ragi, premix. Enam rancangan percobaan:

- Ransum basal tanpa penggunaan *pollard*, kulit kacang kedelai, atau ragi sebagai kontrol (A)
- Ransum basal + 0,10 % ragi tape (B)
- Ransum basal dengan 15 % *pollard* (C)
- Ransum basal dengan 15 % *pollard* + 0,10 % ragi tape (D)
- Ransum basal + 15 % kulit kacang kedelai (E)
- Ransum basal dengan 15 % kulit kacang kedelai + 0,10 % ragi tape (F)

Parameter yang diamati antara lain adalah konsumsi ransum, jumlah telur, bobot telur, rataan bobot telur, Feed Conversion Ratio (FCR), dan *hen-day production*. Kesimpulannya adalah Lohmann Brown umur 32-40 minggu akibat suplementasi ragi tape (*Saccharomyces cereviceae*) dalam ransum. Penggunaan 15 % *pollard* dan 15 % kulit biji kacang kedelai dapat direkomendasikan dalam penyusunan ransum ayam petelur, karena tidak berpengaruh terhadap produksi telur ayam Lohmann Brown umur 32-40 minggu.

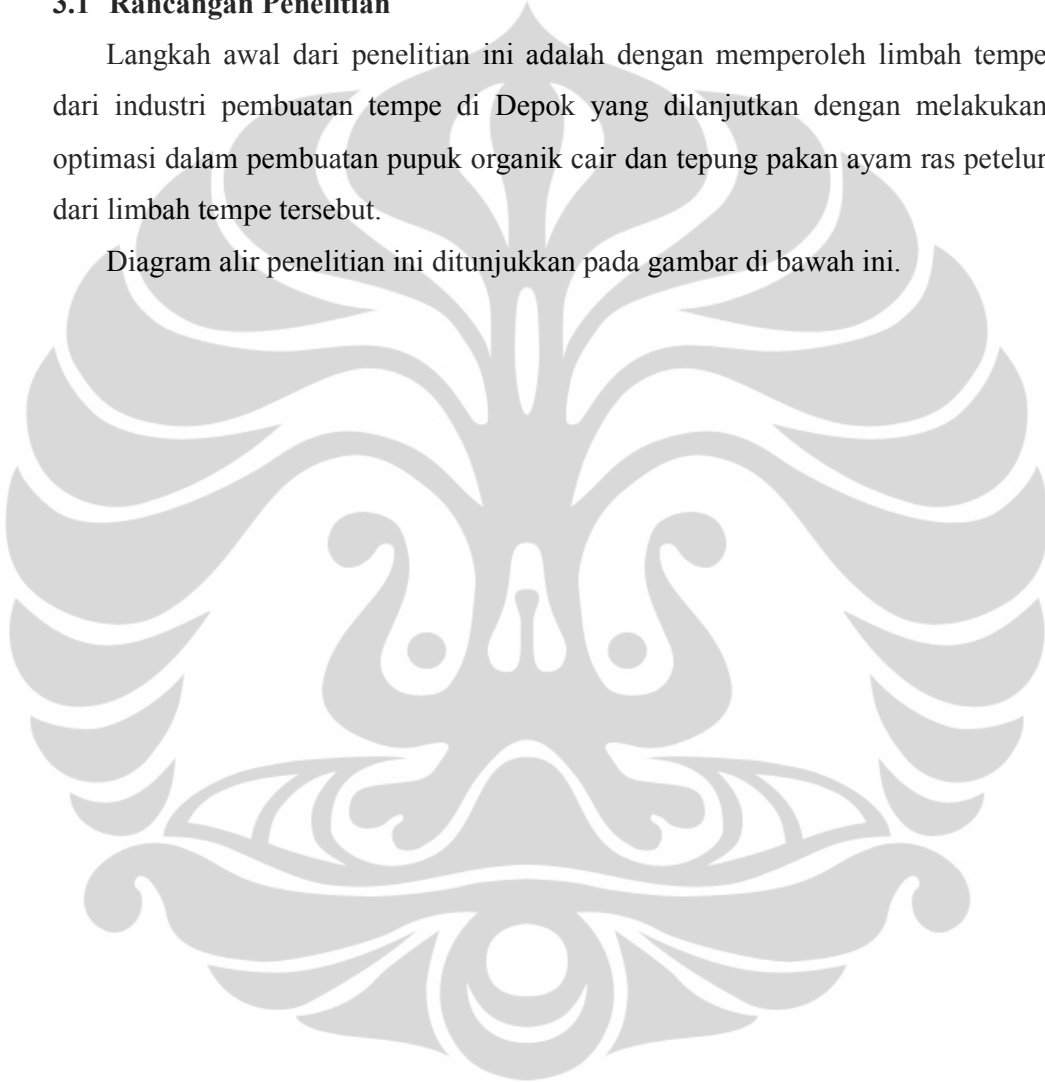
## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Rancangan Penelitian**

Langkah awal dari penelitian ini adalah dengan memperoleh limbah tempe dari industri pembuatan tempe di Depok yang dilanjutkan dengan melakukan optimasi dalam pembuatan pupuk organik cair dan tepung pakan ayam ras petelur dari limbah tempe tersebut.

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



### **3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga Juni 2012 di Laboratorium Dasar Proses Kimia Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

### **3.3 Sampel Penelitian**

Sampel penelitian ini adalah limbah tempe. Limbah tempe yang digunakan terdiri dari limbah cair tempe dari hasil perebusan kedelai serta limbah padat tempe yang merupakan kulit kedelai hasil dari pengupasan. Kedua jenis limbah tempe ini diperoleh dari industri pembuatan tempe di Kampung Lio, Depok.

### **3.4 Variabel Penelitian**

#### **3.4.1 Variabel Bebas**

Variabel bebas pada penelitian ini adalah konsentrasi bioaktivator serta lama waktu pengomposan pada percobaan kedua, yaitu setelah diperoleh luaran yang optimal dari percobaan pertama.

#### **3.4.2 Variabel Terikat**

Variabel terikat pada penelitian ini adalah kandungan pupuk organik cair serta tepung pakan ternak.

#### **3.4.3 Variabel Kontrol**

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah volume limbah cair tempe yang digunakan dalam proses pembuatan pupuk cair organik, berat limbah padat tempe yang digunakan dalam pembuatan pakan ayam, serta lama waktu pengomposan pada tahap optimasi pertama.

### **3.5 Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.5.1 Optimasi Pupuk Organik Cair dari Limbah Tempe**

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui apakah limbah cair pembuatan tempe dapat digunakan sebagai bahan baku pupuk organik cair,

sehingga standar mutu pupuk organik cair dijadikan dasar dari optimasi pada penelitian ini. Parameter yang digunakan adalah kandungan C-organik. Optimasi pupuk organik cair dilakukan dengan menambahkan bioaktivator *EM4 untuk tanaman* untuk tanaman ke dalam limbah tempe. Bioaktivator akan divariasikan konsentrasinya (5%, 7%, 10%, 20%). Campuran limbah tempe dan bioaktivator ini didiamkan selama waktu pengomposan 6 hari dalam wadah tertutup dan tiap 2 hari tutup dibuka dan campuran diaduk sebentar. Setelah didapatkan bioaktivator dan konsentrasi yang optimal, dilakukan lagi optimasi untuk mencari konsentrasi dan waktu pengomposan yang paling efisien dengan memvariasikan waktu pengomposan (3, 4, dan 5 hari). Variasi waktu yang kemudian dilakukan bergantung pada hasil penelitian awal ( 6 hari ), bila hasil belum mencapai standard maka variasi waktu akan dilakukan lebih dari waktu pengukuran awal dan bila telah melewati standard maka dilakukan kurang dari waktu pengukuran awal.

### **3.5.2 Optimasi Tepung Pakan Ayam Ras Petelur dari Limbah Tempe**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah limbah kering dari pembuatan tempe yang difermentasi dengan EM4 mampu digunakan sebagai pakan ayam sehingga standar mutu pakan ayam yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) dijadikan sebagai dasar dari optimasi pada penelitian ini. Parameter dalam standard yang dipakai adalah kandungan protein pada pakan. Optimasi tepung pakan ayam ras petelur dilakukan dengan menambahkan *EM4 untuk peternakan* untuk membantu proses fermentasi limbah tempe. Bioaktivator akan divariasikan konsentrasinya (5 %, 10 %, 15 %, dan 20 %). Campuran limbah tempe dan bioaktivator ini didiamkan selama waktu pengomposan 7 hari. Setelah didapatkan bioaktivator dan konsentrasi yang optimal, dilakukan lagi optimasi untuk mencari konsentrasi dan waktu pengomposan yang paling efisien dengan memvariasikan waktu pengomposan (hari). Variasi waktu yang kemudian dilakukan bergantung pada hasil penelitian awal ( 7 hari ), bila hasil belum mencapai standard maka variasi waktu akan dilakukan lebih dari waktu pengukuran awal dan bila telah melewati standard maka dilakukan kurang dari waktu pengukuran awal.

### 3.6 Metode Analisis

#### 3.6.1 Analisis Kandungan Pupuk Organik Cair

Analisis kandungan pupuk organik cair menggunakan metode yang direkomendasikan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian pada tahun 2005 dengan sedikit modifikasi, antara lain:

##### a. Analisis kandungan C-organik (Walkley & Black)

###### Dasar penetapan

Karbon organik dalam contoh dioksidasi oleh dikromat dalam suasana asam. Krom III yang terbentuk setara dengan C-organik yang teroksidasi dan diukur secara spektrometri.

###### Peralatan

- 1) Neraca analitik
- 2) Labu takar volume 100 ml
- 3) Pipet ukur 10 ml
- 4) Pipet volume 5 ml
- 5) Spektrofotometer *visibel*

###### Pereaksi

- 1)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pa. 98%, BJ 1,84
- 2)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  2 N  
Timbang 9,81 g  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  + 10 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pa dalam 100 ml air bebas ion
- 3) Larutan standar 5.000 ppm C  
Timbang 1,25 g glukosa dalam 100 ml air bebas ion

###### Cara kerja

Pipet teliti 5 ml contoh pupuk yang telah dihaluskan ke dalam labu takar volume 100 ml. Tambahkan berturut-turut 5 ml larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  2 N, kocok, dan 7 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pa. 98%, kocok lagi, biarkan 30 menit jika perlu sekali-kali dikocok. Untuk standar yang mengandung 250 ppm C, pipet 5 ml larutan standar 5000 ppm C kedalam labu takar volume 100 ml, tambahkan 5 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan 7 ml larutan

$K_2Cr_2O_7$  2 N dengan pengerjaan seperti di atas. Kerjakan pula blanko yang digunakan sebagai standar 0 ppm C serta kerjakan juga untuk deret standar 50, 100, 150, dan 200 ppm. Masing-masing diencerkan dengan air bebas ion dan setelah dingin volume ditepatkan hingga tanda tera 100 ml, kocok bolak-balik hingga homogen dan biarkan semalam. Esoknya diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 651 nm.

(Balai Penelitian Tanah, 2005)

**b. Analisis kadar logam berat (Hg, As, Pb, Cd), kandungan unsur mikro (Zn, Cu, Mn, Fe) dan  $K_2O$**

Analisis ini dilakukan di Laboratorium Kimia Afiliasi, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia

**Dasar penetapan**

Contoh dioksidasi basah dengan  $HNO_3$  dan  $HClO_4$ . Ekstrak yang diperoleh digunakan untuk mengukur unsur logam berat dengan spektrometer serapan atom (AAS) yaitu FLAME-AAS SHIMADZU AA-6300.

**Peralatan**

- 1) Neraca analitik
- 2) Tabung kimia volume 20 ml
- 3) Vortex mixer
- 4) Pipet ukur volume 10 ml
- 5) Pipet volume 1 ml
- 6) Spektrometer serapan atom

**Pereaksi**

- 1)  $HNO_3$  pekat (65 %) p.a.
- 2)  $HClO_4$  pekat (60 %) p.a.
- 3) Standard 0 (larutan  $HClO_4$  10 %)

- 4) Pipet 10 ml  $\text{HClO}_4$  pekat (60 %) ke dalam labu ukur 100 ml yang telah berisi air bebas ion kira-kira setengahnya, goyangkan dan tambahkan lagi air bebas ion hingga tepat 100 ml.

### **Cara kerja**

Timbang teliti 1,0000 g contoh pupuk ke dalam labu *digestion*. Tambahkan 5 ml  $\text{HNO}_3$  dan 0,5 ml  $\text{HClO}_4$ , kocok-kocok dan biarkan semalam. Panaskan pada *block digestor* mulai dengan suhu  $100^\circ\text{C}$ , setelah uap kuning habis suhu dinaikkan hingga  $200^\circ\text{C}$ . Destruksi diakhiri bila sudah keluar uap putih dan cairan dalam labu tersisa sekitar 0,5 ml. Dinginkan dan encerkan dengan  $\text{H}_2\text{O}$  dan volume ditepatkan menjadi 50 ml, kocok hingga homogen, biarkan semalam atau disaring dengan kertas saring W-41 agar didapat ekstrak jernih (ekstrak A). Pengukuran unsur logam berat diukur langsung dengan AAS.

### **c. Analisis pH**

#### **Dasar penetapan**

Nilai pH menunjukkan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dalam larutan, yang dinyatakan sebagai  $-\log[\text{H}^+]$ . Peningkatan konsentrasi  $\text{H}^+$  menaikkan potensial larutan yang diukur oleh alat dan dikonversi dalam skala pH. Elektrode gelas merupakan elektrode selektif khusus  $\text{H}^+$ , hingga memungkinkan untuk hanya mengukur potensial yang disebabkan kenaikan konsentrasi  $\text{H}^+$ . Potensial yang timbul diukur berdasarkan potensial electrode pembanding (kalomel atau  $\text{AgCl}$ ). Biasanya digunakan satu elektrode yang sudah terdiri atas elektrode pembanding dan elektrode gelas (elektroda kombinasi).

#### **Peralatan**

- 1) pH meter

#### **Bahan Kimia**

Larutan *buffer* pH 7,0 dan pH 4,0

### Cara kerja

pH meter dikalibrasi dengan menggunakan larutan buffer pH 7,0 dan pH 4,0. Kemudian contoh pupuk langsung diukur dengan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi tersebut.

### d. Analisis Kadar $P_2O_5$

#### Dasar Penetapan

Fosfat diukur secara spektrometri dari senyawa kompleks (berwarna kuning) yang terbentuk hasil reaksi dari orthofosfat dengan amonium molibdat dan vanadat. Sampel direaksikan dengan asam nitrat untuk mengubah semua metafosfat dan pirofosfat menjadi orthofosfat, kemudian sampel direaksikan dengan asam molibdat dan asam vanadat sehingga ortofosfat yang ada dalam sampel akan bereaksi dengan pereaksi-pereaksi tersebut dan membentuk kompleks asam vanadimolibdat yang berwarna kuning-oranye. Intensitas warna dari senyawa kompleks tersebut dapat diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 466 nm dan dibandingkan dengan standar fosfor yang telah diketahui konsentrasinya.

#### Peralatan

- 1) Neraca analitik
- 2) Labu ukur 100 ml
- 3) Pemanas listrik/*hot plate*
- 4) Pipet ukur volume 10 ml
- 5) Pipet volume 1 ml
- 6) Pipet ukur 10 ml
- 7) Tabung reaksi 20 ml
- 8) Pengocok tabung (*vortex mixer*)
- 9) Spektrofotometer *visible*

#### Pereaksi

- 1) Air bebas ion



- 2) Air bebas ion dididihkan dan dinginkan sebelum digunakan untuk membuat pereaksi dalam penetapan ini
- 3) HCl p.a. pekat (37%, Bj. 1,19)
- 4) HCl 25 %  
Encerkan 67,5 ml HCl p.a. pekat (37%) dengan air bebas ion menjadi 100 ml
- 5) HNO<sub>3</sub> pa. 67%
- 6) Standar 0  
Pipet 50 ml HCl 25% ke dalam labu ukur 500 ml yang berisi kira-kira 200 ml airbebas ion. Kocok campuran dan impitkan dengan air bebas ion.
- 7) Pereaksi I (amonium molibdat 1%)  
Timbang 1 g NH<sub>4</sub> Mo<sub>7</sub> O<sub>24</sub> .4H<sub>2</sub>O dalam 100 ml air bebas ion.
- 8) Pereaksi II (amonium vanadat 0,5%)  
Timbang 0,05 g NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub> + 7 ml HNO<sub>3</sub> p.a. dalam 100 ml air bebas ion yang telah dididihkan dahulu.
- 9) Pereaksi campuran (satu bagian Pereaksi I + satu bagian pereaksi II)  
Gunakan dalam keadaan segar, tidak dapat dipakai lebih dari 1 malam.
- 10) Standar induk 2000 ppm P dalam H<sub>2</sub>O  
Timbang 0,87 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (yang telah dikeringkan pada 130 °C selama 2 jam), masukan ke dalam labu ukur 100 ml, impitkan hingga tanda garis dengan air bebas ion.
- 11) Standar 500 ppm P  
Pipet 25 ml larutan standar induk 2.000 ppm P ke dalam labu ukur 100 ml.  
Tambahkan 10 ml HCl 25 % dan air bebas ion hingga 100 ml.
- 12) Deret standar P (0-500 ppm P)  
Pipet masing-masing 0; 1; 2; 4; 6; 8; 10 ml standar 500 ppm P. Tambahkan standar 0 hingga masing-masing menjadi 10 ml, kocok. Deret standar ini mengandung 0; 50; 100; 200; 300; 400 dan 500 ppm P.

### Cara Kerja

- 1) Pipet 1 ml pupuk cair ke dalam labu takar volume 100 ml. Tambahkan 10 ml HCl 25 % dengan pipet volume 10 ml.

2) Panaskan pada hot plate sampai larut sempurna, mendidih selama 15 menit. Encerkan dengan air bebas ion dan setelah dingin volume ditepatkan sampai tanda tera 100 ml, tutup kemudian kocok bolak balik dengan tangan sampai homogen. Biarkan semalam atau jika perlu disaring untuk mendapatkan ekstrak jernih dengan cepat

- Pengukuran P

Pipet 1 ml ekstrak jernih atau filtrat dan deret standar P masing-masing ke dalam tabung kimia. Tambahkan masing-masing 9 ml pereaksi campuran, kocok hingga homogen dengan vortex. Diukur dengan spektrophotometer pada panjang gelombang 466 nm dengan deret standar P sebagai pembanding.

#### Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Kadar P}_2\text{O}_5\text{-total (\%)} &= \text{ppm kurva} \times (\text{ml ekstrak } 1.000 \text{ ml}^{-1}) \times (100 \text{ mg contoh}^{-1}) \\ &\quad \times \text{fp} \times (142/90) \\ &= \text{ppm kurva} \times 100/1.000 \times 100/250 \times 142/90 \\ &= \text{ppm kurva} \times 0,04 \times 142/90 \end{aligned}$$

Keterangan:

- ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko
- fp = faktor pengenceran (1 untuk P)
- 142/90 = faktor konversi bentuk  $\text{PO}_4$  menjadi  $\text{P}_2\text{O}_5$

(Balai Penelitian Tanah, 2005)

### 3.6.2 Analisis Kandungan Tepung Pakan Ayam Ras Petelur

Analisis kandungan tepung pakan ayam ras petelur dilakukan dengan metode yang direkomendasikan oleh Badan Penyuluh dan Pengembangan SDM Pertanian pada tahun 2010.

#### a. Penetapan Kadar Air

Prinsipnya yaitu menguapkan air yang ada dalam bahan pakan dengan jalan pemanasan. Kemudian menimbang bahan pakan sampai berat konstan yang berarti semua air sudah diuapkan. Cara ini relatif mudah dan murah. Kelemahan

cara ini adalah bahan lain di samping air, juga ikut menguap dan ikut hilang bersama dengan uap air misalnya alkohol, asam asetat, minyak atsiri dan lain lain.

### Peralatan

- 1) Cawan Porselin.
- 2) Oven dengan temperature  $> 100^{\circ}\text{C}$ .
- 3) Eksikator dan silika gel
- 4) Penjepit.
- 5) Timbangan analitis.

### Cara Kerja

- 1) Ambil cawan porselin, masukkan cawan ke dalam oven, kemudian dipanaskan dengan temperatur  $105^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam.
- 2) Cawan diambil dengan menggunakan penjepit, kemudian dimasukkan ke dalam eksikator dan didinginkan selama 1 jam.
- 3) Cawan ditimbang dengan teliti (berat cawan A gram).
- 4) Timbang sampel dengan teliti sebanyak 3 gram, lalu dimasukkan ke dalam cawan (berat sampel sebelum dioven = B gram).
- 5) Dipanaskan di dalam oven selama 4 jam dengan temperatur  $105^{\circ}\text{C}$ .
- 6) Cawan diambil dari dalam oven, dan dimasukkan ke dalam eksikator selama 1 jam.
- 7) Cawan dan pakan ditimbang dengan teliti. Penimbangan diulangi sebanyak 3 kali dengan interval waktu 1 jam, sampai beratnya tetap (berat cawan dan sampel setelah dioven = C gram).

### Perhitungan

$$\text{Kadar Bahan Kering (BK)} = \frac{C - A}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Berat cawan.

B = Berat sampel sebelum dioven.

C = Berat cawan ditambah berat sampel setelah dioven.

$$\text{Kadar Air} = 100 \% - \% \text{ Kadar Bahan Kering.}$$

### b. Penetapan Kadar Abu (Bahan Organik)

#### Peralatan

- 1) Aluminium disk (Al-disk).
- 2) Tanur dengan tempetatur 550 – 650° C.
- 3) Eksikator (silicagel).
- 4) Penjepit.
- 5) Timbangan analitis.

#### Cara Kerja

- 1) Ambil Al-disk, dan masukkan ke dalam tanur 600° C selama 1 jam.
- 2) Ambil Al-disk dari dalam tanur dengan menggunakan penjepit, masukkan ke dalam eksikator selama 1 jam. Kemudian ditimbang dengan teliti (berat Al-disk = A gram).
- 3) Timbang sampel bahan pakan dengan teliti seberat 3 gram, lalu masukkan ke dalam Al-disk (berat sampel yang masih asli/sebelum menjadi abu = B gram).
- 4) Al-disk dengan sampel pakan yang telah ditimbang, dimasukkan ke dalam tanur dengan temperatur 600 °C selama 4 jam
- 5) Al-disk diambil dengan menggunakan penjepit, dan masukkan ke dalam eksikator untuk didinginkan selama 1 jam, kemudian ditimbang dengan teliti (Berat Al-disk dan sampel setelah menjadi abu = C gram).

#### Perhitungan

$$\text{Kadar abu} = \frac{C - A}{B} \times 100\%$$

### c. Penetapan Kadar Protein (Metode Lowry)

Kadar protein pada pakan ditentukan dengan menggunakan metode reagen fenol Lowry (Lowry dkk. 1951). Langkah pertama adalah reaksi protein dengan tembaga. Kemudian diikuti oleh langkah kedua yaitu reduksi senyawa fosfomolibdat-fosfotungstat oleh tembaga yang berikatan dengan protein.

Reagen Lowry yang terdiri dari tiga macam larutan (A, B dan C). Untuk 100 ml larutan A terdiri dari 2 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan 0,04 g NaOH, 100 ml larutan B terdiri dari 1 g  $\text{CuSO}_4$ , dan 100 ml larutan C terdiri dari 0,2 g  $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ .

Pembuatan reagen Lowry dilakukan dengan mencampurkan ketiga larutan tersebut dengan perbandingan volume larutan A : B : C adalah 98 : 1 : 1. Larutan standar protein dibuat dari Bovine Serum Albumin (BSA) dengan variasi konsentrasi 0 - 1 mg/mL.

Analisis kuantitatif dilakukan dengan menggunakan instrumen spektrofotometer visible dengan panjang gelombang 700 nm.

#### **Alat:**

- 1) Gelas beaker 100 ml
- 2) Neraca analitik
- 3) Hot plate
- 4) Tabung reaksi
- 5) Pipet ukur 100 ml

#### **Cara Kerja:**

##### **Ekstraksi protein sampel**

- 1) Timbang 1 gram sampel. Masukkan dalam gelas 100 ml
- 2) Tambahkan NaOH 1 M sebanyak 25 ml pada sampel kemudian dipanaskan selama 30 menit
- 3) Setelah 30 menit kemudian disaring dan diencerkan 10 kali dengan akuades

##### **Pengukuran kandungan protein**

- 1) 2 ml dari sampel/ air / larutan BSA ditambahkan dengan 2 ml Lowry Fresh dalam tabung reaksi. Kemudian vortex sebentar
- 2) Inkubasi campuran selama 10 menit

- 3) Setelah inkubasi tambahkan 0,2 ml reagen folin
- 4) Inkubasi selama 30 menit
- 5) Absorbansi diukur dengan panjang gelombang 700 nm

#### **d. Penetapan Kadar Lemak Kasar**

##### **Prinsip**

Hexan dipanaskan terus menerus kemudian didinginkan secara kondensasi akan mengekstrak semua bahan-bahan yang larut dalam pelarut organik. Bahan ekstraksi dikumpulkan dalam suatu tabung. Jika proses sudah selesai (4 jam) n-hexan dikumpulkan di tempat lain dan sisa lemak kasar dikeringkan dalam oven, setelah dingin ditimbang. Lemak adalah sekelompok zat-zat yang tidak larut dalam air tetapi larut dalam heksan, eter, kloroform, dan benzene. Senyawa yang termasuk dalam golongan lipida adalah lemak, fosfatida, seterol, dan lain-lain. Lemak merupakan bagian yang terpenting dari golongan zat-zat tersebut. Lemak mengandung C, H, dan O. dalam perbandingannya lemak lebih banyak mengandung C dan H daripada O, misalnya  $C_{57}H_{110}O_6$ . Lemak memberikan 2,25 kali energi lebih banyak dari pada karbohidrat jika mengalami metabolisme karena lemak mengandung unsur H lebih banyak dari pada unsur O.

##### **Peralatan**

- 1) Alat soklet
- 2) Kertas saring
- 3) Gelas ukur
- 4) Oven 105 °C
- 5) Timbangan analitis
- 6) Eksikator
- 7) Penjepit

##### **Bahan yang digunakan**

- 1) n – hexan
- 2) Es batu

### Cara kerja

- 1) Timbang kertas saring bebas abu, misal A gram.
- 2) Ambil sampel kira-kira 3 gram taruh di atas kertas saring dan timbang kembali, misal beratnya B gram.
- 3) Bungkus sampel dengan menggunakan kertas saring tersebut, kemudian masukkan sampel ke dalam selongsong soklet.
- 4) Isi soklet dengan 150 ml n-hexan.
- 5) Hubungkan selang pendingin dengan pompa dalam ember berisi air dan es batu
- 6) Peralatan Soklet dinyalakan dan biarkan proses ekstraksi berjalan selama 4 jam.
- 7) Ambil sampel yang terbungkus kertas saring kemudian dimasukkan dalam oven 105 °C selama 1 jam
- 8) Masukkan sampel dalam eksikator, ketika suhu sudah turun, timbang pada neraca analitik hingga diperoleh berat yang tetap misal D gram

### Perhitungan

$$\text{Kadar lemak} = \frac{B-D}{B-A} \times 100 \%$$

### e. Penetapan Kadar Serat Kasar

#### Prinsip

Serat kasar adalah suatu indikator dari daya cerna dan bulkiness dari suatu bahan. Serat kasar merupakan senyawa yang tidak larut jika direbus berturut-turut dalam larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,3n selama 30 menit dan NaOH 1,5n selama 25 menit. Tujuan penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk menguraikan senyawa N dalam pakan, penambahan NaOH untuk menguraikan/penyabunan senyawa lemak dalam pakan sehingga mudah larut. Sisa bahan pakan yang tidak tercerna setelah proses perebusan kemudian ditimbang dan diabukan. Perbedaan berat residu pertama dan berat residu setelah diabukan menunjukkan jumlah serat yang terdapat dalam suatu bahan pakan.

Fraksi serat kasar terdiri dari selulosa, hemi selulosa dan lignin. Pada ternak ruminansia dan herbivora non ruminansia selulosa dapat dicerna melalui degradasi microbial. Mendekati 95 % dari serat kasar adalah selulosa. Sistem ini

dikembangkan oleh Van Soest untuk mengevaluasi fraksi-fraksi dari suatu bahan pakan yang dapat dicerna.

### **Peralatan**

- 1) Timbangan analitis
- 2) Beaker glas untuk serat kasar
- 3) Alat untuk mendidihkan
- 4) Corong filtrasi
- 5) Oven 140°C
- 6) Tanur 550 – 600 °C

### **Bahan kimia yang digunakan**

- 1) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,3n
- 2) NaOH 1,5n
- 3) HCl 0,3n
- 4) Aceton
- 5) Aquadest panas

### **Cara kerja**

- 1) Timbang kertas minyak, misal kertas A gram. Ambil sampel kira-kira 1 gram taruh di atas kertas minyak dan timbang kembali, misal beratnya B gram. Tuangkan sampel (kertas minyak tidak diikutkan) dalam beaker glas khusus untuk analisa serat kasar dan tambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,3n sebanyak 50 ml dengan menggunakan gelas ukur, didihkan selama 30 menit
- 2) Selanjutnya dengan cepat ditambahkan 25 ml NaOH 1,5n dan didihkan lagi selama 25 menit tepat





**Gambar 3.2. Perebusan sampel dengan asam dan basa kuat**

- 3) Matikan tombol pemanas. Ambil beaker glas
- 4) Saring dengan corong filtrasi yang dihubungkan dengan keran untuk suasana vakum



**Gambar 3.3. Corong filtrasi vakum**

- 5) Bersihkan beaker glas dengan aquadest panas sesedikit mungkin sampai semua larutan masuk ke cawan filtrasi
- 6) Lalu tambahkan 50 ml HCl 0,3n diamkan 1 menit lalu dihisap dengan pompa vakum
- 7) Ditambahkan dengan 10 ml aquadest panas (sampai 5 kali)

- 8) Kemudian ditambahkan 10 ml aceton dan dihisap dengan pompa vakum
- 9) Kemudian ditambahkan lagi 40 ml aceton, diamkan 1 menit lalu dihisap sampai kering
- 10) Selanjutnya di oven pada temperatur 140 °C selama 1,5 jam, kemudian masukkan ke dalam eksikator selama 1 jam dan ditimbang dengan teliti (beratnya C gram)
- 11) Setelah itu masukkan ke dalam tanur 550-600 °C selama 2 jam, keluarkan dengan tang penjepit dan masukkan kembali ke dalam eksikator, diamkan selama 1 jam dan timbanglah dengan teliti (beratnya D gram).

#### **Perhitungan**

$$\text{Kadar Serat Kasar} = \frac{C-D}{B-A} \times 100 \%$$

#### **f. Analisis Kandungan Total Aflatoksin**

Analisis kandungan total aflatoksin dilakukan dengan metode analisis ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*) (Yusrini, 2005).

#### **Prinsip dasar**

Menurut Burgess pada tahun 1995, ELISA adalah suatu teknik deteksi dengan metode serologis yang berdasarkan atas reaksi spesifik antara antigen dan antibodi, mempunyai sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi dengan menggunakan enzim sebagai indikator (Yusrini, 2005).

Prinsip dasar ELISA adalah analisis interaksi antara antigen dan antibodi yang teradsorpsi secara pasif pada permukaan fase padat dengan menggunakan konjugat antibody atau antigen yang dilabel enzim. Enzim ini akan bereaksi dengan substrat dan menghasilkan warna. Warna yang timbul dapat ditentukan secara kualitatif dengan pandangan mata atau kuantitatif dengan pembacaan nilai absorbansi (OD) pada ELISA *plate reader* (Yusrini, 2005).

**Bahan yang digunakan**

- 1) Tepung pakan ternak hasil optimasi
- 2) Akuades
- 3) Metanol pa
- 4) Metanol 70%
- 5) Tween 20%
- 6) *Plate* yang sudah dilapisi antibody aflatoksin B1
- 7) Larutan standard aflatoksin dengan konsentrasi 0, 5, 15, dan 50 ppb
- 8) Larutan konjugat aflatoksin-HRP
- 9) Larutan substrat (K-Blue) untuk memberikan warna pada ikatan antara antibodi dan contoh yang dianalisis
- 10) Larutan penghenti reaksi ( $H_2SO_4$  1,25 M)

**Peralatan**

- 1) Erlenmeyer 125 ml
- 2) Tabung 15 ml
- 3) Corong
- 4) Tisu
- 5) Pengatur waktu
- 6) Spidol
- 7) Kertas saring Whatman no. 41
- 8) *Shaker* (Labinco LD-45)
- 9) Vortex
- 10) Supid
- 11) Kertas timbang
- 12) ELISA *reader*
- 13) *Multichanel pipet* 50-300  $\mu$ l
- 14) *Pipet tip* 100 $\mu$ l dan 1000  $\mu$ l
- 15) Gelas ukur 1000 ml
- 16) Kain penyerap
- 17) Bak untuk pembuangan
- 18) *Plate* untuk pencampuran

- 19) *Plate holder*
- 20) Reservoir
- 21) Lemari pendingin
- 22) Neraca analitik (Shimadzu)

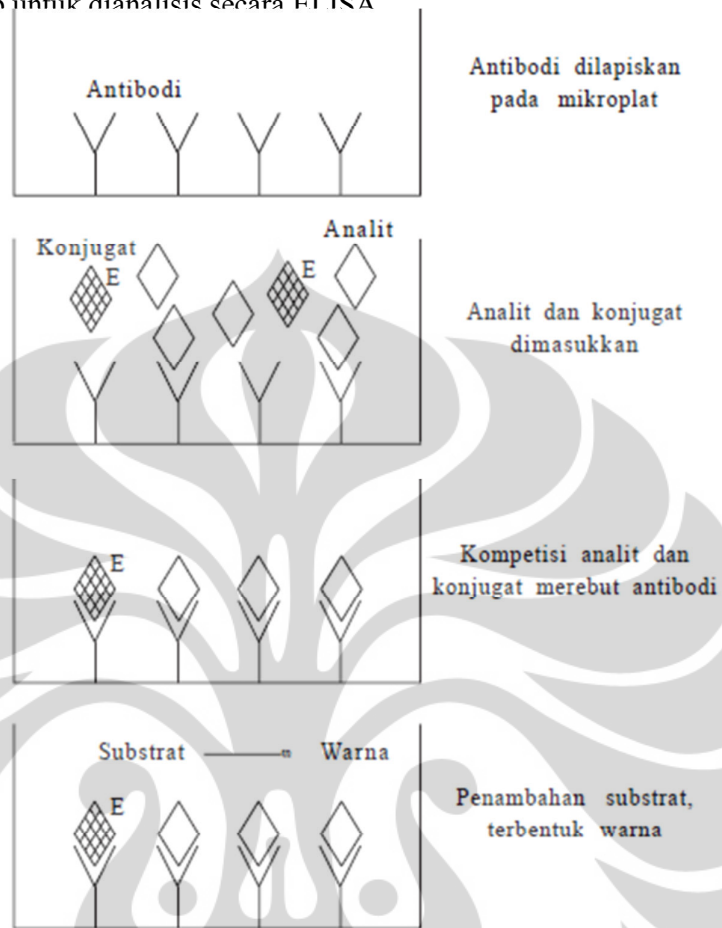
### **Prinsip percobaan**

Percobaan dilakukan dengan menggunakan perangkat ELISA komersial aflatoxin B<sub>1</sub> dari Neogen yang mempergunakan prinsip dasar ELISA secara kompetitif langsung. Analisis berlangsung dalam wadah *microwell* (mikroplat) dengan konsentrasi antibody yang dilapiskan pada mikroplat 0 mg/ ml. Aflatoxin B<sub>1</sub> yang terdapat pada contoh yang diperiksa akan berkompetisi dengan antibody yang berada dalam mikroplat. Bahan atau pereaksi yang tidak berikatan akan terbuang setelah mengalami proses pencucian. Dengan menambahkan substrat pada mikroplat akan terbentuk warna pada ikatan antara antibody dan enzim konjugat. Semakin biru warna yang dihasilkan, semakin kecil aflatoxin B<sub>1</sub> yang terdapat pada contoh yang dianalisis. Hasil analisis ditentukan dengan membaca *optical density* (OD) pada *ELISA reader*. Kurva kalibrasi, plot antara nilai OD dan konsentrasi standard aflatoxin B<sub>1</sub> dibuat dan digunakan untuk menghitung kadar aflatoxin B<sub>1</sub> pada contoh.

### **Penyiapan contoh**

- 1) Siapkan 1000 ml larutan methanol 7 % dengan cara melarutkan 700 ml methanol pa dan 300 ml akuades dalam gelas ukur 1000 ml
- 2) Siapkan 100 ml tween 10 % dengan melarutkan 10 ml tween 20 % dan 90 ml akuades
- 3) Siapkan akuades pencuci 500 ml yang telah diberi 500 µl tween 10 %
- 4) Masing-masing contoh ditimbang 5 g kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 125 ml
- 5) Masing-masing contoh dilarutkan (ditambahkan) dengan 25 ml larutan methanol 70 %
- 6) Contoh dikocok selama 30 menit dan didiamkan sampai mengendap
- 7) Contoh disaring dengan memakai kertas saring Whatman no. 41
- 8) Contoh yang telah disaring dimasukkan ke dalam botol contoh

9) Contoh siap untuk dianalisis secara ELISA



Gambar 3.4. Prinsip Dasar ELISA Kompetitif Langsung (Yusrini, 2005)

#### Cara kerja

- 1) Lubang sumur (mikroplat) untuk mencampur larutan standard disiapkan. Semua pereaksi dari *kit* aflatoksin B<sub>1</sub> dikeluarkan dari lemari pendingin dan dibiarkan hangat pada suhu kamar
- 2) Untuk melakukan kalibrasi standard aflatoksin B<sub>1</sub> diperlukan lima mikroplat untuk blanko (tanpa penambahan contoh, berisi pelarut), satu mikroplat untuk kontrol berisi enzim konjugat, dan tiga mikroplat untuk larutan standard yang berlainan konsentrasi dan contoh
- 3) Larutan standard aflatoksin 100 µl dimasukkan ke dalam masing-masing mikroplat dengan konsentrasi 5 ppb, 15 ppb, begitu juga 100 µl ekstrak

contoh untuk setiap contoh yang akan dianalisis, 100 µl methanol 70% untuk kontrol, dan 200 µl metanol 70% untuk blanko

- 4) Larutan konjugat 100 µl dimasukkan ke setiap mikroplat, baik yang berisi larutan standard maupun contoh, kecuali mikroplat yang berisi blanko
- 5) Larutan diaduk dengan pipet *multichannel* dengan melakukan pemipetan dan mengeluarkannya kembali, sampai tiga kali
- 6) Dari tiap-tiap mikroplat yang sudah berisi larutan standard, contoh maupun blanko dipipet masing-masing 75 µl dan dimasukkan ke dalam mikroplat yang sudah dilapisi antibodi dan dibiarkan selama 2 menit
- 7) Setelah 2 menit, larutan dibuang dan semua mikroplat dicuci dengan akuades dengan cara mengisi dan membuangnya sampai lima kali
- 8) Semua mikroplat yang sudah dicuci, dikeringkan dengan membalikkan mikroplat tersebut di atas kain atau kertas peresap air
- 9) Ke dalam masing-masing ditambahkan 100 µl larutan substrat (K-Blue) dan biarkan selama 3 menit
- 10) Setelah 3 menit, tambahkan 100 µl larutan penghenti reaksi ( $H_2SO_4$  1,25 M) ke dalam masing-masing lubang sumur dan hasilnya siap dibaca pada ELISA *reader*.

(Yusrini, 2005)

**g. Kandungan energi bruto (gross energy)**

Pengukuran kandungan energi bruto pada pakan dilaksanakan di laboratorium pakan ternak Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor.

**Prinsip:** Contoh dibakar dengan listrik di bawah tekanan  $O_2$ . Jumlah panas yang dihasilkan diukur oleh calorimeter yang telah bekerja secara otomatis.

**Peralatan:**

- 1) Seperangkat calorimeter digital
- 2) Par oxygen bomb
- 3) Neraca analitik

**Cara kerja:**

- 1) Sampel ditimbang kurang lebih 0,5 gram kemudian letakan pada piring bomb
- 2) Tutup bomb dengan hati – hati agar tidak bergeser

- 3) Isi bomb dengan  $O_2$  dari tabung
- 4) Masukkan dalam calorimeter
- 5) Isi profil sampel (nama dan berat)
- 6) Nyalakan alat dan tunggu hingga hasil dapat terbaca



**Gambar 3.5. Perangkat kalorimeter digital**



**Gambar 3.6. Par Oxygen Bomb**

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah dari pembuatan tempe agar menjadi sesuatu yang berguna dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Produk yang dipilih untuk pemanfaatan limbah ini adalah pupuk organik cair dan tepung pakan ayam. Pupuk organik cair dan tepung pakan ayam yang dibuat dari limbah tempe perlu untuk dianalisis kandungannya agar dapat dikatakan layak untuk digunakan.

Persyaratan teknis minimal pupuk organik hasil pembahasan pakar lingkup Puslitbangtanak, Direktorat Pupuk dan Pestisida, IPB Jurusan Tanah, Depperindag, serta Asosiasi Pengusaha Pupuk dan Pengguna seperti yang telah ditampilkan pada bagian tinjauan pustaka makalah ini, dijadikan sebagai acuan untuk menganalisis produk pupuk organik cair. Produk yang berbahan dasar dari air hasil rebusan kedelai ini diharapkan dapat mendekati atau menyamai standar pupuk yang dijadikan acuan resmi untuk kualitas pupuk di Indonesia sehingga dapat dikatakan layak untuk digunakan.

Sebagai standar mutu pakan ayam dari limbah tempe ini, dipilih standar mutu pakan ayam ras petelur yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) yang tertera dalam SNI 01-3929-2006 tentang pakan ayam ras petelur (layer). Tabel standar mutu pakan ayam ini juga telah ditampilkan pada bagian tinjauan pustaka makalah ini.

#### **4.1 Uji Kandungan Pupuk Organik Cair**

Persyaratan teknis minimal pupuk organik memiliki parameter – parameter yang perlu untuk dipenuhi nilai kandungannya untuk dapat dikatakan layak sebagai pupuk organik cair antara lain kandungan C-organik, kadar logam berat, pH, kadar total  $P_2O_5$  dan  $K_2O$ , serta kadar unsur mikro.



#### 4.1.1 Pengukuran Kandungan C-organik

Nilai C-organik minimum yang harus terkandung dalam pupuk organik cair dari tabel persyaratan teknis minimal pupuk organik, adalah sebesar 4,5 %. Untuk pengambilan data kandungan C-organik yang pertama, ditentukan konsentrasi EM4 yang divariasikan adalah 5 %, 7 %, 10 %, dan 20 %. Diberikan pula 2 perlakuan pada masing – masing variasi konsentrasi yaitu fermentasi dengan menggunakan atau tidak menggunakan aerasi dari pompa akuarium. Perlakuan tanpa aerasi tidak diberikan aerator namun setiap 2 hari sekali penutup wadah fermentasi dibuka dan limbah terfermentasi ini diaduk sebentar. Dilakukan juga pengukuran kandungan C-organik pada air limbah tempe yang tidak diberikan EM4 (0 % EM4). Waktu fermentasi untuk pengambilan data pertama adalah 6 hari untuk semua variasi konsentrasi dan perlakuan. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.1. Kandungan C-organik pada perlakuan tanpa aerasi**

Konsentrasi EM4 (%)	Kandungan C-organik (%)
0	3,43
5	3,98
7	4,03
10	4,35
20	4,61

**Tabel 4.2. Kandungan C-organik pada fermentasi dengan aerasi**

Konsentrasi EM4 (%)	Konsentrasi C-organik (%)
5	3,85
7	3,98
10	4,24
20	4,49

Kedua tabel di atas memperlihatkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara sampel yang difermentasi dengan aerasi dengan tanpa aerasi. Ditinjau dari segi kepraktisan dalam pembuatannya, maka untuk penelitian

selanjutnya, perlakuan yang dipilih adalah tanpa menggunakan aerasi. Selain lebih praktis, cara ini juga lebih hemat biaya peralatan sebab tidak perlu membeli aerator dan juga listrik untuk pengoperasiannya. Dari tabel 7 juga dapat dilihat kandungan C-organik pada limbah cair tempe yang belum difermentasi yaitu sebesar 3,4 %. Terlihat bahwa limbah cair tempe tanpa fermentasi belum dapat memenuhi standar kandungan C-organik yang ditetapkan dalam persyaratan teknis minimal pupuk organik cair.

Kandungan C-organik minimal pada persyaratan teknis pupuk organik adalah sebesar 4,5 %. Dari hasil penelitian awal, terdapat variasi konsentrasi EM4 pada limbah cair tempe yang sudah dapat memenuhi persyaratan teknis pupuk organik cair yaitu pada konsentrasi pemberian EM4 sebesar 20 % pada perlakuan tanpa aerasi. Selain memiliki hasil yang lebih tinggi dalam kandungan C-organik, perlakuan tanpa aerasi juga menjadi lebih sederhana untuk dilakukan. Aerasi dilakukan dengan menggunakan aerator yang berarti akan membutuhkan dana lebih dalam prakteknya. Berhubung hasil dari penelitian ini diharapkan akan diterapkan oleh para pengusaha/pembuat tempe, maka perlakuan tanpa aerasi ini yang akan direkomendasikan karena selain kandungan C-organik yang lebih tinggi, juga akan lebih praktis dan hemat dalam pelaksanaannya untuk dilakukan oleh para pengusaha tempe. Metode tanpa aerasi dalam pembuatan pupuk organik cair ini juga telah umum dilakukan oleh petani atau penghobi tanaman hias, biasanya digunakan wadah dengan penutup kemudian campuran pupuk hanya diaduk selang waktu 2 hari sekali (Tim Penulis PS, 2008; Purwendro, 2006; Suryati, 2009)

Fermentasi selama 6 hari menghasilkan nilai kandungan C-organik yang telah melewati batas standar teknis pupuk organik cair untuk konsentrasi penambahan EM4 sebesar 20 %. Konsentrasi pemberian EM4 sebanyak 20 % masih cukup efisien dibanding waktu fermentasi lebih lama dari 6 hari. Maka penelitian selanjutnya dilakukan untuk mencari waktu tersingkat saat limbah terfermentasi telah mencapai standar minimum pupuk organik cair. Untuk itu penelitian selanjutnya mengambil variasi waktu di bawah 6 hari, yaitu 3, 4, dan 5 hari. Variasi konsentrasi EM4 untuk memfermentasi limbah cair tempe yang

diambil adalah pada konsentrasi 7, 10, dan 20 (dalam %). Komposisi limbah cair tempe yang didapatkan dari pembuat tempe tidak seragam dikarenakan dalam proses perebusan dan perendaman kedelai tidak digunakan takaran yang pasti dan akurat akan perbandingan air dengan kedelainya, sehingga variasi konsentrasi 7 % dan 10 % tetap dimasukkan dalam variasi konsentrasi saat penentuan waktu yang paling efisien. Perlakuan fermentasi sama seperti penelitian awal 6 hari dan tidak menggunakan aerasi.

**Tabel 4.3. Kandungan C-organik pada hari ke-0**

Konsentrasi EM4 (%)	Kandungan C-organik (%)
7	3,55
10	4,46
20	4,99

Pengukuran kandungan C-organik dilakukan saat limbah cair tempe ditambahkan dengan EM4 dalam berbagai konsentrasi. Pada pengukuran awal ini didapat bahwa pada konsentrasi EM4 sebanyak 20 % dalam limbah cair tempe telah memiliki kandungan C-organik sebesar 4,9 % yang dengan kata lain telah melampaui batas minimum C-organik yang ditetapkan pada standard. Hal ini dikarenakan pada cairan EM4 sudah terkandung molase yang berfungsi sebagai makanan awal bakteri. Kandungan C-organik yang telah memenuhi standard ini belum dapat menjadi indikator bahwa limbah cair tempe terfermentasi ini telah dapat digunakan sebagai pupuk. Hal ini dikarenakan mikroba dalam EM4 belum tumbuh dan berkembang sehingga belum mengurai senyawa organik kompleks yang terkandung dalam limbah cair tempe menjadi unsur organik yang lebih sederhana. Mikroba dari EM4 dalam limbah cair tempe yang sudah berkembang dengan baik ditandakan dengan munculnya lapisan jamur putih pada permukaan limbah cair terfermentasi.

**Tabel 4.4. Kandungan C-organik pada hari ke-3**

Konsentrasi EM4 (%)	Kandungan C-organik (%)
7	2,86
10	3,62
20	4,04

Hasil pengukuran kandungan C-organik pada hari yang ketiga disajikan dalam tabel 11. Dapat dilihat bahwa dari variasi konsentrasi 7, 10, dan 20 % dan waktu fermentasi selama 3 hari ternyata mengalami penurunan kandungan C-organik dari kandungan C-organik yang diukur saat awal penambahan EM4 pada limbah cair tempe. Hal ini berarti pada hari ke-3 kandungan C-organik pada limbah tempe belum dapat memenuhi standar minimum C-organik yang disyaratkan dalam standar minimum pupuk organik cair yaitu 4,5 %. Penurunan kandungan C-organik dalam limbah cair tempe yang ditambah dengan EM4 disebabkan oleh mikroba yang menggunakan C-organik sebagai sumber energinya untuk beraktivitas dan berkembang.

**Tabel 4.5. Kandungan C-organik pada hari ke-4**

Konsentrasi EM4 (%)	Kandungan C-organik (%)
7	2,60
10	3,37
20	3,81

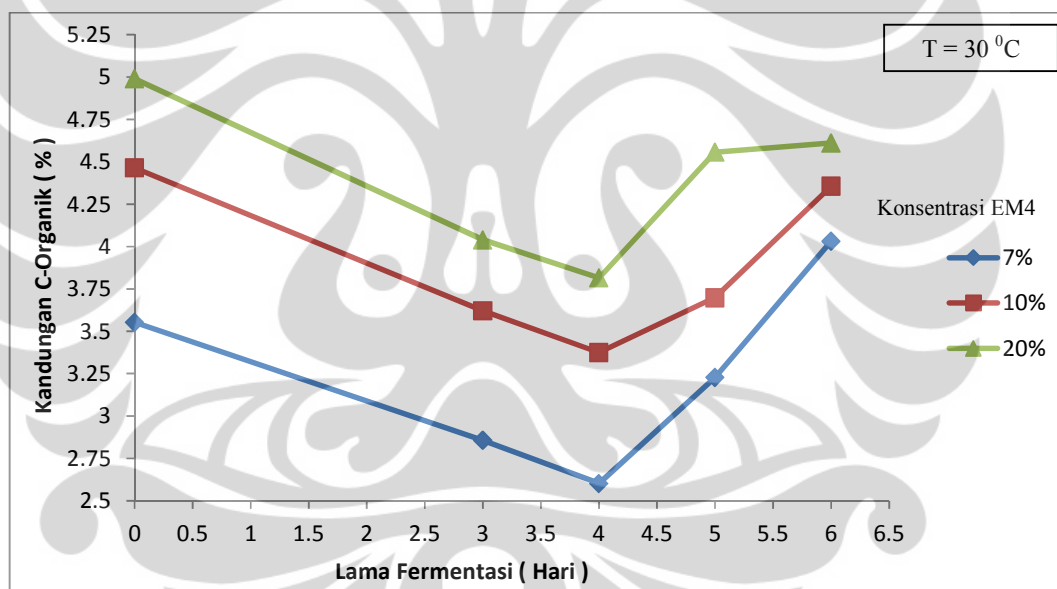
Pengukuran C-organik selanjutnya dilakukan pada hari ke-4. Tabel 12 memperlihatkan bahwa kandungan C-organik pada hari ke-4 mengalami penurunan untuk semua variasi konsentrasi sama halnya dengan hasil pengukuran pada hari yang ke-3. Hal ini menandakan bahwa hingga hari ke-4 mikroba dari EM4 yang ditambahkan ke dalam limbah cair tempe masih terus berkembang dan menggunakan C-organik untuk aktivitas dan penambahan jumlah selnya. Pada hari yang ke-4 juga mulai terlihat adanya pertumbuhan jamur putih di atas lapisan

limbah cair tempe. Hal ini menandakan bahwa terjadi perkembangan dan aktivitas mikroba dalam limbah cair tempe.

**Tabel 4.6. Kandungan C-organik pada hari ke-5**

Konsentrasi EM4 (%)	Kandungan C-organik (%)
7	3,23
10	3,70
20	4,56

Pengukuran kandungan C-organik juga dilakukan pada hari ke-5. Hasilnya disajikan pada tabel 13. Dapat terlihat bahwa pada hari ke-5, terjadi peningkatan kandungan C-organik pada semua variasi konsentrasi dari hari yang ke-4.



**Gambar 4.1. Perubahan C-organik terhadap lama fermentasi**

Dari hasil penelitian ini, terlihat bahwa nilai kandungan C-organik pada limbah cair tempe terfermentasi dapat meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi EM4 sebagai bioaktivator. Hal ini dikarenakan dalam cairan EM4 sudah terdapat sumber karbon berupa molase yang berguna untuk cadangan makanan mikroorganisme yang terkandung dalam EM4. Limbah cair industri pembuatan tempe berasal dari air rendaman dan rebusan kedelai sebelum akhirnya diolah dengan ragi menjadi tempe. Kandungan zat-zat organik pada air limbah ini

masih relatif cukup untuk dijadikan sumber energi dan diolah oleh bakteri maupun yeast yang ada di EM4.

EM4 terdiri dari kumpulan mikroorganisme yang telah diseleksi untuk dapat berfungsi sebagai pembenah tanah maupun sumber nutrisi bagi tanaman. Senyawa-senyawa seperti karbohidrat dan lemak dapat diurai menjadi C-organik oleh mikroorganisme dari EM4 yang nantinya dapat dimanfaatkan oleh bakteri asam laktat sebagai sumber energi dan bila diberikan pada tanah maka akan menjadi tambahan zat organik tanah yang nantinya akan dimanfaatkan oleh mikroflora tanah dan memberi efek positif bagi tumbuhan.

Sumber karbon yang terdapat dalam limbah tempe dimanfaatkan untuk membentuk bakteri baru sehingga terjadi peningkatan biomass bakteri. Hal ini diduga memberi kenaikan pada nilai C-organik yang terkandung dalam limbah terfermentasi. Aktivitas dari bakteri fotosintetik yang memanfaatkan  $\text{CO}_2$  yang bukan merupakan C-organik untuk diubah menjadi senyawa organik juga diduga memiliki peran dalam fenomena ini.  $\text{CO}_2$  banyak dihasilkan oleh kelompok mikroba lain sebagai hasil pemecahan senyawa organik yang dilakukan hingga puncaknya pada hari ke-4, sehingga mulai dari hari ke-4 ini bakteri fotosintetik memiliki banyak  $\text{CO}_2$  yang dapat menjadi bahan pembentukan sel baru. Sebelumnya juga telah dibahas bahwa mikroba pada EM4 dianggap telah berhasil berkembang dengan baik ditandai dengan munculnya lapisan jamur pada permukaan limbah terfermentasi, hal ini juga konsisten dengan pengamatan fisik pupuk dimana hari ke-4 merupakan awal munculnya permukaan putih pada EM4.



**Gambar 4.2.** Munculnya permukaan jamur pada limbah terfermentasi (kiri ke kanan: 2, 4 dan 6 hari)

Selain itu, dalam kandungan limbah tempe awal juga telah terkandung  $\text{CO}_2$  sehingga terjadi konversi dari karbon anorganik menjadi karbon organik

yang menyebabkan kandungan karbon organik dapat lebih tinggi dari kandungan C-organik pada pengukuran awal sebelum dilakukan fermentasi menggunakan EM4.

#### 4.1.2 Pengukuran pH

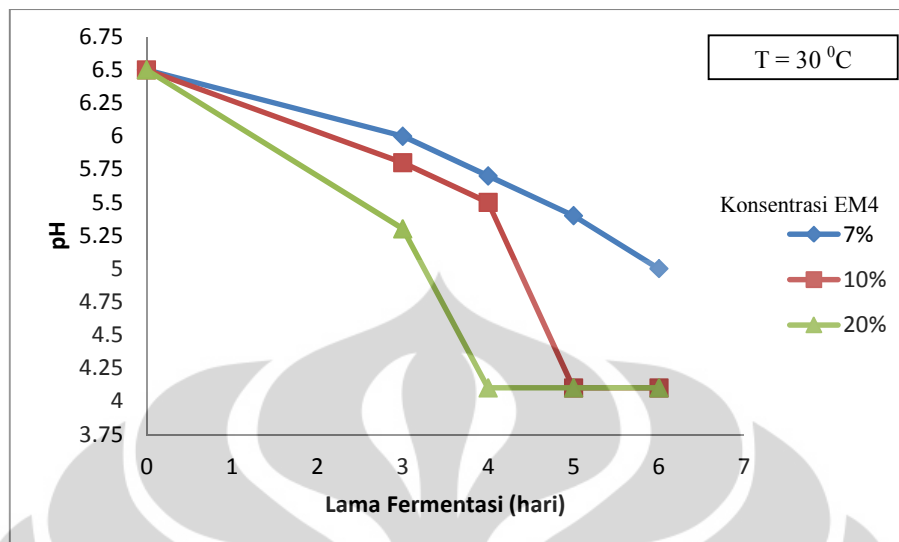
Pengukuran pH juga dilakukan setelah pengukuran kandungan C-organik. pH optimum untuk proses penguraian bahan organik menurut (Sutanto, 2002) antara 5 – 8. Menurut standar minimal pupuk organik cair, pH yang direkomendasikan adalah pada kisaran pH 4-8.

Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter yang terlebih dahulu dikalibrasi dengan larutan buffer pH 4 dan 7. Hasil pengukuran pH terhadap limbah tempe terfermentasi ini adalah 4,1 pada konsentrasi 20 % di hari ke-4. Dari hasil tersebut maka pupuk organik cair dengan bahan dasar limbah cair tempe yang difermentasi dengan EM4 ini masih memenuhi standar minimum yang disyaratkan.

Larutan EM4 memiliki pH 4,5 sedangkan limbah cair tempe memiliki pH 6,5. Nilai pH 4,1 ini dikarenakan adanya aktivitas dari bakteri asam laktat yang merupakan komponen mikroorganisme terbesar yang dikandung dari EM4. Bakteri ini memproduksi asam organik hasil dari fermentasi zat organik yang terkandung dari limbah cair tempe seperti karbohidrat, protein, dan lemak. Asam organik tersebut antara lain asam laktat, asam asetat, atau asam piruvat (Suriawiria, 2003). Pada konsentrasi EM4 dalam campuran sebesar 10 % dan 20 % nilai pH tidak berubah setelah hari ke-4 sampai hari ke-6, yaitu pada nilai 4,1. Hal ini diduga karena proses perombakan senyawa organik menjadi asam organik sudah berhenti atau dalam laju yang kecil sehingga nilai pH tetap.

**Tabel 4.7. Pengukuran pH fermentasi limbah tempe**

Konsentrasi larutan EM4	Waktu ( hari )				
	0	3	4	5	6
7	6,5	6	5,7	5,4	5
10	6,5	5,8	5,5	4,1	4,1
20	6,5	5,3	4,1	4,1	4,1



**Gambar 4.3. Perubahan pH terhadap lama fermentasi**

Dalam aplikasi pupuk cair hasil fermentasi limbah tempe ini, pupuk cair akan kembali diencerkan dengan air pada perbandingan 1:100 atau sesuai dengan aplikasi EM4 pada jenis tanaman yang spesifik. Maka saat penggunaannya pH akan berkisar pada derajat keasaman netral ( pH 6-8 ) sehingga aman untuk diaplikasikan baik pada tanaman maupun tanah. Unsur hara pada pH normal akan tersedia dalam jumlah normal. Pada pH tinggi di atas 8 maka unsur – unsur N, Fe, Mn, Cu, dan Zn tersedia dalam jumlah relatif sedikit, sedangkan P kurang tersedia karena terikat oleh C. Sedangkan pada pH rendah, kurang dari 6, maka ketersediaan unsur P, K, Ca, dan Mg berkurang dengan cepat, bila pada pH sangat rendah maka ion Fe yang terkandung akan mengikat ion fosfat yang tersedia (Setyamidjaja, 1992)

#### 4.1.3 Pengukuran kandungan $P_2O_5$ Total

Pengukuran kandungan fosfor pada pupuk dalam bentuk  $P_2O_5$  dilakukan dengan metode spektrofotometri. Standar minimum pupuk organik cair mensyaratkan bahwa kandungan  $P_2O_5$  total yang terkandung dalam pupuk cair tidak lebih dari 5 %. Dari hasil pengukuran dengan spektrofotometer dan perhitungan konversi menjadi bentuk persentase, diketahui bahwa limbah cair tempe yang terfermentasi ini memiliki kandungan  $P_2O_5$  total sebesar 1,57 % atau dengan kata lain kandungan  $P_2O_5$  total pada sampel pupuk ini juga masuk ke dalam standard minimum pupuk organik cair.



#### 4.1.4 Pengukuran kandungan K<sub>2</sub>O total

Pengukuran kandungan kalium pada pupuk dalam bentuk K<sub>2</sub>O dilakukan di laboratorium kimia afiliasi fakultas MIPA Universitas Indonesia. Pengukuran dilakukan dengan metode AAS. Standar minimum pupuk organik cair mensyaratkan bahwa kandungan K<sub>2</sub>O yang terkandung dalam pupuk cair tidak lebih dari 5 %. Dari hasil pengukuran, diketahui bahwa limbah cair tempe terfermentasi memiliki kandungan K<sub>2</sub>O sebesar 0,5 % atau dengan kata lain kandungan K<sub>2</sub>O pada sampel pupuk ini juga masuk ke dalam standard minimum pupuk organik cair.

#### 4.1.5 Pengukuran kandungan logam berat

Kandungan logam berat yang diukur dari pupuk adalah merkuri (Hg), arsen (As), timbal (Pb), dan cadmium (Cd). Efek dari logam berat ini telah dibahas sebelumnya pada bagian tinjauan pustaka. Kandungan logam berat ini diukur dengan menggunakan metode AAS di laboratorium kimia afiliasi Fakultas MIPA Universitas Indonesia. Hasil dari pengukuran kandungan logam berat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.8. Kandungan Unsur Logam Berat

Parameter	Hasil Pengukuran (ppm)
Merkuri (Hg)	0,04
Arsen (As)	0,02
Timbal (Pb)	<0,01
Cadmium (Cd)	<0,01

Pengukuran kandungan logam berat pada limbah cair tempe terfermentasi ini menyatakan bahwa logam berat dalam hal ini merkuri, arsen, timbal, dan cadmium yang terkandung dalam limbah cair tempe terfermentasi ini masih di bawah persyaratan teknis untuk pupuk organik.

#### 4.1.6 Pengukuran kadar unsur mikro

Kadar unsur mikro dalam pupuk yang diukur adalah tembaga (Cu), mangan (Mn), besi (Fe), dan seng (Zn). Kandungan unsur mikro ini diukur dengan menggunakan metode AAS di laboratorium kimia afiliasi Fakultas MIPA

Universitas Indonesia. Hasil pengukuran kadar unsur mikro disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 4.9. Kadar Unsur Mikro**

<b>Parameter</b>	<b>Hasil Pengukuran ( % )</b>
Tembaga ( Cu )	0,000024
Mangan ( Mn )	< 0,000001
Besi ( Fe )	0,000103
Seng ( Zn )	0,000272

Hasil pengukuran terhadap kandungan unsur mikro pada limbah cair tempe terfermentasi menyatakan bahwa kandungan unsur mikro dalam limbah cair tempe terfermentasi masih berada di bawah nilai maksimum yang disyaratkan pada persyaratan teknis pupuk organik cair.

Unsur mikro merupakan unsur yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah sedikit. Unsur seperti seng (Zn) berperan dalam pertumbuhan biji dan pertumbuhan vegetatif pada tanaman, namun bila jumlahnya sedikit saja berlebih maka akan menjadi racun bagi tanaman (Jumani, 2009). Pupuk cair dapat langsung diserap oleh akar tanaman sehingga jumlahnya harus dijaga pada batas aman agar tidak berlebih dan meracuni tumbuhan.

#### **4.1.7 Perbandingan pengukuran dengan syarat teknis pupuk cair**

Dari pengukuran parameter-parameter yang disyaratkan dalam Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik dapat dinyatakan bahwa untuk limbah tempe yang difermentasikan dengan EM4 dengan konsentrasi 20% selama 5 hari telah dapat memenuhi nilai parameter yang disyaratkan.

**Tabel 4.10. Perbandingan nilai persyaratan dengan pengukuran**

Parameter	Kandungan	
	Persyaratan Pupuk Organik Cair	Limbah cair terfermentasi
C – Organik ( % )	Minimum 4,5	4,56
As (ppm)	Maks 10	0,02
Hg (ppm)	Maks 1	0,04
Cd (ppm)	Maks 10	< 0,01
Pb (ppm)	Maks 50	< 0,01
pH	4 – 8	4,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ( % )	< 5	1,57
K <sub>2</sub> O ( % )	< 5	0,5
Zn ( % )	Maks 0,25	0,000272
Mn ( % )	Maks 0,25	< 0,000001
Cu ( % )	Maks 0,25	0,000024
Fe ( % )	Maks 0,04	0,000103

## 4.2 Uji kandungan pakan ayam

Dalam tabel standard mutu pakan ayam, dalam hal ini dipilih standar pakan ayam petelur, dapat dilihat bahwa parameter – parameter yang perlu untuk dipenuhi nilai kandungannya untuk dapat dikatakan layak sebagai pakan ayam antara lain kandungan kadar air, protein kasar, lemak kasar, serat kasar, abu, kalsium, fosfor total, energi termetabolis dan total aflatoksin.

### 4.2.1 Pengukuran kandungan protein

Kandungan protein pada limbah kering tempe terfermentasi diukur dengan metode lowry. Pengukuran protein pertama dilakukan pada hari ke-7 setelah fermentasi. Pengukuran kandungan protein juga dilakukan pada kulit kedelai kering yang tidak ditambahkan EM4. Hasil pengukuran menunjukkan kulit kedelai kedelai kering mengandung protein sebesar 9,96 % per gram beratnya. Hal ini menunjukkan bahwa limbah kering produksi tempe belum memenuhi syarat kandungan protein yang tertera pada standar pakan ayam yaitu sebesar 16

% . Tabel 13 di bawah ini menyajikan data hasil pengukuran kandungan protein pada hari ke-7.

**Tabel 4.11. Kandungan protein pada hari ke-7**

Konsentrasi EM4 ( % )	Kandungan protein ( % )
5	11,05
10	12,78
15	13,87
20	14,74

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa kandungan protein pada limbah kering tempe yang di fermentasikan dengan larutan EM4 selama 7 hari belum dapat memenuhi kandungan protein minimum pakan ayam yaitu 16 %. Maka perlu penelitian lebih lanjut untuk mencari hari dan konsentrasi EM4 pada pembuatan pakan ini perlu dilakukan.

Pengukuran protein kasar selanjutnya diambil pada hari ke-10. Konsentrasi EM4 pada limbah kering tempe yang diukur pada pengukuran kali ini adalah 3 konsentrasi yang kandungan proteinnnya paling banyak pada pengukuran di hari ke-7, yaitu konsentrasi 10 %, 15 %, dan 20 %. Hasil pengukuran kandungan protein pada hari ke-10 disajikan dalam tabel 14 di bawah ini.

**Tabel 4.12. Kandungan protein pada hari ke-10**

Konsentrasi EM4 ( % )	Kandungan protein ( % )
10	14,33
15	14,69
20	15,24

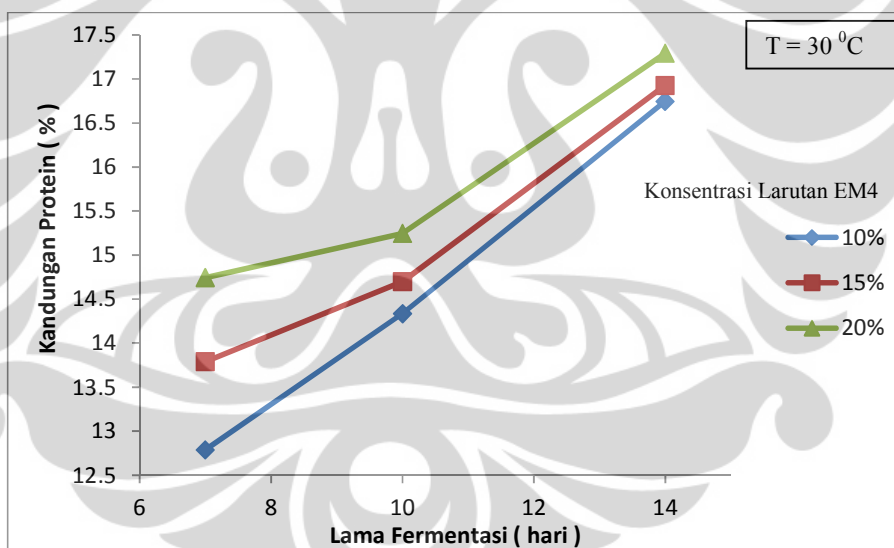
Tabel 18 memperlihatkan bahwa pada waktu fermentasi hari ke-10 ternyata pencampuran limbah kering tempe dengan larutan EM4 konsentrasi 10, 15, dan 20 % tetap belum memenuhi standard 16 % yang ditetapkan BSN. Namun terlihat peningkatan kandungan protein dari hari ke-7. Namun laju peningkatan protein pada konsentrasi larutan EM4 10 % terlihat lebih tinggi dari konsentrasi lainnya.

Selanjutnya dilakukan pengukuran kandungan protein dari limbah terfermentasi dengan konsentrasi larutan EM4 10, 15, dan 20 % pada hari yang ke-14. Hasil pengukuran kandungan protein pada hari ke -14 disajikan dalam tabel 15 di bawah ini.

**Tabel 4.13. Kandungan protein pada hari ke-14**

Konsentrasi EM4 ( % )	Kandungan Protein ( % )
10	16,75
15	16,93
20	17,29

Dari tabel 19 dapat terlihat bahwa pada hari ke-14 ketiga variasi konsentrasi larutan EM4 yang ditambahkan pada limbah kering tempe telah dapat memenuhi standard kandungan protein pakan ayam yang ditetapkan oleh BSN.



**Gambar 4.4. Grafik perubahan kandungan protein terhadap lama fermentasi**

Grafik di atas menggambarkan perubahan kandungan protein seiring waktu fermentasi dari tiap-tiap variasi konsentrasi. Kandungan protein berbanding lurus dengan konsentrasi larutan EM4 yang ditambahkan pada limbah kering tempe. Hal ini disebabkan karena kandungan mikroba yang terdapat dalam limbah akan semakin banyak. Sebagian besar sel mikroba tersusun dari protein sehingga

makin banyak biomass mikroba yang terkandung pada limbah maka kandungan protein akan semakin banyak.

Lama waktu inkubasi 14 hari untuk pemanfaatan limbah ini relatif cukup lama mengingat bahwa limbah selalu dihasilkan setiap hari. Maka penelitian tambahan dilakukan untuk mengukur kandungan protein pada limbah kering tempe berupa kulit kedelai yang ditambahkan dengan larutan EM4 10 % dan diinkubasikan selama 7 hari. Kemudian dicampurkan dengan pakan ayam broiler 511 dengan konsentrasi limbah tempe terfermentasi sebesar 25 %, 35 %, dan 50 %.

**Tabel 4.14. Kandungan protein limbah tempe terfermentasi dengan penambahan pakan ayam 511**

Konsentrasi limbah tempe terfermentasi ( % )	Kandungan Protein ( % )
25	41,18
35	30,44
50	18,52

Tabel 16 menunjukkan bahwa campuran yang terdiri dari pakan ayam 511 dengan limbah tempe yang ditambahkan larutan EM4 10 % dan diinkubasi selama 7 hari dengan konsentrasi limbah terfermentasi sebesar 25, 35, dan 50 % sudah dapat memenuhi standard protein pakan ayam yaitu sebesar 16 %. Maka dapat disimpulkan bahwa untuk kandungan protein yang memenuhi standard minimal protein yang harus terkandung pakan ayam, dapat dicapai dengan limbah tempe yang dicampurkan dengan larutan EM4 sebanyak 10 %, dengan waktu inkubasi selama 7 hari dan dicampur dengan pakan ayam 511 dengan kandungan limbah terfermentasi dalam campuran sebesar 50 %

Peningkatan kandungan protein pada bahan organik lewat proses fermentasi telah banyak dinyatakan oleh beberapa peneliti. Nurhayani, dkk di tahun 2000 melakukan fermentasi kulit ubi kayu dan mengamati peningkatan protein yang terkandung di dalam bahan. Penelitian juga dilakukan dalam pengukuran jumlah sel mikroba pada kondisi medium pertumbuhan yang sama dan hasilnya peningkatan kandungan protein dalam bahan dianggap identik

dengan peningkatan jumlah sel mikroba yang merupakan refleksi dari jumlah massa sel.

EM4 juga mengandung jamur fermentasi seperti *Aspergillus* dan *Penicillium*. Saat fermentasi, jamur ini akan membentuk miselium-miselium yang memiliki kandungan protein tinggi (Soeharsono, 2001). Dalam EM4 juga terkandung bakteri fotosintetik yang juga memiliki peran yang penting bersama kelompok mikroba lain. Bakteri fotosintetik ini juga mampu mengikat nitrogen dari udara, sehingga mampu meningkatkan kandungan nitrogen dalam limbah terfermentasi yang nantinya dapat diolah menjadi protein yang terkandung dalam limbah. Bakteri fotosintetik juga mensintesis asam amino. Suhenda, dkk pada tahun 2010 juga menyatakan bahwa pemberian ragi untuk fermentasi tepung jagung juga dapat meningkatkan kandungannya. Hal ini dikarenakan sebagian besar sel ragi adalah berupa protein sehingga semakin banyak ragi yang tumbuh dalam substrat maka kandungan protein yang terdeteksi dalam substrat juga makin tinggi.

#### 4.2.2 Pengukuran kadar air

Kadar air diukur dengan menggunakan metode gravimetri. Sampel yang diukur kadar airnya adalah limbah kering tempe tempe tanpa pencampuran dengan larutan EM4 dan limbah tempe terfermentasi dengan konsentrasi larutan EM4 sebesar 10 % dan diinkubasi selama 19 hari.

**Tabel 4.15. Kadar air pakan**

Konsentrasi larutan EM4 (%)	Kadar air (%)
0	10,73
10	10,90

Standar pakan ayam SNI mensyaratkan kadar air maksimum yang terkandung dalam pakan adalah sebesar 14 %. Dari hasil pengukuran kadar air terhadap limbah terfermentasi untuk pembuatan pakan ini maka dapat disimpulkan memenuhi persyaratan kadar air yang ditentukan oleh SNI.

Kadar air dalam pakan berhubungan erat dengan stabilitas pada saat penyimpanan. Kandungan air yang tinggi saat penyimpanan dapat menyebabkan tumbuhnya bakteri dan jamur yang dapat menurunkan mutu pakan dan membahayakan ternak yang mengkonsumsinya. Oleh karena itu kadar air dalam pakan perlu dibatasi (Bates, 1993).

#### **4.2.3 Pengukuran kandungan lemak kasar**

Lemak dalam pakan ayam digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pakan, mempertinggi palatabilitas (selera), mencegah pemisahan bahan baku pakan, menaikkan penyerapan vitamin A dan karoten, mengangkut zat nutrisi non lemak tertentu seperti vitamin A, D, E, dan K, serta membantu penyerapan mineral – mineral tertentu seperti kalsium. Namun di lain sisi, keberadaan lemak juga dapat menyebabkan pakan menjadi cepat tengik (Tilman dkk, 2008). Hal ini disebabkan rasio hidrogen dengan oksigen pada lemak sangat besar, sehingga potensi terjadinya pengikatan oksigen menjadi besar selama penyimpanan pakan. Pengikatan oksigen di titik adanya ikatan rangkap pada asam lemak tak jenuh menyebabkan terbentuknya aldehid dan keton yang merupakan penyebab dari bau tengik yang dihasilkan (Perry dkk. 2003). Oleh karena hal itu BSN mensyaratkan kandungan lemak maksimum pada pakan.

Kandungan lemak kasar diukur dengan menggunakan metode soklet. Sampel limbah terfermentasi yang akan diukur kandungan lemak kasarnya adalah limbah tempe yang difermentasi dengan 10 % larutan EM4 dan diinkubasi selama 14 hari. Hasil perhitungan kandungan lemak kasar menunjukkan bahwa untuk limbah kering tempe terfermentasi ini memiliki kandungan lemak sebesar 1,59 %. Dengan kata lain, lemak kasar yang terkandung dalam limbah kering tempe terfermentasi ini masih jauh di bawah persyaratan maksimal lemak yang disyaratkan pada standar pakan ayam yaitu maksimum 7 %.

#### **4.2.4 Pengukuran kadar abu**

Kadar abu diukur dengan membakar sampel kering di dalam tanur dengan suhu 600 °C selama 4 jam. Berat sampel setelah menjadi abu per berat sampel awal merupakan kadar abu dari sampel itu. Kadar abu pada sampel kulit kedelai terfermentasi adalah sebesar 2,54 %. Kadar abu maksimum dalam standard mutu



pakan ayam adalah sebesar 14 %. Kadar abu pada limbah kering tempe terfermentasi ini masih jauh di bawah standard mutu pakan ayam sehingga parameter kadar abu masih dapat memenuhi standard mutu pakan ayam.

#### **4.2.5 Pengukuran kadar serat kasar**

Serat kasar merupakan senyawa organik yang tidak larut dalam asam kuat dan basa kuat. Asam kuat yang digunakan adalah asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) sedangkan basa kuat yang digunakan adalah natrium hidroksida (NaOH). Selisih antara berat sampel setelah direbus dengan asam kuat dan basa kuat dan berat sampel setelah diabukan menunjukkan jumlah serat kasar yang terdapat dalam bahan adalah sebesar 58,51 %. Angka ini sangat tinggi bila dibandingkan dengan standard mutu pakan ayam yang dikeluarkan oleh BSN, yaitu maksimum 7%.

Serat kasar merupakan karbohidrat tidak larut setelah dimasak dengan asam dan basa. Serat kasar diduga kaya akan lignin dan selulosa sehingga sulit dicerna oleh monogastrik. Serat kasar terdiri dari hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Ayam dapat menggunakan hemiselulosa sebagai sumber energi tetapi dalam jumlah yang terbatas sebab ayam tidak mempunyai enzim selulose. Pakan yang tinggi serat kasarnya juga akan mengurangi palatabilitas dari pakan (Amrullah, 2004).

#### **4.2.6 Pengukuran kandungan kalsium**

Kalsium bersama dengan fosfor merupakan mineral yang hanya dibutuhkan dalam jumlah kecil namun peranannya mencakup seluruh fungsi pengelolaan, pertumbuhan dan produksi. Namun kelebihan kalsium dapat mengganggu penggunaan magnesium, mangan, dan seng serta menyebabkan terbentuknya  $Ca_3(PO_4)_2$  tak larut yang akan menyebabkan defisiensi fosfor. Untuk itu dalam standard mutu pakan ayam, parameter kandungan kalsium dibatasi pada angka 4,25 % namun juga memiliki nilai minimum sebesar 3,25 % oleh karena perannya dalam pertumbuhan tulang dan paruh ayam. ( Tillman, dkk. 2008 )

Pengukuran kandungan kalsium dilakukan di laboratorium pakan ternak Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Kandungan kalsium yang terdapat

dalam limbah tempe kering terfermentasi ini sebesar 0,96 %. Standar mutu pakan ayam mensyaratkan bahwa nilai kalsium yang terkandung dalam pakan adalah sebesar 3,25 % sampai 4,25 %. Oleh karena itu limbah padat tempe yang difermentasikan dengan EM4 ternyata belum mampu mencukupi parameter ketersediaan kalsium yang disyaratkan dalam standar mutu pakan ayam.

#### **4.2.7 Pengukuran kandungan fosfor**

Fosfor bersama dengan kalsium memiliki peran penting dalam pembentukan dan pemeliharaan struktur kerangka tubuh, system enzim, transpor energi, dan pembekuan darah. Level fosfor dalam tubuh juga berpengaruh terhadap penyerapan kalsium. Namun sama seperti kalsium, jumlah fosfor juga harus dibatasi agar tidak terjadi pengikatan kalsium oleh ion fosfat yang menyebabkan kejang (Amrullah, 2004).

Pengukuran kandungan fosfor dilakukan di laboratorium pakan ternak Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Standard mutu pakan ayam mensyaratkan bahwa kandungan fosfor dalam pakan ayam berkisar pada nilai 0,6 – 1 %. Pengukuran kandungan fosfor yang dilakukan pada limbah padat tempe terfermentasi menunjukkan kandungan fosfor adalah sebesar 0,32 %. Nilai ini belum dapat memenuhi parameter kandungan fosfor dalam standard mutu pakan ayam.

#### **4.2.7 Pengukuran energi termetabolis**

Secara umum energi metabolis merupakan selisih antara kandungan energi bruto (gross energy) dalam pakan dengan energi bruto yang hilang melalui ekskreta. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk juga melibatkan penelitian terhadap ayam yang diberikan pakan dari limbah padat tempe ini agar dapat menghitung energi termetabolis dengan menghitung jumlah ekskreta dan juga jumlah konsumsi pakan oleh ayam tersebut.

Pada penelitian ini hanya dihitung nilai kandungan energi bruto (gross energy) yang terkandung dalam pakan limbah padat terfermentasi ini. Perhitungan energi bruto ini dilakukan di laboratorium pakan ternak IPB dengan menggunakan kalorimeter digital. Prinsip dalam perhitungan ini adalah pakan dibakar dengan

listrik di bawah tekanan oksigen. Jumlah panas yang dihasilkan diukur oleh calorimeter untuk kemudian dapat dihitung energi bruto dari pakan. Pengukuran energi bruto menyatakan bahwa pada limbah padat tempe terfermentasi terkandung nilai gross energi sebesar 3.923 kalori/gram.

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengukur energi ekskreta dari ayam dan juga konsumsi pakan pada ayam untuk dapat menentukan nilai energi termetabolis (Sibbald dan Wolynetz, 1985) yaitu:

$$EM = \frac{(EB \times X) - \{(Ebe \times Y) - (Ebk \times Z)\}}{X} \times 1000$$

Keterangan:

EM = Energi metabolis (kkal/kg)

EB = Energi Bruto pakan (kkal/kg)

Ebe = Energi Bruto Ekskreta (kkal/kg)

Ebk = Energi Bruto Endogenous (kkal/kg)

X = Konsumsi pakan (gram)

Y = Berat ekskreta ayam yang diberi pakan perlakuan (gram)

Z = Berat ekskreta ayam yang dipuasakan (gram)

#### 4.2.8 Uji aflatoksin

Aflatoksin merupakan golongan senyawa toksik yang dihasilkan oleh kelompok fungi dan berakibat mematikan dan karsinogenik pada manusia dan hewan. Spesies penghasilnya adalah dari golongan *Aspergillus* khususnya *A. Flavus* dan *A. parasiticus*. Kandungan aflatoksin ditemukan pada kacang-kacangan termasuk kedelai sehingga pengukuran kandungan aflatoksin pada penelitian ini penting untuk dilakukan (BPOM, 2007).

Toksin ini memiliki beberapa varian, yang terpenting diantaranya adalah B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, dan G<sub>2</sub>. Aflatoksin B<sub>1</sub> merupakan senyawa yang paling toksik, berpotensi merangsang kanker terutama kanker hati. Biasanya pakan yang sudah

terkontaminasi toksin ini sudah tidak dapat dikonsumsi lagi karena toksin itu tidak dapat diinaktifkan walau dengan pemanasan hingga 250 °C (BPOM, 2007).

**Tabel 4.16. Kandungan aflatoksin pada limbah padat tempe terfermentasi**

Aflatoksin	B1	B2	G1	G2	Total
Kandungan (ppb)	Tt	Tt	1,13	2,06	3,19

Keterangan: Tt: Tidak tersedia

Pengukuran kandungan total aflatoksin dilakukan di laboratorium pakan ternak, Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Limbah padat tempe terfermentasi ini memiliki kandungan total aflatoksin sebesar 3,19  $\mu$ g/kg. Standard mutu pakan ayam mensyaratkan bahwa kandungan total aflatoksin yang diperbolehkan ada dalam pakan ayam adalah sebesar maksimum 50  $\mu$ g/kg, sehingga kandungan aflatoksin pada limbah padat tempe terfermentasi ini masih memenuhi standard mutu pakan ayam.

#### 4.2.9 Perbandingan nilai pengukuran dengan standard pakan ayam

Dari pengukuran parameter-parameter yang disyaratkan dalam Standard Mutu Pakan Ayam Ras Petelur dapat dinyatakan bahwa untuk limbah padat tempe yang difermentasikan dengan larutan EM4 dengan konsentrasi 10% selama 14 hari belum dapat memenuhi semua nilai parameter yang disyaratkan dalam standard mutu pakan ayam. Terdapat 3 parameter penting yang belum memenuhi syarat yaitu kandungan serat kasar, fosfor, dan juga kalsium.

**Tabel 4.17. Perbandingan nilai parameter pengukuran dengan standard pakan**

Parameter	Satuan	Persyaratan	Pengukuran
Kadar air	%	Maks. 14,0	10,9
Protein kasar	%	Min 16,0	16,75
Lemak kasar	%	Maks. 7,0	1,59
Serat kasar	%	Maks. 7,0	58,51
Abu	%	Maks. 14,0	2,54
Kalsium	%	3,25 – 4,25	0,96
Fosfor	%	0,6 – 1,0	0,32
Energi termetabolis	Kkal	Min. 2.650	3.923 <sup>1</sup>
Total aflatoksin	$\mu$ g/Kg	Maks. 50,0	3,19

### **4.3 Tinjauan Ekonomi Pupuk Organik Cair dan Pakan Ayam dari Hasil Pengolahan Limbah Tempe**

Pupuk organik cair yang dibuat pada penelitian ini berbahan dasar dari limbah cair pembuatan tempe, yaitu air rebusan dan perendaman kedelai selama semalam. Hingga saat ini limbah cair tersebut masih dibuang dan tidak dimanfaatkan baik oleh pembuat tempe maupun masyarakat lain untuk dijadikan suatu produk. Hal ini membuat limbah cair tempe ini belum memiliki harga dalam nominal uang. Lain halnya dengan limbah padat yang sudah dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk bahan campuran pada pakan ternak (sapi dan kambing) sehingga oleh pembuat tempe dapat dihargai Rp 15.000,00 per karung dengan perkiraan berat basah 25 kg.

Dari hasil perhitungan, limbah padat basah tempe sebanyak 1 kg ketika sudah dijemur hingga kering ( kadar air sekitar 10 % ) menyusut beratnya menjadi 400 gram dengan asumsi kadar air pada limbah padat basah selalu sama pada saat pengambilan. Penelitian pembuatan pakan ayam menggunakan limbah padat tempe menghasilkan kesimpulan bahwa fermentasi kulit kedelai dengan EM4 belum mampu dijadikan pakan yang sesuai dengan standard pakan ayam. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menurunkan kadar serat kasar pada limbah padat tempe hingga maksimum 7 % atau dengan menjadikan limbah padat terfermentasi ini sebagai salah satu komponen dalam campuran pakan ayam. Selain bisa menakar serat kasar yang diinginkan, juga mampu meningkatkan kandungan kalsium dan fosfor yang dapat ditambahkan dari sumber campuran pakan yang lain sehingga limbah padat tempe bukan sebagai pakan melainkan sebagai campuran pada pakan lain misal pakan komersil buatan pabrik untuk dapat lebih menghemat pengeluaran dari sektor pakan ayam.

**Tabel 4.18. Perkiraan biaya pembuatan pupuk organik cair**

Bahan	Harga/liter (rupiah)	Jumlah dibutuhkan (ml)	Biaya (rupiah)
Limbah cair tempe	1.000	800	800
EM4 tanaman	25.000	200	5.000
Biaya Total			5.800

Tabel di atas merupakan perkiraan biaya pembuatan 1 liter pupuk organik cair dengan menggunakan hasil dari penelitian ini yaitu EM4 sebanyak 20 % dan waktu fermentasi selama 5 hari. Limbah cair tempe sampai saat ini hanya dibuang dan tidak dijual, sehingga dibuat asumsi harga limbah cair tempe adalah Rp 1.000,-/ liter. Dengan basis pembuatan pupuk organik cair sebanyak 1 liter maka perkiraan biaya yang dikeluarkan di luar peralatan dan tenaga adalah sebesar Rp 5.800,-. Harga ini jauh dari harga salah satu contoh pupuk organik komersil yaitu EM4 sebesar Rp 25.000,-/ liter. Bila pembuat pupuk menjual dengan harga Rp 10.000,-/ liter sudah sangat kompetitif dengan harga EM4 dan memberi keuntungan 72 %.

Untuk pembuatan pakan ayam, seperti yang telah disebutkan sebelumnya, limbah padat tempe terfermentasi ini harus dicampur untuk dapat menghemat waktu fermentasi dan juga menambahkan kandungan kalsium dan fosfor pada pakan. Dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk menambahkan proses lain atau komposisi campuran dengan bahan pakan lain agar kandungan serat kasar pada pakan yang dibuat dapat memenuhi standard mutu pakan ayam. Pencampuran pakan yang telah dilakukan pada penelitian ini adalah dengan pakan ayam voer 511 dengan harga eceran Rp 6.000,-/kg. Limbah padat tempe berupa kulit kedelai hasil pengupasan dalam keadaan basah yang dijual dengan harga Rp 15.000,-/ karung dengan berat 25 kg. Seperti telah disebutkan sebelumnya, dalam proses pengeringan kulit kedelai basah dengan berat 1 kg maka dihasilkan kulit kedelai kering sebanyak 400 gr, dengan mengasumsikan bahwa kadar air merata dalam 1 karung, maka 25 kg kulit kedelai basah akan menjadi 10 kg kulit kedelai kering

setelah dijemur. Sehingga dapat dianggap berat 1 kg kulit kedelai kering adalah Rp 1.500,-. Larutan EM4 yang ditambahkan pada kulit kedelai adalah sebesar 30% dari berat kulit kedelai, sehingga untuk membuat 1 kg pakan campuran ini dibutuhkan larutan EM4 sebanyak 166,6 ml. Konsentrasi yang dipakai dalam pembuatan pakan ini adalah 10% EM4 dalam larutan, jadi diperlukan 16.6 ml EM4 untuk membuat 166,6 ml larutan EM4.

**Tabel 4.19. Perkiraan biaya pembuatan pakan ayam**

Bahan	Harga (rupiah)	Jumlah diperlukan	Biaya (rupiah)
Limbah padat tempe	15.000 / 10 Kg	500 gr	750
Voer 511	6.000 / Kg	500 gr	3.000
EM4 peternakan	25.000 / Liter	16,6 ml	416,5
Biaya Total			4.166,5

Perkiraan biaya total diluar peralatan dan tenaga untuk membuat 1 kg pakan ayam dengan campuran limbah padat tempe terfermentasi adalah Rp 4.166,5. Bila dibandingkan dengan harga pakan komersil yaitu voer 511 seharga Rp 6.000,-/kg maka terdapat perbedaan harga sebesar Rp 1.833,5/kg atau sebesar 30 % dari harga voer 511.

Pada penelitian ini tidak diperhitungkan cara untuk menjaga kandungan zat agar selalu tetap seperti saat kondisi optimum. Sehingga aplikasi pembuatan pupuk organik cair dan pakan ayam ini dirasa kurang cocok untuk pembuatan produk komersil karena apabila disimpan lama atau tidak segera digunakan kemungkinan besar kandungan zat di dalamnya khususnya C-organik pada pupuk dan protein pada pakan ayam.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakkan limbah cair dan padat tempe dalam menghasilkan produk berupa pupuk organik cair dan pakan ayam dalam rangka penambahan nilai guna bagi limbah yang dihasilkan dalam pembuatan tempe serta secara tidak langsung juga mengurangi pencemaran akibat pembuangan dari limbah ini. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kandungan C-organik pada pembuatan pupuk organik cair dari limbah cair tempe yang difermentasikan dengan EM4 Pertanian dengan perlakuan tanpa aerasi tidak memiliki nilai yang jauh berbeda dengan perlakuan tanpa aerasi. Kandungan C-organik pada perlakuan tanpa aerasi memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan dengan aerasi.
2. Parameter – parameter dalam Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Cair dapat terpenuhi dari pengukuran pada limbah cair tempe yang difermentasi menggunakan EM4 Pertanian sebanyak 20 % dari volume keseluruhan dan lama fermentasi 5 hari.
3. Kandungan protein paling optimal dalam optimasi nilai protein limbah padat tempe yang difermentasikan dengan larutan EM4 adalah pada konsentrasi EM4 dalam larutan sebesar 10 % dan lama fermentasi 14 hari yaitu sebesar 16,75 %.
4. Tidak semua parameter dari Standard Mutu Pakan Ayam Ras Petelur dapat dipenuhi dari pengukuran limbah padat tempe luaran dari optimasi awal untuk kandungan protein. Parameter yang tidak dapat dipenuhi adalah kandungan kalsium, fosfor, dan kadar serat kasar.
5. Pembuatan pakan ayam dengan pencampuran antara limbah padat tempe terfermentasi hasil dari penelitian dengan voer 511 dapat memenuhi kandungan protein minimum yang disyaratkan pada Standard Mutu Pakan



Ayam Ras Petelur sekaligus menghemat waktu fermentasinya menjadi 7 hari.

6. Dari analisis ekonomi kasar pada biaya pembuatan kedua produk ini, didapat bahwa biaya pembuatan pupuk organik cair adalah sebesar Rp 5.800,-/liter dan pembuatan pakan ayam campuran dengan voer 511 adalah sebesar Rp 4.166,5/Kg. Biaya yang diperlukan masih di bawah dari harga contoh produk komersil baik itu EM4 untuk pupuk organik cair dan voer 511 untuk pakan ayam dengan harga masing – masing produk itu adalah sebesar Rp 25.000,-/liter dan Rp 6.000/Kg.

## 5.2 Saran

Beberapa penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk pemanfaatan limbah tempe ini sebagai pupuk organik cair dan pakan ayam, yaitu:

1. Uji coba terhadap tanaman pada pupuk organik cair untuk mengetahui pengaruh pemberiannya dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman.
2. Uji coba penambahan bahan lain sebagai sumber karbon pada fermentasi pembuatan pupuk organik cair.
3. Uji coba terhadap ayam pada pakan ayam untuk mengetahui pengaruh pakan pada pertumbuhan dan perkembangan ayam serta mencari nilai energi metabolis pakan.
4. Optimasi jumlah larutan EM4 yang diberikan untuk memfermentasikan limbah padat tempe.
5. Optimasi komposisi campuran pakan dengan bahan lain untuk meningkatkan kandungan kalsium, fosfor, serta mengurangi kadar serat kasar pada pakan.
6. Mencari proses lain yang dapat mengurangi kadar serat kasar dari limbah padat tempe.
7. Mencari cara agar kandungan pada pupuk organik cair dan pakan ayam dapat stabil seperti pada kondisi optimum agar dapat disimpan dan tidak perlu langsung digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, Ibnu Katsir. 2004. *Nutrien Ayam Broiler*. Bogor: Lembaga Satu Gunung Budi.
- Anonim. 2010. *Modul Pendidikan dan Pelatihan Fungsional bagi Pengawas Mutu Pakan*. Bekasi: Kementerian Pertanian. Diunduh dari <http://stpp-malang.ac.id/elearning/201007271000210.Modul%20Ahli%20Wastukan%20Malg%20Jul5.doc>. Diakses pada tanggal 11 September 2011, pukul 14.03 WIB.
- Balai Penelitian Tanah. 2005. *Petunjuk Teknis: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: Departemen Pertanian. Diunduh dari [http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/juknis/juknis\\_kimia.pdf](http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/juknis/juknis_kimia.pdf). Diakses pada tanggal 15 September 2011, pukul 07.03 WIB.
- Bates, L.S. 1993. *Laboratory Design and Quality Control of Ingredients and Finished Feeds*. Bogor: Feed Technology Workshop.
- Berk, Z. 1992. *Technology Of Production Of Edible Flours And Protein Products From Soybeans*. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. Diunduh dari <http://www.fao.org/docrep/t0532e/t0532e00.htm>. Diakses pada 15 September 2011, pukul 13.07 WIB.
- Chandra, B. 2005. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Charlena. 2004. *Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Sayur-sayuran*. Falsafah Sains. Program Pascasarjana S3 IPB.
- Fitria, Y. 2008. *Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Industri Perikanan Menggunakan Asam Asetat dan EM4 (Effective Microorganism 4)*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Hadisuwito, S. 2007. *Membuat Pupuk Kompos Cair*. Jakarta : Agro Media.
- Haliza, W. dkk. 2007. *Pemanfaatan Kacang-kacangan Lokal sebagai Substitusi Bahan Baku Tempe dan Tahu*. Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian, Vol. 3. Diunduh dari [http://pascapanen.litbang.deptan.go.id/assets/media/publikasi/bulletin/2007\\_1.pdf](http://pascapanen.litbang.deptan.go.id/assets/media/publikasi/bulletin/2007_1.pdf). Diakses pada tanggal 1 Oktober 2011, pukul 20.17 WIB.

- Hartono, D. M. dan Kristanto, G. 2009. *Identifikasi dan Karakterisasi Limbah Padat dan Cair yang dihasilkan di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Indonesia: Selangkah Maju Menuju Safe and Green Research University*. Depok : Universitas Indonesia.
- Hidanah, S. 2009. *Potensi Limbah Kulit Ari Kedelai yang diproses secara Kimiawi dan Fermentasi untuk Peningkatan Performans Ayam Pedaging*. Skripsi. Surabaya : Universitas Airlangga.
- Jenie, B. dan Rahayu, W. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Jumani 2009. *Kesuburan dan Kesehatan Tanah*. Diklat Kuliah. Samarinda : Universitas 17 Agustus 1945.
- Kartadisastra, H. R. 1994. *Pengelolaan Pakan Ayam, Kiat Meningkatkan Keuntungan Dalam Agribisnis Unggas*. Yogyakarta : Kanisius.
- Lowry, O.H. dkk. 1951. *Protein Measurement with The Folin Phenol Reagent*. Journal of Biological Chemistry.
- Margono, T. et.al.. 1993. *Buku Panduan Teknologi Pangan*. Jakarta : Pusat Informasi Wanita dalam Pembangunan PDII-LIPI.
- Notohadiprawiro, Tejoyuwono. 1995. *Logam Berat dalam Pertanian*. Jurnal Manusia dan Lingkungan, 7 (2) : 18 - 21.
- Nurhasan dan Pramudyanto, B. 1991. *Penanganan Air Limbah Pabrik Tahu*. Jogjakarta: Yayasan Bina Karya Lestari.
- Nurhayani, H. M. et.al.. 2000. *Peningkatan Kandungan Protein Kulit Ubi Kayu Melalui Proses Fermentasi*. Diunduh dari <http://jms.fmipa.itb.ac.id/jms/article/viewFile/63/57>. Diakses pada tanggal 2 Maret 2012, pukul 23.18 WIB.
- Perry, T. W. dkk. 2003. *Feed and Feeding*. Sixth Edition. Pearson Education, Inc. Upper Saddle River. New Jersey.
- Purwendro, Setyo. 2006. *Mengolah Sampah Untuk Pupuk dan Pestisida*. Depok : Penebar Swadaya.
- Rokhmani, I. W. S. 2009. *Peningkatan Nilai Gizi Bahan Pakan dari Limbah Pertanian melalui Fermentasi*. Diunduh dari <http://peternakan>

*.litbang.deptan.go.id/ fullteks/ lokakarya /klc05-10. pdf*. Diakses pada tanggal 2 Maret 2012, pukul 22.08 WIB.

Said, N. I. dan Wahjono, H. D. 1999. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu-Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. Diunduh dari <http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/Buku10Patek/10LIMTT.pdf>.

Diakses pada tanggal 12 September 2011, pukul 19.11 WIB.

Santoso, H. B. 1998. *Pupuk Kompos*. Yogyakarta: Kanisius.

Setiawan, B. S. 2010. *Membuat Pupuk Kandang secara Cepat*, Depok: Penebar Swadaya.

Setyamidjaja, D. 1992. *Pupuk dan Pemupukan*. Jakarta: CV. Simplex.

Sibbald, I.R. dan Wolynetz, M.Z. 1985. *The excreta energy and nitrogen losses of adult cockerels during a fast*. Poultry Science, 64 (10): 1976-80. Diunduh dari <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4070131>. Diakses pada tanggal 27 November 2011, pukul 06.09 WIB.

Simatupang, P., Marwoto dan Swastika, D. K. S. 2005. *Pengembangan Kedelai dan Kebijakan Penelitian di Indonesia*. Lokakarya Pengembangan Kedelai di Lahan sub Optimal. Malang: BALITKABI Malang.

Sitompul, S. 2004. Analisis Asam Amino dalam Tepung Ikan dan Bungkil Kedelai. *Buletin Teknik Pertanian*, 9. Diunduh dari <http://pustaka.litbang.deptan.go.id/publikasi/bt09104k.pdf>. Diakses pada tanggal 21 Agustus 2011, pukul 15.03 WIB.

Soeharsono. 2011. *Pendayagunaan Limbah Industri Tempe sebagai Bahan Pakan Lokal Melalui Proses Fermentasi dan Gelatinisasi*. Thesis. Bogor : Institut Pertanian Bogor

Suhenda, N. 2010. *Proses Fermentasi Tepung Jagung dan Penggunaannya dalam Pakan Ikan Mas Cyprinus carpio*. Prosiding Simposium Nasional Bioteknologi Akuakultur III.

Suprpti, M. L. 2003. *Teknologi Pengolahan Pangan, Pembuatan Tempe*, Yogyakarta: Kanisius.

Suriadikata, D. A. dan Setyorini, D. 2009. *Baku Mutu Pupuk Organik*. Bogor: Departemen Pertanian. Diunduh dari [http:// balittanah .litbang .deptan](http://balittanah.litbang.deptan).

*go.id/ dokumentasi / buku / pupuk/ pupuk11. pdf*. Diakses pada 2 September 2011, pukul 07.09 WIB.

Suriawiria, U. 2003. *Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan secara Biologis*. Bandung: PT. Alumni.

Suryati, Teti. 2009. *Bijak dan Cerdas Mengolah Sampah*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.

Sutanto, R. 2002. *Penerapan Pertanian Organik, Pemasarakatan, dan Pengembangannya*. Yogyakarta : Kanisius.

Tillman, A . D. et.al.. 1998. *Ilmu Makanan Ternak Dasar*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Tim Penulis P. S. 2008. *Penanganan dan Pengolahan Sampah*. Depok: Penebar Swadaya.

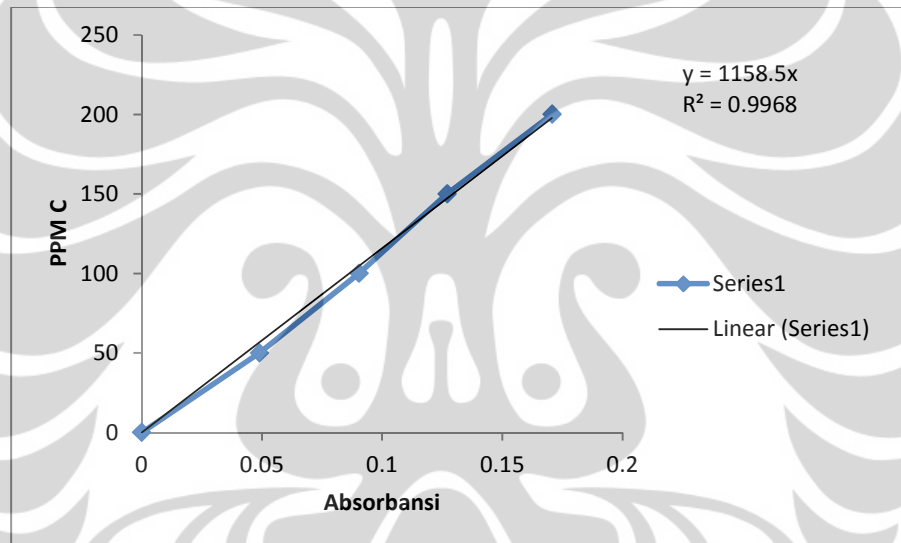
Widaningrum, Miskiyah dan Suismono. 2007. *Bahaya Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya*. Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian, 3. Diunduh dari [http://pascapanen.litbang.deptan.go.id/assets/media/publikasi/bulletin/2007\\_3.pdf](http://pascapanen.litbang.deptan.go.id/assets/media/publikasi/bulletin/2007_3.pdf). Diakses pada tanggal 2 Mei 2012, pukul 02.09 WIB.

Yusrini, H. 2005. *Teknik Analisis Kandungan Aflatoksin B<sub>1</sub> secara ELISA pada Pakan Ternak dan Bahan Dasarnya*. Buletin Teknik Pertanian,10. Diunduh dari <http://pustaka.litbang.deptan.go.id/publikasi/bt101055.pdf>. Diakses pada tanggal 15 September 2011, pukul 20.23 WIB.

## LAMPIRAN

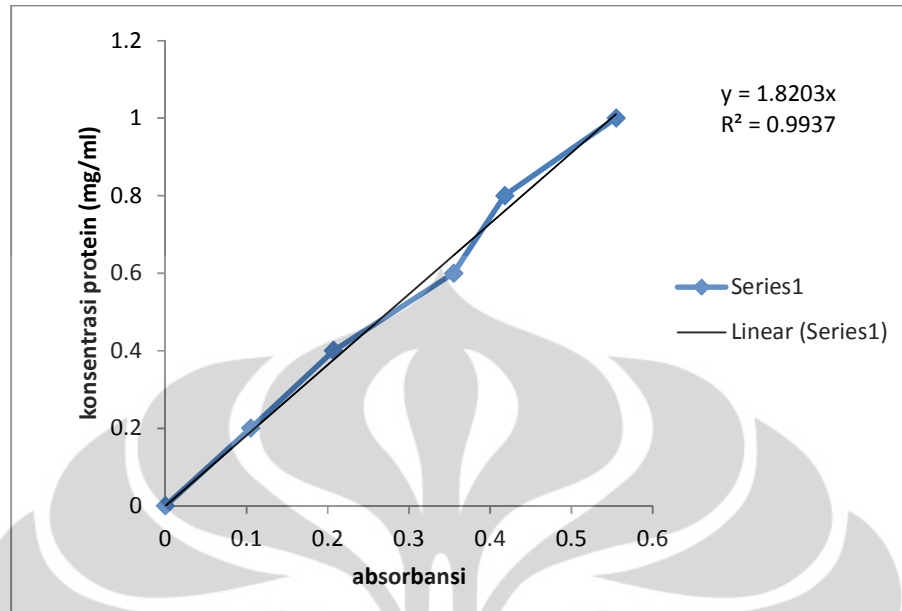
### A. Kurva Standar Glukosa Pengukuran C-organik

Konsentrasi C (ppm)	Absorbansi I	Absorbansi II	Absorbansi III	Mean	Setelah Dikurangi blanko
0	0.047	0.047	0.047	0.047	0
50	0.096	0.096	0.096	0.096	0.049
100	0.137	0.137	0.138	0.137333	0.090333333
150	0.174	0.174	0.174	0.174	0.127
200	0.218	0.217	0.218	0.217667	0.170666667



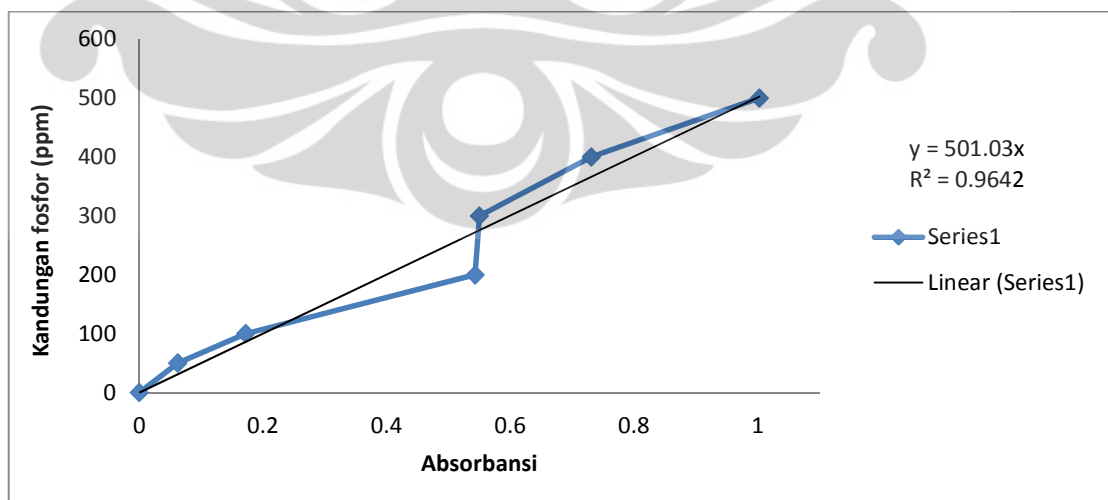
### B. Kurva Standar BSA Pengukuran Protein

Konsentrasi protein (mg/ml)	Absorbansi
0	0
0.2	0.105
0.4	0.207
0.6	0.355
0.8	0.418
1	0.555




### C. Kurva Standar Pengukuran Fosfor Pupuk

Kandungan fosfor ( ppm )	Absorbansi
0	0
50	0.062
100	0.172
200	0.543
300	0.55
400	0.731
500	1.003



D. Hasil pengukuran logam berat dan unsur mikro dari Lab Afiliasi FMIPA UI



**LAB AFILIASI KIMIA UI**

**LAB AFILIASI KIMIA UI**


**LAB AFILIASI KIMIA UI**  
**Departemen Kimia FMIPA-Universitas Indonesia**  
**Jasa Analisa, Konsultasi dan Pelatihan**  
 Gedung G Lt. Dasar Dept. Kimia FMIPA-Universitas Indonesia, Depok 16424  
 Telp. (021) 787 2720 Fax. (021) 787 2720, (021) 786 3432

---

**LABORATORY TEST RESULTS**

Job. Number : 247 / V / 2012		Date : 11 - 06 - 2012		
Customer : <b>Sdr. David</b>		Attention :		
Sample Code : Sampel Pupuk Cair				
Date Received : 30 - 05 - 2012				
Sample Matrix : Liquid				
No.	Parameters	Sample Result	Unit	Method
1.	Mercury (Hg)	0.04	µg/g	AAS
2.	Arsen (As)	0.02		
3.	Lead (Pb)	< 0.01		
4.	Copper (Cu)	0.24		
5.	Mangan (Mn)	< 0.01		
6.	Iron (Fe)	1.03		
7.	Zinc (Zn)	2.72		
8.	Cadmium (Cd)	< 0.01		
9.	K <sub>2</sub> O	5632		

June 11<sup>th</sup>, 2012




**Drs. Sunardi M.Si**  
Director

Page 2 of 2

**LAB AFILIASI KIMIA UI**



- E. Hasil Pengukuran kadar abu, serat kasar, kalsium, fosfor, energi bruto, dan aflatoxin pakan ayam



**INSTITUT PERTANIAN BOGOR - FAKULTAS PETERNAKAN**  
**DEPARTEMEN ILMU NUTRISI DAN TEKNOLOGI PAKAN**  
**BAGIAN ILMU DAN TEKNOLOGI PAKAN**  
**LABORATORIUM ILMU DAN TEKNOLOGI PAKAN**  
 Gedung Fakultas Peternakan Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680  
 E-mail : lab-itp@yahoo.co.id Telp./Fax.: (0251) 8628353

---

NO :0066/HA/06/2012 Bogor, 11 Juni 2012

**LAPORAN HASIL ANALISA**


Kepada Yth.  
To  
Sdr.David  
Universitas Indonesia  
di  
Depok.

**A. Deskripsi Bahan :**  
Material Description 1 macam bahan

**B. Tanggal Penerimaan :** 31 Mei 2012  
Date of Received

**C. Hasil Analisa Kimiawi (%) :**  
Results

Kode	BK	Abu	PK	SK	LK	Beta-N	Ca	P	NaCL	EB
Code	DM	Ash	CP	CF	EE	N F E	Ca	P	NaCL	GE
Kulit Kedele	-	2,54	-	58,51	-	-	0,96	0,32	-	3923
<b>Aflatoxin</b>	<b>B1 (ppb)</b>	<b>B2 (ppb)</b>	<b>G1 (ppb)</b>	<b>G2 (ppb)</b>	<b>Total (ppb)</b>					
Kulit Kedele	Tt	Tt	1,13	2,06	3,19					

  
**Ketua Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan**  
 Head of Feed Science And Technology Department  
 a.n.  
**Prof. Dr. Ir. Nahrowi, M.Sc.**

**Keterangan :**  
 BK / DM : Bahan Kering/Dry Matter  
 PK / CP : Protein Kasar/Crude Protein  
 SK/CF : Serat Kasar/Crude Fiber  
 LK / EE : Lemak Kasar/Extract Ether  
 Beta-N / NFE : Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen/Nitrogen Free Extrak  
 Ca : Calsium  
 P : Phospor  
 NaCl : Natrium Chlorida

## F. Hasil wawancara dengan pembuat tempe

## KUESIONER PEMANFAATAN LIMBAH TEMPE

Responden	Tanda Tangan Responden	Interviewer
Nama : <i>Amat Farihin</i> Pendidikan Terakhir : Alamat rumah : <i>Kp Lio Rt05, Rw. 020, Depok</i> Telp. Rumah : Handphone:	<i>[Signature]</i>	Nama Interviewer : Tanggal Interviewer : Mulai Interviewer : Selesai Interview : Dicheck oleh :

## Pengantar

Selamat Pagi/siang/sore. Kami dari jurusan Teknik Kimia Universitas Indonesia. Saat ini kami sedang melakukan program IPTEKS bagi masyarakat yaitu pembuatan pupuk cair produktif dan tepung limbah dari limbah industri tempe. Kami berharap kuesioner yang kami berikan ini dapat dijawab sebaik – baiknya. Jawaban yang Ibu/Bapak/Saudara/i berikan, merupakan masukan yang sangat berharga bagi program ini. Terima kasih.

1. Dalam sehari berapa banyak kah limbah tempe yang dihasilkan dari proses pembuatan tempe anda? (dalam satuan berat)

Limbah Padat: *Sekitar 50 kg*

Limbah Cair: *50 L*

2. Untuk limbah cair, apakah perbandingan air dengan kedelai selalu diukur secara pasti

- a. Ya  
b. *Tidak*

## Penjelasan:

*Jumlah hanya kira-kira agar tidak kurang atau lebih saat direbus. Juga bergantung pada wadah rebusan*

3. Berapa lama penampungan dari limbah cair kedelai

1 Malam

4. Apakah waktu penampungan limbah cair kedelai selalu sama setiap waktu?

- a. Ya  
 b. Tidak  
Penjelasan:

5. Apakah limbah yang dihasilkan dijual?

- a. Ya (untuk limbah padat, limbah cair tidak dijual)  
 b. Tidak

6. Apabila dijual berapa harga per satuan jumlahnya?

15 rbu / karung dengan berat kurang lebih 25 kg