



**PEMANFAATAN TEPUNG TULANG AYAM (TTA)
UNTUK MENINGKATKAN KADAR N, P DAN K
PADA PUPUK ORGANIK CAIR
INDUSTRI LIMBAH TAHU**

Skripsi

Disajikan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Kimia

oleh:

Rina Mulyaningsih

4311409043

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2013**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam Skripsi ini bebas plagiat dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, Agustus 2013

Rina Mulyaningsih

NIM. 4311409043

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Agustus 2013

Pembimbing I



Drs. Wisnu Sunarto, M. Si
NIP. 195207291984031001

Pembimbing II



Agung Tri Prasetya, S.Si., M.Si
NIP. 196904041994021001

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “**Pemanfaatan Tepung Tulang Ayam (TTA) untuk Meningkatkan Kadar N, P dan K pada Pupuk Organik Cair Limbah Industri Tahu**” disusun oleh:

Nama : Rina Mulyaningsih

NIM : 4311409043

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA Universitas Negeri Semarang pada tanggal 20 Agustus 2013.



Prof. Dr. Wiyanto, M.Si
NIP. 196310121988031001

Ketua Penguji

Nuni Widiarti, S.Pd., M.Si
NIP. 197810282006042001

Anggota Penguji/

Pembimbing Utama,

Drs. Wisnu Sunarto, M. Si
NIP. 195207291984031001

Panitia Ujian

Sekretaris

Dra. Woro Sumarni, M.Si
NIP. 196507231993032001

Anggota Penguji/

Pembimbing Pendamping,

Agung Tri Prasetya, S.Si., M.Si
NIP. 196904041994021001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

- ✓ “Allah akan mengangkat derajat orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat” (Qs. 58:11)
- ✓ “Jangan kau kira kesuksesan seperti buah kurma yang mudah kau makan, karena tidak akan kau raih kesuksesan sebelum meneguk pahitnya kesabaran”
- ✓ Berusahalah tidak menghitung kesulitan, karena jika terlalu banyak menghitungnya, kemudahan akan terlihat biasa.

PERSEMBAHAN:

Allah SWT atas berkah dan karunia-Nya

Bapak dan Ibuku tersayang

Kakak-kakakku dan adikku tercinta

Murobbi-murobbiku

Orang-orang terdekatku

Orang-orang yang Aku sayangi dan menyayangiku

Saudara-saudaraku yang tidak dapat disebutkan satu persatu

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Tepung Tulang Ayam (TTA) untuk Meningkatkan Kadar N, P dan K pada Pupuk Organik Cair Limbah Industri Tahu”**. Selama menyusun skripsi ini, penulis telah banyak menerima bantuan, kerjasama, dan sumbangan pemikiran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis sampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan izin penelitian.
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Ketua Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
4. Bapak Drs. Wisnu Sunarto, M.Si selaku Pembimbing I yang telah memberikan petunjuk, arahan, dan bimbingan dalam penyusunan Skripsi ini.
5. Bapak Agung Tri Prasetya, S.Si., M.Si selaku Pembimbing II sekaligus sebagai dosen wali yang telah memberikan bimbingan, arahan dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Nuni Widiarti, S.Pd.,M.Si selaku penguji yang telah memberi saran dan pengarahan kepada penulis, sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan bekal dalam penyusunan skripsi ini.
8. Kedua orang tua tersayang, Bapak H. Muh. Hasan dan Ibu Hj. Yeyet Suryati atas kasih sayang, doa, nasihat, pengertian dan motivasi yang diberikan kepada penulis.
9. Kakak-kakakku tersayang, Sri Susanti, S.Kep., Heri Susana, Nining, Susanto, S.Si., Esi Ratna M, Amd.Keb., Dinta, Lc. dan adikku Agung Permana, atas dukungan, motivasi dan doa kepada penulis.
10. Ami Imsyah Rabbani yang telah memberikan doa, dukungan dan semangat kepada penulis.
11. Teman-teman lingkaran, teman-teman keilmiahan dan adik-adik menteeuku yang telah memberikan doa dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Teman-teman rombel 2 yang telah memberikan dukungan dan kesemangatan kepada penulis.
13. Orang-orang terdekat yang telah memberikan semangat, dukungan dan membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang membutuhkan.

Semarang, Agustus 2013

Penulis

ABSTRAK

Mulyaningsih, Rina. 2013. *Pemanfaatan Tepung Tulang Ayam (TTA) untuk Meningkatkan Kadar N, P dan K pada Pupuk Organik Cair Limbah Industri Tahu*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Drs. Wisnu Sunarto, M.Si dan Pembimbing Pendamping Agung Tri Prasetya, S.Si., M.Si.

Kata kunci : limbah cair industri tahu, Tepung Tulang Ayam (TTA), N, P dan K

Telah dilakukan penelitian tentang peningkatan kadar N, P dan K pada pupuk organik cair dengan pemanfaatan Tepung Tulang Ayam. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kadar N, P dan K dari limbah cair tahu, mengetahui kadar N, P dan K setelah difermentasi dengan EM4, massa tertinggi Tepung Tulang Ayam yang harus ditambahkan ke dalam limbah cair tahu agar diperoleh kadar N, P dan K tertinggi. Tahap awal dalam penelitian ini adalah fermentasi limbah cair tahu dengan EM4, hasil fermentasi ditambah Tepung tulang ayam (TTA) dengan variasi massa (5, 10, 15, 20 dan 25 g), kemudian difermentasi selama 4, 8 dan 12 hari, dilanjutkan dengan analisis kadar N, P dan K. Metode yang digunakan dalam analisis kadar N total menggunakan metode Kjeldahl yang terdiri dari 3 tahap yaitu destruksi, destilasi dan titrasi, sedangkan analisis kadar P dan K menggunakan metode spektrofotometri. Hasil penelitian untuk limbah cair tahu yang belum difermentasi mempunyai kadar N (742 ppm), P (20 ppm), dan K (80 ppm), dan setelah penambahan TTA sebanyak 20 g pada 200 mL pupuk induk dengan fermentasi 12 hari memiliki kadar N 1930 ppm (0,193 %), P sebesar 930 ppm (0,093%), dan K sebesar 920 ppm (0,092%). Dari hasil penelitian ini terjadi peningkatan kadar N 1380 ppm (0,138%), P 910 ppm (0,091%), dan K 840 ppm (0,084%).

ABSTRACT

Mulyaningsih, Rina. 2013. Utilization of Chicken Bone Meal (TTA) to Increase Levels of N, P and K in the Organic Fertilizer Sewage Tofu. Thesis, Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Semarang State of University. Main mentors Drs. Wisnu Sunarto, M. Si. and Supervising Companion Agung Tri Prasetya, S. Si., M. Si.

Keywords: Sewage Tofu, Chicken Bone Meal, N, P and K.

A study concerning elevated levels of N, P and K in liquid organic fertilizer with use chicken bone meal. The purpose of this study to determine levels of N, P and K from sewage tofu, determine levels of N, P and K after fermented with EM4, chicken bone meal the highest mass that must be added to the sewage tofu in order to obtain levels of N, P K highest. The initial step in this study is a fermented sewage tofu with EM-4, fermentation added bone meal chicken with mass variations (5, 10, 15, 20 and 25 g), then fermented for 4, 8 and 12 days, followed by analysis levels of N, P and K. The method used in the analysis of total N content using the Kjeldahl method that consist of three stages: destruction, distillation and titration, whereas the levels of P and K analysis using spectrophotometric method. The result obtained sewage tofu that has not been fermented tahu levels of N (742 ppm), P (20 ppm) and K (80 ppm), and after the addition of 20 g TTA into 200 mL main fertilizer with fermentation 12 days levels of N 1930 ppm (0,193 %), P 930 ppm (0,093 %) and K 920 ppm (0,092 %). From the these result an increase in levels of N 1380 ppm (0,138 %), P 910 ppm (0,091 %) and K 840 ppm (0,084 %).

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Industri Tahu	5
2.2 Pupuk Organik	6
2.3 Hara Nitrogen (N)	8

2.4 Hara Fosfor (P)	9
2.5 Hara Kalium (K)	10
2.6 Tepung Tulang Ayam	12
2.7 EM-4	13
2.8 Instrumentasi	14
2.8.1 Spektrofotometer Uv-Vis	14
2.8.2 Spektrofotometri Emisi Atom (SEA)	17
2.9 Penentuan Kadar Nitrogen (Metode Kjeldahl)	19
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian	23
3.3 Variabel Penelitian	23
3.4 Alat dan Bahan	24
3.5 Prosedur Penelitian	25
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Fermentasi Limbah Cair Tahu	33
4.2 Kandungan Hara Limbah Cair Tahu	34
4.3 Analisis Kandungan N total dalam Sampel	35
4.4 Analisis Kandungan Fosfor dalam Sampel	40
4.5 Analisis Kandungan Kalium dalam Sampel	45
4.6 Analisis Kandungan Rata-rata N, P dan K	49
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Simpulan	53

5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Komposisi kimia limbah cair tahu	1
1.2 Komposisi kimia tulang normal	2
2.1 Tabel standar mutu pupuk organik	7
2.2 Komposisi tulang ayam	12
2.3 Karakteristik mutu kandungan tepung tulang ayam mutu I dan II	12
4.1 Analisis kadar hara limbah cair tahu	34
4.2 Kadar N limbah cair tahu dan TTA	36
4.3 Kadar N total pada fermentasi limbah cair tahu	37
4.4 Kadar N total pada sampel (Limbah cair tahu + TTA terfermentasi)	38
4.5 Analisis kadar P pada limbah cair tahu	42
4.6 Hasil Analisis kadar P dalam sampel (Limbah cair tahu + TTA terfermentasi)	43
4.7 Hasil Analisis kadar kalium pada fermentasi limbah cair tahu	46
4.8 Hasil Analisis kadar kalium pada sampel (Limbah cair tahu + TTA terfermentasi)	47
6.1 Data pengukuran kadar N pada limbah cair tahu	64
6.2 Data pengukuran N pada limbah cair tahu + tepung tulang ayam	64
6.3 Data kurva kalibrasi P limbah cair tahu tanpa fermentasi	68
6.4 Data kurva kalibrasi P terfermentasi 4 hari	68
6.5 Data kurva kalibrasi P terfermentasi 8 dan 12 hari	69

6.6 Data pengukuran kadar P dalam limbah cair tahu terfermentasi dan terfermentasi	70
6.7 Data pengukuran analisis kadar P limbah cair tahu + TTA	70
6.8 Data kurva kalibrasi K	72
6.9 Data pengukuran analisis kadar K dalam limbah cair tahu tanpa fermentasi dan terfermentasi	74
6.10 Data pengukuran analisis kadar K limbah cair tahu + TTA	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
4.1 Hubungan antara massa TTA yang ditambahkan dengan kadar N total dalam pupuk organik cair	39
4.2 Hubungan antara massa TTA yang ditambahkan dengan kadar P pada pupuk organik cair	44
4.3 Hubungan antara massa TTA yang ditambahkan dengan kadar K pada pupuk organik cair	48
4.4 Hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar rata-rata NPK pada pupuk organik cair	49
4.5 Hubungan antara massa TTA (20 g dan 25 g) dengan kadar NPK pada pupuk organik cair	51
6.1 Hubungan antara massa TTA yang ditambahkan dengan kadar N total dalam pupuk organik cair	67
6.2 Kurva kalibrasi P limbah cair tahu tanpa fermentasi	68
6.3 Kurva kalibrasi P terfermentasi 4 hari	69
6.4 Kurva kalibrasi P terfermentasi 8 dan 12 hari	69
6.5 Hubungan antara massa TTA yang ditambahkan dengan kadar P pada pupuk organik cair	73
6.6 Kurva kalibrasi K	73
6.7 Hubungan antara massa TTA yang ditambahkan dengan kadar K pada pupuk organik cair	75

6.8 Hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar rata-rata NPK pada pupuk organik cair	76
6.9 Hubungan antara massa TTA (20 g dan 25 g) dengan kadar NPK pada pupuk organik cair	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram alir persiapan sampel tepung tulang ayam	59
2. Diagram analisis limbah cair tahu	60
3. Diagram alir penetapan kadar N	61
4. Diagram alir penetapan kadar P	62
5. Diagram alir penetapan kadar K	63
6. Analisis data	63
7. Dokumentasi	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada industri tahu dalam proses pengolahannya menghasilkan limbah, baik limbah padat maupun cair. Limbah padat dihasilkan dari proses penyaringan dan penggumpalan. Limbah cairnya dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu, oleh karena itu jumlah limbah cair yang dihasilkan sangat tinggi. Sayangnya sampai saat ini jumlah industri tahu tidak diikuti dengan berkembangnya pengolahan limbah. Masih banyak industri yang membuang limbah langsung ke sungai, padahal limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik tahu banyak mengandung bahan-bahan organik yang dapat mencemari sungai (Kaswinarni, 2007).

Limbah tahu adalah salah satu limbah produksi yang memiliki kandungan senyawa organik yang tinggi, karena dalam limbah tahu terdapat unsur hara makro dan mikro yang dapat bertindak sebagai sumber makanan bagi pertumbuhan mikroba. Menurut Said (1999), komposisi kimia limbah cair tahu yaitu terdapat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Komposisi kimia limbah cair tahu

Komposisi kimia	Besarnya kadar
Protein	0,42 %
Lemak	0,13 %
Karbohidrat	0,11 %
Air	98,87 %
Kalsium	13,60 ppm
Fosfor	1,74 ppm
Besi	4,55 ppm

Dengan demikian limbah tahu memiliki potensi untuk dijadikan pupuk organik. Pada pupuk cair diperlukan bakteri untuk mengikat nitrogen, fosfor, kalium, dan unsur lain misalnya dengan menggunakan EM-4. Mikroorganisme yang terdapat dalam EM-4 dapat bekerja aktif menambah unsur hara apabila bahan organik dalam keadaan yang cukup. Bahan organik merupakan bahan makanan dan sumber energi. Menurut Wididiana *et al.* (1996), EM-4 sangat bermanfaat untuk mempercepat proses penguraian limbah organik, mempercepat proses pengomposan, menghilangkan bau busuk pada limbah serta mengendalikan hama dan penyakit tanaman.

Pupuk organik atau pupuk alam merupakan hasil-hasil akhir dari perubahan atau peruraian bagian-bagian atau sisa-sisa tanaman dan binatang, misalnya pupuk kandang, pupuk hijau, kompos, bungkil, guano, tepung tulang dan sebagainya (Sutejo, 1990). Pada pupuk organik, untuk menambahkan kandungan jumlah unsur hara dilakukan dengan cara meningkatkan kadar unsur hara dalam pupuk, salah satu yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penambahan tepung tulang ayam yang disebut dengan TTA. Menurut Capah (2006), bahwa komposisi tulang bervariasi tergantung pada umur hewan, status, dan kondisi makanannya. Tabel 1.2 menunjukkan komposisi tulang normal pada umumnya, yaitu sebagai berikut:

Tabel 1.2 Komposisi kimia tulang normal

Komposisi kimia	Kadar
Kadar air	45 %
Lemak	10 %
Protein	20 %
Abu	25 %

Sampai saat ini pemanfaatannya masih sangat terbatas untuk campuran pupuk, makanan ternak, lem, dan gelatin. Akibatnya banyak tulang yang terbuang begitu saja sebagai limbah dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Berdasarkan hal di atas, maka penelitian tentang pemanfaatan Tepung Tulang Ayam (TTA) yang ditambahkan pada pupuk organik cair diharapkan dapat memberikan pengaruh positif yaitu dapat meningkatkan kadar N, P dan K dalam meningkatkan mutu pupuk organik cair sebagai bahan yang sangat diperlukan bagi pertumbuhan dan produksi tanaman.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini yaitu:

1. Berapa kadar N, P dan K pada limbah cair tahu?
2. Berapa massa tepung tulang ayam (TTA) optimal yang harus ditambahkan ke dalam limbah cair tahu agar diperoleh kadar N, P dan K tertinggi?
3. Berapa persen (%) peningkatan kadar N, P dan K pada limbah tahu yang sudah terfermentasi dengan EM-4 setelah penambahan tepung tulang ayam?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kadar N, P dan K pada limbah cair tahu.
2. Mengetahui massa tepung tulang ayam optimal yang harus ditambahkan ke dalam limbah cair tahu agar mendapat kadar N, P dan K tertinggi.
3. Mengetahui persen (%) peningkatan kadar N, P dan K pada limbah cair tahu yang sudah terfermentasi dengan EM-4 setelah penambahan tepung tulang ayam.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini bagi masyarakat adalah :

1. Memberikan informasi tentang kadar nitrogen, kadar fosfor, dan kadar kalium pada limbah cair tahu sehingga dapat digunakan sebagai pupuk organik cair dalam peningkatan unsur hara tanaman.
2. Memberikan informasi tentang massa tepung tulang ayam yang harus ditambahkan ke dalam pupuk induk agar diperoleh kadar N, P dan K optimal.
3. Memberikan informasi adanya peningkatan kadar N, P dan K pada limbah cair tahu yang sudah terfermentasi dengan EM-4 setelah penambahan tepung tulang ayam.

Manfaat dari penelitian yang dilakukan ini bagi peneliti adalah:

1. Peneliti mengetahui pemanfaatan limbah cair tahu menjadi pupuk organik cair.
2. Peneliti dapat mengaplikasikan kajian teori dengan praktik.
3. Peneliti mempunyai solusi untuk mengatasi masalah lingkungan dengan memanfaatkan limbah menjadi pupuk.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Industri Tahu

Limbah industri tahu adalah limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu maupun saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Saat ini yang biasa dimanfaatkan adalah limbah padatnya saja namun tidak untuk limbah cairnya. Padahal limbah cair akan mencemari lingkungan dan mengakibatkan bau busuk.

Nur (2011), menyatakan bahwa limbah cair industri tahu mengandung unsur hara seperti N sebesar 164,9 ppm, P sebesar 15,66 ppm, K sebesar 625 ppm dan pH sebesar 3,9. Agar limbah cair pabrik tahu dapat digunakan sebagai pupuk cair, maka limbah tersebut harus difermentasi. Menurut Ansori (1989), fermentasi merupakan aktivitas mikroorganisme untuk memperoleh energi yang diperlukan untuk metabolisme dan pertumbuhannya melalui pemecahan atau katabolisme terhadap senyawa-senyawa organik secara anaerobik. Naswir (2008) mengemukakan fermentasi pada substrat organik yang sesuai, dapat menyebabkan perubahan sifat bahan tersebut. Fermentasi ditujukan untuk merombak komposisi makro pada bahan agar mudah diserap oleh tanaman dalam waktu cepat. Naswir (2008) juga mengemukakan bahwa proses fermentasi akan lebih cepat pada kondisi kedap udara (*anaerob*).

2.2. Pupuk Organik

Pupuk organik adalah hara tanaman yang umumnya secara alami dalam tanah, atmosfer, dan dalam kotoran hewan. Pupuk memegang peranan penting dalam meningkatkan hasil tanaman, terutama pada tanah yang kandungan unsur haranya rendah (Samekto, 2008).

Samekto (2008) dan Yuliarti (2009), mengemukakan bahwa pupuk organik merupakan hasil akhir dari peruraian bagian-bagian atau sisa-sisa tanaman dan binatang (makhluk hidup) misalnya pupuk kandang, pupuk hijau, kompos, bungkil, guano, tepung tulang dan lain sebagainya. Pupuk organik mampu mengemburkan lapisan permukaan tanah (*top soil*), meningkatkan populasi jasad renik, mempertinggi daya serap dan daya simpan air dapat meningkatkan kesuburan tanah (Samekto, 2008). Hal ini sependapat dengan Yuliarti (2009) penggunaan pupuk organik memberikan manfaat meningkatkan ketersediaan anion-anion utama untuk pertumbuhan tanaman seperti nitrat, fosfat, sulfat borat, dan klorida, meningkatkan ketersediaan hara mikro untuk kebutuhan tanaman dan memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah.

Pupuk organik cair merupakan salah satu jenis pupuk yang banyak beredar di pasaran. Pupuk organik cair lebih mudah terserap oleh tanaman karena unsur-unsur di dalamnya sudah terurai. Tanaman menyerap hara terutama melalui akar namun daun juga memiliki kemampuan menyerap hara, oleh sebab itu pupuk cair dapat disemprotkan pada daun. Keuntungan dari penggunaan pupuk organik cair, kita dapat melakukan tiga macam proses dalam sekali pekerjaan, yaitu memupuk tanaman, menyiram tanaman, dan mengobati tanaman (Yuliarti, 2009).

Hara fosfor yang terdapat dalam pupuk cair akan lebih efektif penggunaannya dibandingkan dengan pupuk padat, karena pengaplikasiannya yang langsung pada tanaman mengakibatkan fosfor tidak akan mudah tercuci oleh air dan dapat langsung diserap oleh tanaman. Menurut Yuliarti (2009) penggunaan pupuk organik memberikan manfaat meningkatkan ketersediaan anion-anion utama untuk pertumbuhan tanaman seperti nitrat, fosfat, sulfat, borat, dan klorida, meningkatkan ketersediaan hara mikro untuk kebutuhan tanaman dan memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah. Standar kualitas unsur makro pupuk organik berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No.28/Permentan/OT.140/ 2/2009 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standar mutu pupuk organik (Peraturan Menteri Pertanian No. 28/Permentan/OT.140/2/2009)

No.	Parameter	Satuan	Persyaratan teknis		
			Murni	Diperkaya Mikroba	Cair/pasta
1.	C-Organik	%	>12	>12	≥4
2.	C/N rasio		15-25	15-25	
3.	Bahan ikutan	%	<2	<2	<2
4.	Kadar air	%	4-15*	10-20*)	-
5.	Kadar logam berat:				
	As	Ppm	≤10	≤10	≤2,5
	Hg	Ppm	≤1	≤1	≤0,25
	Pb	Ppm	≤50	≤50	≤12,5
	Cd	Ppm	≤10	≤10	≤2,5
6.	pH		4-8	4-8	4-8
7.	Kadar total:				
	N	%	<6***	<6***	<2
	P ₂ O ₅	%	<6**	<6**	<2
	K ₂ O	%	<6**	<6**	<2
8.	Mikroba patogen (E.coli, Sellmonella)	cfu/g;	<10 ²	<10 ²	<10 ²
9.	Mikroba fungsional	cfu/g;	-	>10 ³	-
10.	Ukuran butiran	Mm	2-5	2-5	-
11.	Unsur mikro:				
	Fe	Ppm	Min 0, Maks 8000	Min 0, Maks 8000	Min 0, Maks 8000
	Mn	Ppm	Min 0, Maks 5000	Min 0, Maks 5000	Min 0, Maks 5000
	Cu	Ppm	Min 0, Maks 5000	Min 0, Maks 5000	Min 0, Maks 5000
	Zn	Ppm	Min 0, Maks 5000	Min 0, Maks 5000	Min 0, Maks 5000
	B	Ppm	Min 0, Maks 2500	Min 0, Maks 2500	Min 0, Maks 2500
	Co	Ppm	Min 0, Maks 20	Min 0, Maks 20	Min 0, Maks 20

Keterangan :

*) Kadar air berdasarkan bobot asal

**) Bahan-bahan tertentu yang berasal dari bahan organik alami diperbolehkan mengandung kadar P₂O₅ dan K₂O >60% (dibuktikan dengan hasil laboratorium)

***)) N-total = N-Organik+N-NH₄+N-NO₃; Nkjeldahl= N-organik+N-NH₄; C/N, N=N-total

2.3. Hara Nitrogen (N)

Nitrogen merupakan unsur penyusun yang penting dalam sintesis protein. Sebagian besar dari nitrogen total dalam air dapat terikat sebagai nitrogen organik, yaitu dalam bahan-bahan berprotein. Bentuk utama nitrogen di air limbah adalah material protein dan urea. Senyawa-senyawa nitrogen terdapat dalam bentuk terlarut atau sebagai bahan tersuspensi. Jenis nitrogen di air meliputi nitrogen organik, amonia, nitrit, dan nitrat (Saeni, 1998). Nitrogen diserap oleh akar tanaman dalam bentuk NO_3^- (nitrat) dan NH_4^+ (amonium). Nitrogen yang berasal dari bahan organik tertentu diperoleh melalui amonisasi-nitrifikasi (Mulyadi, 1994).

Menurut Samekto (2008), peran utama N dalam tanaman adalah sebagai unsur penyusun protein yang merupakan senyawa dengan berat molekul tinggi yang mengandung 15-18% N dan terdiri atas rantai – rantai asam amino yang terikat dengan ikatan peptida. Protein sangat vital dalam fungsi tanaman. Sedangkan menurut Poerwowidodo (1996), nitrogen memegang peranan penting sebagai penyusun klorofil, yang menjadikan daun berwarna hijau. Kandungan nitrogen yang tinggi menjadikan dedaunan lebih hijau dan mampu bertahan lama. Namun jika kelebihan nitrogen maka tanaman akan memperlihatkan daun kuning pucat sampai hijau kelam.

2.4. Hara Fosfor (P)

Fosfor (P) merupakan unsur hara essential tanaman. Tidak ada unsur lain yang dapat mengganti fungsinya di dalam tanaman, sehingga tanaman harus mendapatkan atau mengandung P secara cukup untuk pertumbuhannya secara

normal. Fungsi penting fosfor di dalam tanaman yaitu dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer dan penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel untuk proses-proses didalam tanaman lainnya (Winarso, 2005).

Fosfor di tanah terdapat dalam bentuk karbonat apatit $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaCO}_3$, hidroksi apatit $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}(\text{OH})_2$, oksida apatit $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaO}$, trikalsium fosfat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, dikalsium fosfat $\text{Ca}_2\text{H}(\text{PO}_4)_2$, monokalsium fosfat $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (Mulyadi, 1994). Unsur fosfor sangat penting sebagai sumber energi (ATP). Oleh karena itu, kekurangan P dapat menghambat pertumbuhan maupun reaksi-reaksi metabolisme tanaman. Fosfor pada tanaman berfungsi dalam pembentukan bunga, buah, dan biji, serta mempercepat pematangan buah. Kualitas pupuk organik dipengaruhi oleh metode pengomposan, kualitas bahan organik, suhu, dan aktivitas mikroorganisme perombak bahan organik. Pemberian unsur fosfor dalam jumlah memadai dapat meningkatkan mutu benih yang meliputi potensi perkecambahan dan vigor bibit (Mugnisjah dan Setiawan, 1995).

Fosfor juga mempunyai peran penting dalam membran tanaman, sampai fosfor tersebut terikat pada molekul lipida yang merupakan senyawa yang dikenal sebagai fosfolipida (Samekto, 2008). Fosfor dalam tanaman berfungsi mempercepat pertumbuhan akar, dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa, dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, dapat meningkatkan biji-bijian. Sumber fosfat berada di dalam tanah sebagai fosfat mineral yang kebanyakan dalam bentuk batu kapur fosfat, sisa-sisa tanaman, bahan organik, dan dalam bentuk pupuk buatan (Sutejo, 1990).

2.5. Hara Kalium (K)

Kalium diserap dalam bentuk K^+ terutama pada tanaman muda. Kalium banyak terdapat dalam jaringan muda, pada sel tanaman zat ini terdapat sebagai ion didalam cairan sel dan keadaan demikian akan merupakan bagian yang penting dalam melaksanakan turgor yang disebabkan oleh tekanan osmosis (Mulyadi, 1994).

Samekto (2008) menyatakan bahwa peran unsur kalium dalam tanaman dapat dikelompokkan menjadi empat :

a. Netralisasi asam organik

Karena kelimpahannya, ion bermuatan positif ini dapat menyeimbangi muatan negatif gugus-gugus anion dari molekul organik, seperti asam-asam organik.

b. Ion kalium aktif dalam osmosis

Ion kalium berperan vital dalam hubungannya dengan air, ion Kalium meningkatkan turgor sel pada titik-titik tumbuh dan membantu dalam pemekaran sel setelah pemekaran sel (pembelahan mitosis).

c. Peran dalam transpor pada membran sel

Gradien elektrolisis tidak stabil menyebrangi membran oleh pergerakan ion H. Ion kalium bergerak dengan arah berlawanan sebagai lawan terhadap gerakan ion H. Ini penting dalam bekerjanya kloroplas (fotosintesis), mitokondria (respirasi), dan transport transkolasi floem.

d. Aktivitas enzim

Lebih dari 60 enzim membutuhkan ion monovalensi untuk aktivitasnya. Pada hampir setiap kasus, ion kalium adalah ion yang paling efisien dalam mempengaruhi aktivitas enzim tersebut. Berbagai proses utama, seperti sintesis pati dan protein dapat terhambat dalam kondisi defisiensi kalium. Kalium terlibat dalam berbagai proses fisiologi tanaman, terutama berperan dalam berbagai reaksi biokimia. Beberapa fungsi kalium dalam tubuh tanaman antara lain sebagai aktivator enzim, berperan dalam pengaturan air dan energi, dan juga berperan dalam sintesis protein dan pati, serta pemindahan fotosinat (Poerwowidodo, 1996). Membantu membuka dan menutup stomata, meningkatkan daya tahan terhadap penyakit tanaman dan serangan hama, memperluas pertumbuhan akar tanaman, memperbaiki ukuran dan kualitas buah pada masa generatif dan menambah rasa manis/enak pada buah, dan memperkuat tubuh tanaman supaya daun, bunga dan buah tidak mudah rontok (Pranata, 2004).

Kekurangan kalium dapat menghambat pertumbuhan tanaman, daun tampak keriting dan mengkilap, juga dapat menyebabkan tangkai daun lemah sehingga mudah terlukai dan kulit biji keriput (Pranata, 2004).

2.6. Tepung Tulang Ayam

Tulang masih merupakan sumber utama fosfor dan asam fosfat, tetapi sampai saat ini pemanfaatannya masih sangat terbatas untuk campuran pupuk, makanan ternak, lem, dan gelatin. Akibatnya banyak tulang yang terbuang begitu saja sebagai limbah yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Penyusunan tulang terdiri dari senyawa organik dan senyawa anorganik. Senyawa

organik dalam tulang terdiri atas protein dan polisakarida, sedangkan senyawa anorganik dalam tulang terdiri dari garam-garam fosfat dan karbonat. Menurut Capah (2006), komposisi tulang bervariasi tergantung pada umur hewan, status, dan kondisi makanannya, dimana tulang yang normal mengandung kadar air (45%), lemak (10%), protein (20%), dan abu (25%).

Tabel 2.2. Komposisi tulang ayam (Rasyaf, 1990)

No.	Komponen	Kandungan (%)
1.	Kalsium	24 – 30
2.	Fosfor	12 – 15
3.	Protein	–
4.	Lemak	–

Dewan Standarisasi Nasional Indonesia menetapkan beberapa karakteristik mutu tepung tulang meliputi kadar air, mineral, lemak, dan kotoran pasir tanpa penentuan kandungan protein.

Tabel 2.3. Karakteristik mutu kandungan tepung tulang mutu I dan II

No.	Karakteristik	Syarat	
		Mutu I	Mutu II
1.	Kadar air, % (bobot/bobot) maks.	8	8
2.	Lemak, % (bobot/bobot)	3	6
3.	Kalsium, % (bobot/bobot kering) min.	20	30
4.	Posfat sebagai P ₂ O ₅ , % (bobot/bobot kering) maks.	20	20
5.	Kadar pasir/silika, % (bobot/bobot kering) maks.	1	1
6.	Kehalusan (mesh 25), % (bobot/bobot kering) maks.	90	90
7.	Kadar posfat, % (bobot/bobot kering)	8	8

Sumber: SNI 01-3158-1992

Menurut Sulastri (2002), konsentrasi Na plasma pada tulang sebesar 341,24 mg/100 mL dan 0,10% BK sedangkan K plasma pada tulang sebesar 0,22% BK dan 83,03 mg/100 mL. Menurut Sutejo (1990) bahwa pupuk bubuk tulang mengandung 10% N, 2,1% P (5% P₂O₅) dan K 1%. Asam fosfat atau yang sering disebut asam orthophospat dengan rumus kimia H₃PO₄ adalah asam berbasa tiga deret garam, yaitu orthophospat primer, misal NaH₂PO₄;

orthophospat sekunder, misal Na_2HPO_4 dan orthophospat tersier, misal Na_3PO_4 (Vogel, 1979). Pada umumnya setiap bahan yang mengandung fosfat cukup banyak dapat dijadikan bahan dasar industri fosfat.

2.7. EM-4

Pembuatan kompos/pupuk organik tidak terlepas dari proses pengomposan yang diakibatkan oleh mikroba yang berperan sebagai pengurai atau dekomposer berbagai limbah organik yang dijadikan bahan pembuat kompos. Aktivator mikroba memiliki peranan penting, karena digunakan untuk mempercepat pembuatan kompos.

EM-4 merupakan kultur campuran mikroorganisme yang menguntungkan dan bermanfaat bagi kesuburan tanah maupun pertumbuhan dan produksi tanaman, serta ramah lingkungan. Mikroorganisme yang ditambahkan akan membantu memperbaiki kondisi biologis tanah dan dapat membantu penyerapan unsur hara. EM-4 mengandung mikroorganisme fermentasi dan sintetik yang terdiri dari bakteri asam laktat (*Lactobacillus Sp*), bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas Sp*), *Actinomycetes Sp*, *Streptomyces Sp*, dan ragi (*yeast*) atau yang sering digunakan dalam pembuatan tempe (Utomo, 2007).

Mikroorganisme yang terdapat dalam EM-4 dapat bekerja aktif menambah unsur hara apabila bahan organik dalam keadaan yang cukup, dimana bahan organik tersebut merupakan bahan makanan dan sumber energi, yang menurut Wididiana *et al.* (1996), EM-4 sangat bermanfaat untuk mempercepat proses penguraian limbah organik, mempercepat proses pengomposan, menghilangkan bau busuk pada limbah serta mengendalikan hama dan penyakit tanaman.

2.8. Instrumentasi

2.8.1 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer adalah alat untuk mengukur transmitansi atau absorbansi suatu contoh sebagai fungsi gelombang, juga pengukuran terhadap suatu deretan contoh pada panjang gelombang tunggal. Alat-alat demikian dapat dikelompokkan baik sebagai manual atau perekam, maupun sebagai sinar tunggal atau sinar rangkap. Pada praktek, alat-alat sinar tunggal biasanya dijalankan dengan tangan dan alat-alat sinar rangkap biasanya menonjolkan pencatatan spektrum absorbs, tetapi untuk mencatat satu spektrum dengan suatu alat tunggal (Underwood dan Day, 1989). Spektroskopi UV-Vis merupakan suatu spektroskopi absorpsi berdasarkan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang 160 sampai 780 nm. Spektrofotometer UV-Vis pada prinsipnya terdiri dari sumber radiasi (*source*), monokromator, sel, fotosel (*radiation transducer*), dan detektor (Clark, 1993).

Spektrometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, diemisikan, atau direfleksikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Secara umum spektrometer UV-Vis memiliki 3 tipe yaitu rancangan berkas tunggal (*single beam*), rancangan berkas ganda (*double beam*), dan *multichannel*. Absorbansi dari larutan sampel yang diukur spektrometer Uv-Vis digunakan untuk mengukur intensitas sinar yang dilalui menuju sampel (I) dan membandingkannya dengan intensitas sinar sebelum dilewatkan ke sampel tersebut (I_0). Rasio I/I_0 disebut Transmittan (T), sedangkan absorban diperoleh dari

transmitan tersebut dengan rumus $A = -\log T$ sesuai dengan hukum dasarnya yaitu hukum Lambert-Beer.

$$A = -\log T = -\log \frac{I_t}{I_0}$$

dimana I_0 merupakan intensitas cahaya datang dan I_t atau I_1 adalah intensitas cahaya setelah melewati sampel. Rumus yang diturunkan dari Hukum Beer dapat ditulis sebagai:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \text{ atau } A = a \cdot b \cdot c$$

dimana: A = absorbansi, b atau terkadang digunakan l = tebal larutan (tebal kuvet diperhitungkan juga umumnya 1 cm), c = konsentrasi larutan yang diukur, ϵ = tetapan absorptivitas molar (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam molar), a = tetapan absorptivitas (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam ppm).

Komponen dasar dari spektrofotometer hanya terdiri atas sumber energi cahaya, monokromator dan detektor. Tetapi, agar pembacaan hasil lebih sempurna dan cepat dilakukan beberapa tambahan komponen, sehingga komponen spektrofotometer adalah sebagai berikut:

a. Sumber cahaya

Berfungsi untuk memancarkan atau mengemisikan spektrum unsur yang ditentukan. Sebagai sumber cahaya digunakan lampu wolfram untuk bagian spektrum yang terlihat (visual) pada sekitar 330 nm sedangkan sebagai sumber cahaya yang kontinyu untuk UV dipakai lampu Deuterium.

b. Monokromator (selektor panjang gelombang)

Digunakan untuk memperoleh sumber sinar yang monokromatis, alatnya berupa prisma atau grating. Untuk mengarahkan sinar monokromatis yang

diinginkan dari hasil penguraian dapat digunakan celah. Jika posisinya tetap, maka prisma atau gratingnya yang dirotasikan untuk mendapatkan panjang gelombang yang diinginkan.

c. Wadah sampel (kuvet)

Berfungsi sebagai tempat sampel yang akan dianalisis. Biasanya wadah sampel disebut kuvet atau sel. Pemakaian kuvet untuk visual cukup dengan kuvet kaca dapat terbuat dari berbagai macam seperti gelas maupun plastik, tetapi untuk UV harus dari bahan “Kwarts” yang bervolume 3 cm^3 dan berpenampang 1 cm. Beberapa spektrofotometer mempunyai 2 saluran (tempat) kuvet untuk pengukuran absorpsi blanko dan sampel.

d. Detektor

Detektor ini adalah tabung pengganda foton yang berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya dan memperkuat sinyal.

e. Recorder (amplifier)

Sinyal dari detektor biasanya diperkuat kemudian direkam sebagai spektrum yang berbentuk puncak-puncak. Plot antara panjang gelombang dan absorbansi akan menghasilkan spektrum.

f. Prinsip Kerja

Alat spektrofotometer UV-Vis mempunyai rentang panjang gelombang dari 160 nm sampai 780 nm. Larutan yang berwarna dalam tabung reaksi khusus dimasukkan ke tempat cuplikan dan absorbansi atau persen transmitansi dapat dibaca pada skala pembacaan. Sumber cahaya berupa lampu tungsten akan memancarkan sinar polikhromatik. Setelah melewati pengatur panjang

gelombang, hanya sinar yang monokromatik dilewatkan ke larutan dan sinar yang melewati larutan dideteksi oleh fotodetektor (Hendayana, 1994).

Alat ini digunakan untuk menganalisis kadar fosfor sampel yaitu pupuk organik cair pada penelitian yang akan dilakukan ini.

2.8.2 Spektrofotometri Emisi Atom (SEA)

Spektroskopi emisi merupakan spektroskopi atom dengan menggunakan sumber eksitasi selain nyala api seperti busur listrik atau bunga api. Belakangan ini sumber eksitasi yang sering digunakan adalah plasma argon. Metode ini bersifat spesifik dan peka. Metode memerlukan persiapan sampel yang minimum, seperti sampel dapat langsung diletakkan pada sumber eksitasi. Gangguan unsur-unsur lain pada temperatur eksitasi lebih tinggi, namun semuanya tidak berarti. Karena pada saat yang sama dapat diambil spektrum dari dua unsur atau lebih. Keterbatasannya adalah perekaman yang dilakukan pada kertas fotografi, yang perlu dicetak dan diinterpretasi. Intensitas radiasi tidak selalu reproduisibel dan kesalahan relatif melebihi 1-2% (Khopkar, 1990).

Sumber eksitasi sangat berpengaruh terhadap bentuk dan intensitas emisi. Selain menyediakan energi yang cukup untuk menguapkan sampel, sumber juga menyebabkan eksitasi elektronik partikel-partikel elementer dalam gas. Garis spektrum kejadiannya yang terakhir inilah berguna untuk analisis spektroskopi emisi. Molekul tereksitasi pada fase gas mengemisi spektrum, yaitu akibat transisi dari suatu energi tereksitasi (E_2) ke suatu tingkat energi yang lebih rendah (E_1) dengan pemancaran (emisi) foton dengan energi $h\nu$.

$$h\nu = E_2 - E_1$$

Pada masing-masing tingkat elektronik suatu molekul, terdapat sejumlah subtingkat vibrasi, rotasi dengan energi yang berbeda, sehingga radiasi molekul tereksitasi meliputi sejumlah frekuensi yang terkumpul dalam pita-pita; masing-masing pita sesuai dengan suatu transisi dari suatu tingkat tereksitasi ke tingkat energi elektronik lain yang lebih rendah. Sedangkan atom tereksitasi atau ion monoatom pada fase gas mengemisikan spektrum garis. Pada spektrum suatu spesies monoatomik tidak dijumpai struktur halus (*fine structure*) vibrasi dan rotasi, sehingga spektrum emisi merupakan suatu deret frekuensi individual yang sesuai dengan transisi antara berbagai tingkat energi elektronik. Suatu garis spektrum mempunyai ketebalan spesifik. Spektrum emisi, absorpsi atau pendar-fluor partikel atom terdiri dari garis-garis sempit tertentu tempatnya yang berasal dari transisi elektronik elektron terluar (Khopkar, 1990).

Pengukuran dengan spektroskopi emisi dapat dimungkinkan karena masing-masing atom mempunyai tingkat energi tertentu yang sesuai dengan posisi elektron. Pada keadaan normal, elektron-elektron ini berada pada tingkat dasar dengan energi terendah. Penambahan energi baik secara termal maupun elektrik, menyebabkan satu atau lebih elektron diletakkan pada tingkat energi lebih tinggi, menjauh dari inti. Elektron tereksitasi ternyata lebih suka kembali ke tingkat dasar dan pada proses ini kelebihan energi dipancarkan dalam bentuk energi radiasi foton. Jika energi eksitasinya semakin besar, maka energi emisinya juga semakin besar. Absorpsi sendiri (*self absorption*) kadangkala menurunkan intensitas emisi. (Khopkar, 1990).

Pada cara emisi, interaksi dengan energi menyebabkan eksitasi atom yang mana keadaan ini tidak berlangsung lama dan akan kembali ke tingkat semula dengan melepaskan sebagian atau akan kembali ke tingkat semula dengan melepaskan sebagian atau seluruh energi eksitasinya dalam bentuk radiasi. Frekuensi radiasi yang dipancarkan bersifat karakteristik untuk setiap unsur dan intensitasnya sebanding dengan jumlah atom yang tereksitasi dan yang mengalami proses deeksitasi. Pemberian energi dalam bentuk nyala merupakan salah satu cara untuk eksitasi atom ke tingkat yang lebih tinggi. Cara tersebut dikenal dengan nama spektrofotometri emisi nyala. (Sudjadi, 2007). Pada penelitian ini, metode ini digunakan untuk mengukur kadar K.

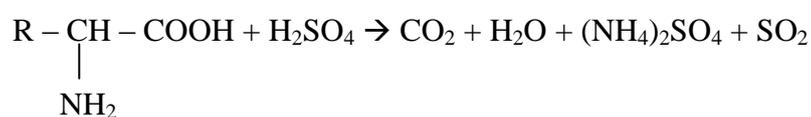
2.9. Penentuan Kadar Nitrogen (Metode Kjeldahl)

Metode Kjeldahl merupakan metode yang sederhana untuk penentuan nitrogen total pada asam amino, protein dan senyawanya yang mengandung nitrogen. Sampel didestruksi dengan asam sulfat dan dikatalis dengan katalisator yang sesuai sehingga akan menghasilkan ammonium sulfat. Setelah pembebasan dengan alkali kuat, amonia yang terbentuk disuling uap secara kuantitatif ke dalam larutan penyerap dan ditetapkan secara titrasi. Metode ini cocok digunakan secara semimikro, sebab hanya memerlukan jumlah sampel dan pereaksi yang sedikit dan waktu analisis yang pendek. Cara Kjeldahl digunakan untuk menganalisis kadar protein kasar dalam bahan makanan secara tidak langsung, karena yang dianalisis dengan cara ini adalah kadar nitrogennya. Prinsip cara analisis Kjeldahl adalah sebagai berikut: mula-mula bahan didestruksi dengan asam sulfat pekat menggunakan katalis butiran Zn. Amonia yang terjadi

ditampung dan dititrasi dengan bantuan indikator. Cara Kjeldahl digunakan untuk contoh yang sukar dihomogenisasi dan besar contoh 1-3 g, sedang semimikro Kjeldahl dirancang untuk contoh ukuran kecil yaitu kurang dari 300 mg dari bahan yang homogen. Cara analisis tersebut akan berhasil baik dengan asumsi Nitrogen dalam bentuk ikatan N-N dan N-O dalam sampel tidak terdapat dalam jumlah yang besar. Analisis protein cara Kjeldahl pada dasarnya dapat dibagi menjadi tiga tahapan yaitu proses destruksi, proses destilasi, dan tahap titrasi.

a. Tahap destruksi

Pada tahapan ini sampel dipanaskan dalam asam sulfat pekat sehingga terjadi destruksi menjadi unsur-unsurnya. Elemen karbon, hidrogen teroksidasi menjadi CO, CO₂, dan H₂O. Sedangkan nitrogen (N) akan berubah menjadi (NH₄)₂SO₄. Gunning menganjurkan menggunakan K₂SO₄ atau CuSO₄. Dengan penambahan katalisator tersebut titik didih asam sulfat akan dipertinggi sehingga destruksi berjalan lebih cepat. Selain katalisator yang telah disebutkan tadi, kadang-kadang juga diberikan Selenium. Selenium dapat mempercepat proses oksidasi karena zat tersebut selain menaikkan titik didih juga mudah mengadakan perubahan dari valensi tinggi ke valensi rendah atau sebaliknya.



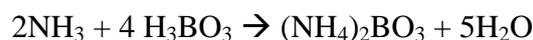
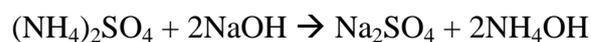
Asam amino

b. Tahap destilasi

Pada tahap destilasi, ammonium sulfat dipecah menjadi ammonia (NH₃) dengan penambahan NaOH sampai alkalis dan dipanaskan. Agar selama

destilasi tidak terjadi *superheating* ataupun pemercikan cairan atau timbulnya gelembung gas yang besar maka dapat ditambahkan logam seng (Zn). Ammonia yang dibebaskan selanjutnya akan ditangkap oleh asam khlorida atau asam borat 1 % dalam jumlah yang berlebihan. Agar kontak antara asam dan ammonia lebih baik maka diusahakan ujung tabung destilasi tercelup sedalam mungkin dalam asam. Untuk mengetahui asam dalam keadaan berlebihan maka diberi indikator misalnya metilen blue dan pp.

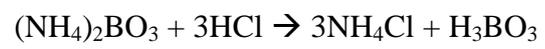
Reaksi yang terjadi pada tahap ini adalah:



c. Tahap titrasi

Apabila penampung destilat digunakan asam khlorida maka sisa asam khlorida yang bereaksi dengan ammonia dititrasi dengan NaOH standar (0,1 N). Akhir titrasi ditandai dengan tepat perubahan warna larutan menjadi merah muda dan tidak hilang selama 30 detik bila menggunakan indikator pp. Apabila penampung destilasi digunakan asam borat maka banyaknya asam borat yang bereaksi dengan ammonia dapat diketahui dengan titrasi menggunakan asam khlorida 0,1 N dengan indikator bromo cresol green dan metil merah (BCG + MR). Akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna larutan dari biru menjadi merah muda. Setelah diperoleh % N, selanjutnya dihitung kadar proteinnya dengan mengalikan suatu faktor. Besarnya faktor perkalian N menjadi protein ini tergantung pada persentase N yang menyusun protein dalam suatu bahan.

Reaksi yang terjadi pada tahap ini adalah:



(Fatmawaty, 2011)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian pemanfaatan Tepung Tulang Ayam (TTA) dalam peningkatan kadar N, P dan K yang dilakukan di laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

3.2. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi pada penelitian yang dilakukan ini adalah limbah cair tahu yang diambil dari industri pembuatan tahu di daerah Sumurejo, Gunungpati. Sampel merupakan bagian dari populasi yaitu cuplikan dari limbah cair industri tahu yang sudah terfermentasi dan ditambah dengan tepung tulang ayam.

3.3. Variabel Penelitian

3.3.1. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang menjadi titik pusat penelitian. Variabel terikat pada penelitian yang dilakukan ini adalah kadar N, P dan K yang diperoleh.

3.3.2. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya divariasikan. Variabel bebas dalam penelitian yang dilakukan ini adalah waktu fermentasi dan jumlah massa (g) tepung tulang ayam yang ditambahkan pada limbah cair tahu.

3.3.3. Variabel Terkendali

Variabel terkendali adalah variabel yang dikendalikan. Variabel terkendali dalam penelitian yang dilakukan ini adalah waktu pengadukan 15 menit, kecepatan pengadukan 200 rpm, temperatur oven 105°C.

3.4. Alat dan Bahan

1) Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian :

- a. 1 set alat fermentasi,
- b. Alat presto,
- c. Oven,
- d. Blender,
- e. 1 set alat gelas,
- f. Kertas saring W-41,
- g. Neraca analitik AL20U Mettler Toledo,
- h. Labu Kjeldahl,
- i. Unit destilator,
- j. Spektro UV-Vis SHIMADZU 1240,
- k. SSA Perkin Elmer Analyst 100

2) Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian:

- a. Limbah cair tahu;
- b. EM-4;
- c. Tulang ayam;

- d. HCl pekat 37%, $\rho = 1,19 \text{ g/cm}^3$ (Merck);
- e. H_3BO_3 M = 61,83 g/mol, $\rho = 1,51 \text{ g/cm}^3$ (Merck);
- f. Indikator *Conway*;
- g. Parafin cair;
- h. NaOH M= 40,00 g/mol, $\rho = 2,13 \text{ g/cm}^3$ (Merck);
- i. Aquades;
- j. HNO_3 pekat 65%, $\rho = 1,39 \text{ g/cm}^3$ (Merck);
- k. HClO_4 pekat 70%, $\rho = 1,06 \text{ g/cm}^3$ (Merck);
- l. Standar induk P 1000 mg Titrisol, $\rho = 1,02 \text{ g/cm}^3$ (Merck);
- m. $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\rho = 2,498 \text{ g/cm}^3$ (Merck);
- n. Kalium Antimoniltatrat $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, $\rho = 2,6 \text{ g/cm}^3$ (Merck);
- o. H_2SO_4 98%, $\rho = 1,84 \text{ g/cm}^3$, M=98,08 g/mol (Merck);
- p. *Demin water*;
- q. Larutan standar induk K 1000 mg Titrisol, $\rho = 1,02 \text{ g/cm}^3$ (Merck);
- r. Asam askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) teknis

3.5. Prosedur Penelitian

3.5.1. Tahap Persiapan

3.5.1.1. Persiapan sampel tepung tulang ayam

Proses pembuatan tepung tulang ayam (TTA). Proses pembuatan tepung tulang yaitu pengumpulan tulang-tulang, kemudian membersihkan dan mencucinya dari sisa-sisa daging yang melekat. Pemotongan tulang-tulang menjadi ukuran 3 cm yang tujuannya memperluas permukaan tulang dan mempermudah dalam proses berikutnya. Tulang-tulang direbus pada

temperatur 100°C selama 15 menit dengan maksud untuk mengeluarkan kaldu dan lemak yang masih ada di dalam tulang. Proses selanjutnya yaitu perendaman dengan menggunakan HCl 0,8% selama enam jam yang bertujuan untuk memperlunak tulang. Setelah perendaman, tulang-tulang tersebut dicuci kembali dengan menggunakan air yang telah diendapkan terlebih dahulu untuk menghindari kemungkinan kontaminasi dari bahan residu lain yang ada di dalam air. Pencucian ini dilakukan sebanyak lima kali yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan asam pada tulang. Tahap berikutnya dengan *steam* menggunakan *press cooker* pada tekanan 2 atm selama 2 jam. *Steam* ini bertujuan untuk melunakkan tulang, selanjutnya tulang dikeringkan melalui pengeringan oven dengan suhu 105°C selama 5 jam. Setelah pengeringan, tulang digiling dengan menggunakan mesin penggiling dan dilanjutkan dengan diblender untuk memperoleh hasil tepung tulang dengan ukuran yang lebih halus. (Capah, 2006).

3.5.1.2. Persiapan Larutan Sampel (pupuk induk dan Tepung Tulang Ayam)

- a) Memasukkan 5 liter limbah ke dalam ember fermentasi. ditambahkan 50 mL EM4 ke dalam limbah tahu.
- b) Menyiapkan 5 buah alat fermentasi, masing-masing diisi dengan campuran limbah cair tahu 200 mL, EM4 2 mL dan tepung tulang ayam dengan komposisi:
 - Sampel A: ditambahkan dengan 5 g tepung tulang ayam.
 - Sampel B: ditambahkan dengan 10 g tepung tulang ayam.
 - Sampel C: ditambahkan dengan 15 g tepung tulang ayam.

Sampel D: ditambahkan dengan 20 g tepung tulang ayam.

Sampel E: ditambahkan dengan 25 g tepung tulang ayam.

Kemudian diaduk sampai larutan homogen dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 200 rpm selama 15 menit dan didiamkan selama beberapa hari (variasi waktu fermentasi 4, 8 dan 12 hari), kemudian dianalisis kadar N, P dan K. (Diba, 2012).

3.5.2.Tahap Pengujian

3.5.2.1.Penetapan Kadar N

3.5.2.1.1 Penetapan N-organik dan N-NH₄

Menimbang 0,2500 g sampel yang telah dihaluskan dan memasukkan kedalam labu kjeldahl/tabung digester ditambah 0,25 g selenium *mixture* dan 3 mL H₂SO₄ pa, dikocok hingga campuran merata dan dibiarkan 2 jam. Didestruksi sampai sempurna dengan suhu bertahap 150°C hingga akhirnya suhu maks 350°C dan diperoleh cairan jernih (3 jam). Setelah dingin diencerkan dengan sedikit aquades agar tidak mengkristal. Dipindah larutan secara kuantitatif kedalam labu didih destilator volume 250 mL, ditambah aquades hingga setengah volume labu didih dan sedikit batu didih, ditambah 10 mL NaOH 40%. Menyiapkan penampung destilat yaitu 10 mL asam borat 1% dalam erlenmeyer volume 100 mL yang ditambahkan dengan 3 tetes indikator conway, cairan dalam erlenmeyer sudah mencapai volume 75 mL. Destilat dititrasi dengan H₂SO₄ 0,05 N hingga titik akhir (warna larutan berubah dari warna hijau menjadi merah muda). Volume titrasi ini dinamakan dengan A mL, kemudian penetapan blanko dikerjakan sama

seperti diatas, dengan volume dinamakan A1 mL (Eviati dan Suleman, 2009).

3.5.2.1.2. Penetapan N-NH₄

Menimbang 1,000 g sampel halus dan dimasukkan kedalam labu didih destilator, ditambahkan sedikit batu didih 0,5 mL parafin cair dan 10 mL aquades. Blangko adalah 100 mL aquades ditambah batu didih dan parafin cair. Menyiapkan penampung destilat yaitu 10 mL asam borat 1% dalam erlenmeyer 100 mL yang ditambahkan 3 tetes indikator conway (0,100 g metil red + 0,15 g *bromcresol green*, dilarutkan dalam 100 ml etanol 96%), didestilasi dengan menambahkan 10 mL NaOH 40%. Destilasi selesai bila volume cairan dalam erlenmeyer sudah mencapai volume 75 mL. Destilat dititrasi dengan larutan baku HCl 0,1N hingga titik akhir (warna larutan berubah dari hijau menjadi merah jambu). Volume titran ini dinamakan sebagai B mL, dan blanko dikerjakan sama seperti diatas dengan volume dinamakan B1 mL (Eviati dan Sulaeman, 2009).

3.5.2.1.3 Penetapan N-NO₃

Sisa hasil penetapan N-NH₄ dibiarkan dingin lalu ditambahkan aquades (termasuk blanko) hingga volume semula. Menyiapkan penampung destilat yaitu 10 mL asam borat 1% dalam erlenmeyer 100 mL yang ditambahkan dengan 3 tetes indikator conway. Didestilasi dengan menambahkan 2 g *devarda alloy*. Destilasi dimulai tanpa pemanasan agar buih tidak meluap. Setelah buih hampir habis pemanasan dimulai dari suhu rendah setelah mendidih suhu dinaikan menjadi normal. Destilasi selesai setelah cairan

mencapai 75 mL. Destilat dititrasi dengan larutan baku H_2SO_4 0,05N hingga titik akhir (warna larutan berubah dari hijau menjadi merah muda). Volume titran dinamakan sebagai C mL, dan blanko dikerjakan sama seperti diatas dengan volume dinamakan C1 mL (Eviati dan Sulaeman, 2009).

Perhitungan:

$$\text{Kadar N-organik+N-NH}_4(\%) = (\text{AmL} - \text{A1 mL}) \times 0,05 \times 14 \times \frac{100}{\text{mg sampel}} \times \text{fk}$$

$$\text{Kadar N-NH}_4(\%) = (\text{B mL} - \text{B1 mL}) \times 0,05 \times 14 \times \frac{100}{\text{mg sampel}} \times \text{fk}$$

$$\text{Kadar N-NO}_3(\%) = (\text{C mL} - \text{C1 mL}) \times 0,05 \times 14 \times \frac{100}{\text{mg sampel}} \times \text{fk}$$

$$\text{Kadar N-organik}(\%) = (\text{kadar N-organik dan N-NH}_4) - \text{kadar N-NH}_4$$

$$\text{Kadar N total}(\%) = \text{kadar N-organik} + \text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_3$$

Keterangan:

A mL : mL titran untuk sampel (N-organik dan N-NH₄)

A1 mL : mL titran untuk blanko (N-organik dan N-NH₄)

B mL : ml titran untuk sampel (N-NH₄)

B1 mL : ml titran untuk blanko (N-NH₄)

C mL : ml titran untuk sampel (N-NO₃)

C1 mL : ml titran untuk blanko (N-NO₃)

14 : bobot setara N

fk : faktor koreksi kadar air = $100 / (100 - \% \text{ kadar air})$

(Eviati dan Sulaeman, 2009)

3.5.2.2. Penetapan Kadar Fosfor

a. Preparasi sampel

Menimbang 0,5000 g sampel, dimasukkan kedalam labu digestion/labu Kjeldahl, ditambahkan 5 mL HNO_3 dan 0,5 mL HClO_4 , kocok-kocok dan dibiarkan semalam, kemudian dipanaskan pada *block didestor* mulai dengan suhu 100°C. Setelah uap kuning habis suhu dinaikkan hingga

200°C. Destruksi diakhiri bila sudah keluar uap putih dan cairan dalam labu tersisa sekitar 0,5 mL. Didinginkan dan diencerkan dengan H₂O dan volume ditepatkan menjadi 50 mL, dikocok hingga homogen dan dibiarkan semalam atau disaring dengan kertas saring W-41 agar didapat ekstrak jernih (ekstrak A). (Eviati dan Sulaeman, 2009)

b. Pembuatan pereaksi pembangkit warna penetapan fosfor

Pereaksi pekat; Menimbang sebanyak 12 g (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O ditambah dengan 0,275 g kalium antimoniltatrat ditambah dengan 140 mL H₂SO₄ pa dan diencerkan dalam 1000 mL aquades.

Pereaksi encer; 0,53 g asam askorbat ditambah 50 mL pereaksi pekat dijadikan 500 mL dengan aquades (Eviati dan Sulaeman, 2009).

c. Pembuatan larutan standar fosfor (kurva kalibrasi)

Larutan standar fosfor; dari larutan standar Fosfor 50 ppm dibuat variasi 1; 2; 4; 6; 8 dan 10 ppm (Eviati dan Sulaeman, 2009) dengan cara sebanyak 1; 2; 4; 6; 8 dan 10 mL larutan standar 50 ppm dimasukkan dalam labu ukur 50 mL dan ditambah *demineral water* sampai tanda batas (Mazaya, 2012).

d. Penentuan panjang gelombang maksimal

Sebanyak 1 mL larutan standar fosfor 8 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL kemudian ditambah larutan *pereaksi* hingga tanda batas kemudian didiamkan selama 15 menit. Larutan dimasukkan kedalam UV-Vis dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang antara 650-750 nm.

e. Cara kerja analisis kadar fosfor

Filtrat sampel (ekstrak A) diambil 1 mL dimasukkan ke dalam tabung kimia 20 mL ditambah 9 mL air bebas ion, dikocok sampai homogen. Ekstrak ini adalah hasil pengenceran 10x (dinamakan ekstrak B).

Mengambil 1 mL ekstrak B ke dalam tabung kimia volume 20 mL, dan melakukan hal yang sama terhadap masing-masing deret standar P. Menambahkan masing-masing 9 mL pereaksi pembangkit warna ke dalam setiap sampel dan deret standar, kocok hingga homogen. Dibiarkan 25 menit, lalu diukur dengan UV-Vis pada panjang gelombang 713 nm.

Perhitungan:

$$\text{Kadar P (\%)} = \text{ppm kurva} \times \text{mL ekstrak} / 1000 \text{ mL} \times 100 / \text{mg sampel} \times \text{fp} \times \frac{31}{95} \times \text{fk}$$

Keterangan:

Ppm kurva = kadar sampel yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko

fk = faktor koreksi kadar air = $100 / (100 - \% \text{ kadar air})$

fp = faktor pengenceran

100 = faktor konversi ke %

31 = bobot atom P

95 = bobot molekul PO_4 (Eviati dan Sulaeman, 2009)

3.5.2.3. Penetapan Kadar Kalium

a. Pembuatan larutan standar kalium

Larutan standar K; dari larutan standar kalium 20 ppm dibuat larutan standar dengan variasi 2; 4; 8; 12; 16 dan 20 ppm (Eviati dan Sulaeman, 2009), dengan cara mengambil sebanyak 2; 4; 6; 8 dan 10 mL larutan standar

kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL ditambah aquades hingga tanda batas. (Mazaya, 2012)

b. Pengujian kadar K

Menimbang 0,5000 gr sampel, dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl. Ditambah 5 mL HNO₃ dan 0,5 mL HClO₄, dikocok-kocok dan dibiarkan selama 3 jam. Dipanaskan sampai asap cokelat habis dan dilanjutkan hingga timbul asap putih. Destruksi diakhiri bila larutan tersisa 0,5 mL, kemudian didinginkan dan diencerkan dengan aquades hingga 50 mL dalam labu ukur (ekstrak A). Mengambil 1 mL ekstrak A (filtrat pada preparasi fosfor) dimasukkan ke dalam tabung kimia 20 mL ditambah 9 mL aquades, dikocok sampai homogen. Ekstrak ini adalah hasil pengenceran 10x (ekstrak B). Mengukur K dengan menggunakan AES dengan deret standar sebagai pembanding.

Perhitungan:

$$\text{Kadar K (\%)} = \text{ppm kurva} \times \frac{\text{mL ekstrak}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{100}{\text{mg sampel}} \times \text{fp} \times \text{fk}$$

Keterangan:

Ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko

fk = faktor koreksi kadar air = 100/(100 - % kadar air)

fp = faktor pengenceran (bila ada)

100 = faktor konversi ke % (Eviati dan Sulaeman, 2009).

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Fermentasi Limbah Cair Tahu

Tahap awal dari penelitian ini adalah memfermentasi limbah cair tahu. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair tahu, karena bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, lemak dan karbohidrat.

Pengambilan limbah cair tahu dilakukan di sebuah pabrik tahu di Kelurahan Sumurejo, Gunungpati, Semarang. Limbah cair tahu ini merupakan hasil dari proses perebusan kedelai. Pada proses selanjutnya, limbah cair tahu difermentasi dengan menggunakan mikroorganisme. Menurut SNI 19-7030-2004 pada proses fermentasi suhu yang dibutuhkan adalah 30°C, karena jika suhu diatas 30°C akan mengganggu proses fermentasi, mikroorganisme tidak dapat mendegradasi substrat di dalam limbah tersebut. Proses metabolisme pada mikroorganisme akan terganggu dan mikroorganisme akan mati. Fermentasi limbah cair tahu dengan menambah EM-4. Limbah cair tahu difermentasi selama 4, 8 dan 12 hari. Penambahan EM-4 pada limbah cair tahu adalah mengaktifkan bakteri pelarut, meningkatkan kandungan humus tanah *lactobacillus* sehingga mampu memfermentasikan bahan organik menjadi asam amino. Sedangkan menurut Margaretha dan Itang (2008) manfaat mikroorganisme yang lain adalah

dapat meningkatkan penyerapan unsur hara, karena mikroorganisme secara efektif dapat meningkatkan penyerapan karbohidrat mikro dan beberapa unsur mikro. Fermentasi ditujukan untuk merombak komposisi makro pada bahan agar menjadi mudah diserap oleh tanaman dalam waktu cepat.

4.2 Kandungan Hara Limbah Cair Tahu

Karakteristik limbah cair merupakan hal yang sangat penting diketahui pada tahap awal proses pengolahan limbah cair. Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah proses perebusan kedelai. Menurut Said (1999) kandungan didalam limbah cair tahu antara lain gas nitrogen, oksigen, hidrogen sulfida, amonia, karbondioksida, dan metana. Gas-gas tersebut dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air buangan. Hasil analisis kandungan hara limbah cair tahu dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Analisis kadar hara limbah cair tahu

Parameter	Kadar (ppm)
N total	742
P tersedia	20
K	80

Kadar N total pada limbah cair tahu merupakan jumlah nitrogen total dalam limbah baik itu organik maupun anorganik. Kandungan N total pada limbah cair tahu adalah 742 ppm. Sedangkan Lisnasari (1995) melaporkan bahwa limbah cair industri tahu mengandung Pb (0,24 mg/L), Ca (34,04 mg/L), Fe (0,019 mg/L), Cu (0,12 mg/L) dan Na (0,59 mg/L).

Kandungan P terukur pada limbah cair tahu adalah 20 ppm (0,002%). Dalam air limbah, fosfat terdapat dalam tiga bentuk persenyawaan yaitu P

anorganik mudah larut, P organik terlarut dan P organik tersuspensi (Notohadiprawiro, 1999). Kandungan kadar K dari limbah cair tahu ini adalah 80 ppm (0,008%).

Dari hasil analisis hara tersebut maka limbah cair tahu dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk organik cair. Hasil kandungan hara dalam limbah cair tahu sudah memenuhi kadar unsur hara yang sudah ditentukan Peraturan Menteri Pertanian No. 28/Permentan/OT.140/2/2009 yaitu <2%.

4.2 Analisis Kandungan N total dalam Sampel

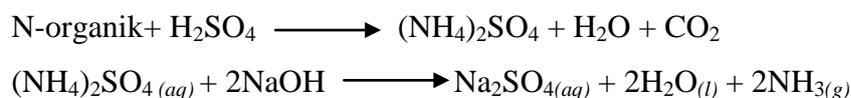
Nitrogen berasal dari organik (sisa-sisa tanaman atau sampah tanaman) yang melapuk, yang dapat menyuburkan tanah sehingga tanah tersebut mampu untuk pertumbuhan tanaman (Sutejo, 1993).

Pada air limbah cair tahu nitrogen total terdapat sebagai nitrogen organik. Nitrogen merupakan unsur penyusun yang sangat penting dalam sintesis protein. Sebagian besar dari nitrogen total dalam air dapat terikat sebagai nitrogen organik, yaitu bahan-bahan berprotein. Bentuk utama nitrogen dalam air limbah cair tahu adalah material protein. Senyawa-senyawa nitrogen terdapat dalam bentuk terlarut atau sebagai suspensi. Pada penelitian ini kadar nitrogen yang dianalisis yaitu berasal dari air rebusan kedelai, dimana nitrogen yang terdapat dalam air rebusan tersebut terlarut di dalam air.

Penentuan kadar nitrogen pada limbah cair tahu dengan menggunakan metode Kjeldahl yang meliputi tiga tahap yaitu destruksi, destilasi dan titrasi. Tahap pertama limbah cair tahu didestruksi dengan campuran asam sulfat pekat, kalium sulfat dan Tembaga (II) sulfat sampai larutan berwarna hijau jernih,

menandakan terbentuknya ammonium sulfat. Kemudian larutan tersebut didestilasi dengan penambahan natrium hidroksida 40%. Pada tahap ini asam sulfat dinetralkan dengan penambahan natrium hidroksida berlebih sehingga gas ammonia dibebaskan. Pada penampung distilat ditambah asam borat dan indikator conway.

Kemudian gas ammonia tersebut diikat oleh asam borat membentuk ammonium borat. Larutan ammonium borat tersebut berwarna hijau, karena sebelumnya ditetesi dengan indikator conway. Asam borat berlebih dititrasi oleh asam sulfat 0,05 N. Titik akhir titrasi ditandai dengan terbentuknya warna hijau berubah menjadi merah muda. Reaksi yang terjadi pada tahap ini adalah :



Pada penelitian ini yang dilakukan adalah menentukan kadar nitrogen dari limbah cair tahu yang belum difermentasi dan tepung tulang ayam. Hal ini dilakukan untuk mengetahui adanya kandungan nitrogen didalamnya. Kandungan nitrogen total limbah cair tahu belum terfermentasi dan tepung tulang ayam dapat dilihat dalam Tabel 4.2.

Sampel	Kadar N total (%)
Limbah cair tahu	0,0742
Tepung Tulang Ayam	4,2169

Tahap selanjutnya adalah limbah cair tahu difermentasi menggunakan EM-4 dengan variasi hari, yaitu dengan cara memasukan kedalam lima buah tabung fermentasi limbah cair tahu sebanyak 200 mL dan ditambahkan dengan 2

mL EM-4 kedalam masing-masing tabung, diaduk sampai homogen. Kemudian hasil fermentasi ditambahkan Tepung Tulang Ayam (TTA) kedalam masing-masing tabung fermentasi tersebut dengan massa 5, 10, 15, 20, dan 25 g. Selanjutnya diaduk sampai homogen dan diamkan selama 4, 8, dan 12 hari. Tujuan penambahan EM-4 adalah sebagai pengurai atau dekomposer berbagai limbah cair tahu yang dijadikan bahan pembuat pupuk organik cair. Aktivator mikroba memiliki peranan penting karena digunakan untuk mempercepat proses fermentasi. Kandungan N total pada limbah cair tahu terfermentasi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kadar N total pada fermentasi limbah cair tahu

Waktu fermentasi (hari)	Kadar N total (ppm)
4	365
8	352
12	316

Dilihat dari Tabel 4.3 menunjukkan bahwa sampel limbah yang terfermentasi 4 hari memiliki kandungan N total terbesar yaitu 365 ppm (0,0365%) sedangkan sampel limbah yang terfermentasi 8 hari memiliki kandungan N total yang lebih rendah yaitu 352 ppm (0,0352 %) dan pada sampel limbah yang terfermentasi 12 hari memiliki kadar N total sebesar 316 ppm (0,0316 %). Pada sampel limbah yang terfermentasi 12 hari proses penguraian oleh mikroorganisme kurang berjalan optimal dimana mikroorganisme pada fermentasi ini sangat aktif dan membutuhkan nitrogen untuk kelangsungan hidupnya, sehingga mempengaruhi kadar N total. Pada sampel limbah yang terfermentasi 4 hari bahan organik yang terfermentasi sesuai dengan lama fermentasi yang digunakan sehingga fermentasi berjalan optimal, dan

mikroorganisme belum menggunakan nitrogen untuk kelangsungan hidupnya. Hal ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi dan proses penguraian bahan organik yang dilakukan akan mengurangi kandungan N total pupuk organik cair. Aktivitas mikroorganisme dimana mikroorganismse selain merombak nitrogen tersebut juga menggunakannya untuk aktivitas metabolisme hidupnya (Notohadiprawiro, 1999).

Berdasarkan nilai tersebut maka limbah cair tahu yang dihasilkan sudah memenuhi kandungan N total menurut Peraturan Menteri Pertanian No.28/Permentasn/OT.140/2/2009 yaitu <2%. Tepung tulang ayam yang digunakan mengandung N total sebesar 4,2169%. Tepung tulang ayam yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung tulang ayam yang telah mengalami proses pelunakan terlebih dahulu dengan asam klorida dan dengan menggunakan alat presto. Kadar N total pada limbah cair terfermentasi yang ditambah tepung tulang ayam dapat dilihat pada Tabel 4.4.

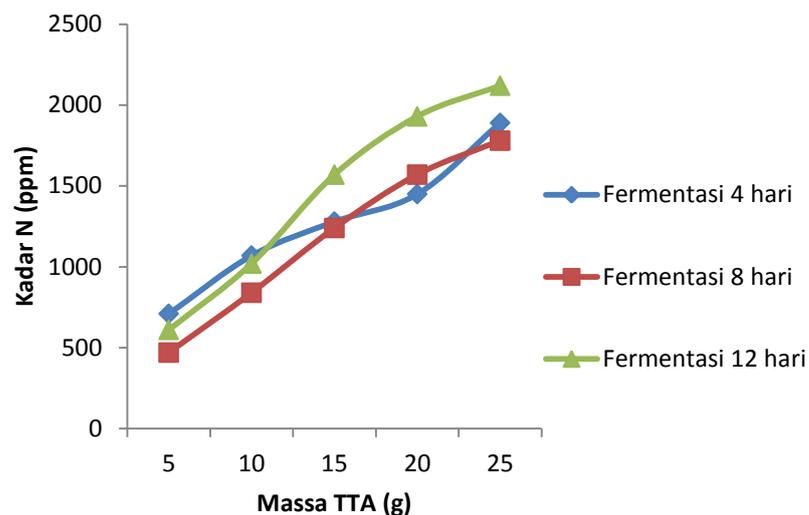
Tabel 4.4 Kadar N total pada sampel (Limbah cair tahu + TTA terfermentasi)

Lama fermentasi	Kode	Kadar N (%)	Kadar N (ppm)
4 hari	A1	0,071	710
	B1	0,107	1070
	C1	0,128	1280
	D1	0,145	1450
	E1	0,189	1890
8 hari	A2	0,047	470
	B2	0,084	840
	C2	0,124	1240
	D2	0,157	1570
	E2	0,173	1730
12 hari	A3	0,061	610
	B3	0,102	1020
	C3	0,157	1570
	D3	0,193	1930
	E3	0,212	2120

Keterangan:

- A : penambahan 5 g TTA
- B : penambahan 10 g TTA
- C : penambahan 15 g TTA
- D : penambahan 20 g TTA
- E : penambahan 25 g TTA

Kadar N tertinggi terdapat pada sampel E3 dengan lama fermentasi 12 hari yaitu sebesar 2120 ppm (0,212 %) sedangkan sampel terendah yaitu pada sampel A2 dengan lama fermentasi 8 hari yaitu sebesar 470 ppm (0,047 %).



Gambar 4.1 Hubungan antara massa TTA yang ditambahkan dengan kadar N total dalam pupuk organik cair

Secara keseluruhan bahwa kadar N dilihat dari massa TTA yang ditambahkan dengan perlakuan fermentasi mengalami penurunan yaitu pada fermentasi 4 hari awalnya mengalami kenaikan namun pada massa TTA 20 g mengalami penurunan, sedangkan pada fermentasi selama 8 hari awalnya mengalami penurunan kadar N namun dilihat dari penambahan TTA mengalami kenaikan sampai pada massa TTA 25 g, dan selanjutnya pada fermentasi 12 hari mengalami kenaikan kembali pada kadar N sejalan dengan penambahan massa TTA yang bertambah. Hal ini disebabkan karena aktivitas mikroorganisme yang berperan didalamnya dan peranan TTA yang ditambahkan. Pada waktu fermentasi 8 hari ternyata mikroorganisme sedang aktif tumbuh dan berkembang sehingga membutuhkan N untuk kelangsungan hidupnya, hal ini dinamakan *log phase*.

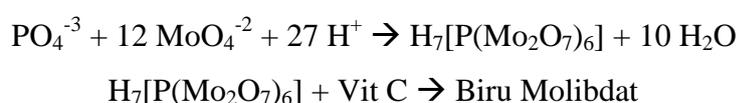
Menurut Muryati dan Ratna (2012) menyatakan bahwa *log phase* yaitu waktu dimana mikroorganisme mulai tumbuh dan berkembang secara logaritmis, pada fase ini mikroorganisme mengalami perkembangbiakan yang paling cepat. Setelah beradaptasi terhadap kondisi baru, sel-sel akan tumbuh cepat sampai jumlah maksimum dan memakan nitrogen yang ada, sehingga kadar N menurun. Sedangkan pada fermentasi ke 12 hari terjadi kenaikan kadar N kembali, hal ini dikarenakan aktivitas mikroorganisme yang semakin berkurang bahkan kemungkinan mikroorganisme tersebut mengalami kematian sehingga jasad-jasad dari mikroorganisme yang mengandung nitrogen tersebut mengakibatkan bertambahnya kadar N pada sampel pupuk tersebut. Fase kematian disebut dengan *death phase*, yang menurut Muryati dan Ratna (2012) bahwa *death phase* merupakan fase dimana jumlah sel mikroba menurun karena pertumbuhan berhenti sedangkan kematian mikroorganisme berlangsung terus.

Dari hasil data diatas terjadi peningkatan kadar N total sebesar 1380 ppm (0,138%). Kadar ini tidak melebihi ambang batas yang sudah ditentukan oleh Peraturan Menteri Pertanian No.28/Permentasn/OT.140/2/2009 yaitu <2%, sehingga pupuk organik cair dapat diaplikasikan ke tanaman.

4.4 Analisis Kandungan Fosfor dalam Sampel

Fosfor dalam tanaman berfungsi untuk pembentukan bunga, buah dan biji serta mempercepat pematangan buah. Fosfor diambil tanaman terutama dalam bentuk senyawa H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} . Sebelum semua sampel dianalisis, terlebih dahulu sampel didestruksi. Proses destruksi bertujuan untuk mengoksidasi senyawa organik yang terdapat dalam sampel dengan menggunakan suatu asam

kuat. Asam kuat yang digunakan untuk mendestruksi adalah HNO₃ dan HClO₄ dengan perbandingan 5mL:0,5 mL. Campuran kedua asam ini ditambahkan kedalam labu destruksi 50 mL yang berisi sampel. Pada awal destruksi akan timbul gas coklat, proses dilanjutkan dengan pemanasan langsung hingga volume dalam labu tersisa sekitar 0,5 mL. Kesempurnaan proses destruksi sampel ini ditandai pada saat dipanaskan muncul asap coklat selanjutnya asap putih. Hasil akhir berupa larutan jernih yang menunjukkan bahwa konstituen yang ada telah larut sempurna atau perombakan senyawa-senyawa organik telah berjalan dengan baik. Senyawa-senyawa yang terbentuk setelah destruksi merupakan senyawa garam yang stabil (Mazaya, 2012). Pemeriksaan kuantitatif untuk fosfor dilakukan secara spektrofotometri sinar tampak dengan menggunakan larutan campuran 15 mL amonium molibdat, 50 mL asam sulfat 5N, 30 mL asam askorbat, dan 5 mL kalium antimoniltatrat yang membentuk larutan berwarna biru dan dapat diukur pada panjang gelombang maksimum 700 nm (Walinga, 1989). Pada medium asam, ortofosfat membentuk kompleks berwarna kuning dengan ion molibdat. Adanya asam askorbat dan antimon, kompleks fosfomolibdat berwarna biru terbentuk. Warna biru dapat bervariasi tergantung dari kondisi redoks medium dan pH. Antimon ditambahkan untuk melengkapi reduksi kompleks fosfomolibdenum kuning menjadi kompleks fosfomolibdenum biru. Lebih jauh lagi, antimon meningkatkan intensitas warna biru dan menyebabkan pengukuran serapan yang lebih sensitif (Walinga, 1989). Reaksi yang terjadi :



Agar absorbansinya dapat diukur, kompleks fosfomolibdat tersebut harus direduksi oleh agen pereduksi yaitu asam askorbat. Dengan penambahan pereduksi itu akan terbentuk larutan berwarna biru yang merupakan Molibdenum (V), menurut Clair dkk (2003) reaksi yang terjadi adalah :



Dari hasil pengukuran menggunakan spektrometri 20 didapat data absorbansi sampel, kemudian dapat ditentukan konsentrasi sampel seperti yang disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Analisis kadar P pada limbah cair tahu

Kode	Absorbansi	Kadar P terukur (%)	Kadar P (ppm)
Tanpa fermentasi	0,004	0,002	20
4 hari fermentasi	0,006	0,003	30
8 hari fermentasi	0,038	0,036	360
12 hari fermentasi	0,26	0,028	280

Dari data tersebut dapat ditentukan kadar fosfor dalam sampel. Kadar fosfor limbah cair tahu tanpa fermentasi dan yang terfermentasi mengalami peningkatan. Kadar fosfor limbah cair tahu terfermentasi yang tertinggi yaitu pada sampel fermentasi 8 hari sebesar 360 ppm, sedangkan kadar fosfor limbah terendah pada sampel fermentasi 4 hari sebesar 30 ppm. Hal ini dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi. Pada sampel fermentasi 12 hari proses penguraian oleh mikroorganisme kurang berjalan secara optimal, sehingga mempengaruhi kadar fosfor. Sedangkan pada sampel fermentasi 8 hari bahan organik yang difermentasi sesuai dengan dosis EM-4 yang digunakan sehingga fermentasi berjalan secara optimal. Menurut Margaretha (2008) manfaat mikroorganisme dapat meningkatkan penyerapan unsur hara. Selain itu, karena

mempunyai enzim fosfatase, maka membantu penyerapan fosfor yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman.

Nilai kadar P tertinggi diakibatkan karena penambahan tepung tulang ayam. Fungsi TTA tersebut adalah untuk meningkatkan kadar P dalam limbah cair tahu, karena kandungan P dalam TTA sebesar 2,87% sehingga mampu untuk meningkatkan kadar P didalam limbah cair tahu. Setelah ditambah TTA dengan variasi massa TTA (5, 10, 15, 20 dan 25 g) dihasilkan kadar P yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil analisis kadar P dalam sampel (limbah cair tahu + TTA terfermentasi)

Lama Fermentasi	Kode	Absorbansi	Kadar P terukur (%)	Kadar P (ppm)
4 hari	A1	0,027	0,012	120
	B1	0,046	0,021	210
	C1	0,021	0,019	190
	D1	0,028	0,036	360
	E1	0,204	0,041	410
8 hari	A2	0,037	0,035	350
	B2	0,069	0,055	550
	C2	0,080	0,061	610
	D2	0,138	0,097	970
	E2	0,103	0,095	950
12 hari	A3	0,035	0,034	340
	B3	0,041	0,068	680
	C3	0,064	0,072	720
	D3	0,107	0,093	930
	E3	0,093	0,090	900

Keterangan:

A : penambahan TTA 5 g

B : penambahan TTA 10 g

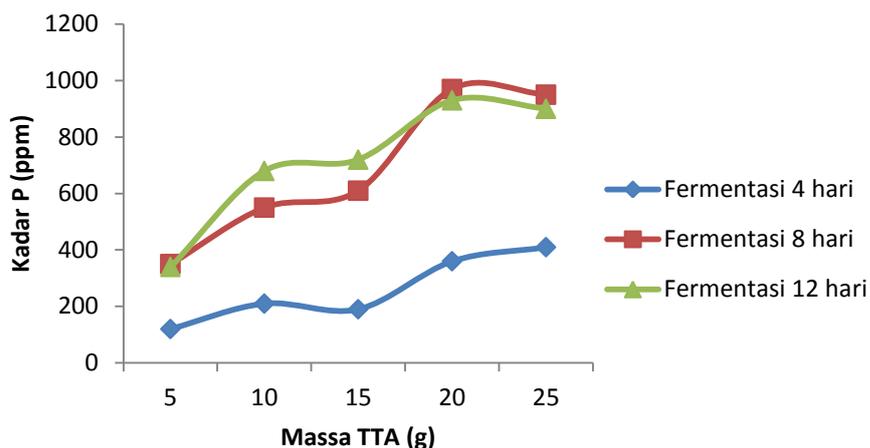
C : penambahan TTA 15 g

D : penambahan TTA 20 g

E : penambahan TTA 25 g

Kadar P tertinggi terdapat pada sampel D2 dengan lama fermentasi 8 hari yaitu sebesar 970 ppm (0,097%) sedangkan sampel terendah terdapat pada sampel A1 dengan lama fermentasi 4 hari yaitu sebesar 120 ppm (0,012%). Semakin

banyak TTA yang ditambahkan kedalam limbah cair tahu maka kadar P semakin tinggi, namun dalam hal ini mikroorganismenya juga berpengaruh dalam fermentasi, sehingga membuat kadar P pada fermentasi 12 hari dengan massa TTA 25 g mengalami sedikit penurunan.



Gambar 4.2 Hubungan antara massa TTA yang ditambahkan dengan kadar P pada pupuk organik cair

Secara keseluruhan bahwa pada hasil fermentasi selama 4 hari lebih rendah dari hasil fermentasi 8 dan 12 hari, selain itu dilihat dari massa TTA yang ditambahkan bahwa semua kadar P pada massa TTA 25 g mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena proses fermentasi berjalan cepat dimana mikroorganismenya mencapai titik pertumbuhan maksimum. Dikarenakan kompos sudah matang sebelum waktu yang ditentukan, mikroorganismenya semakin banyak kesempatan untuk menghisap sebagian fosfor dalam kompos yang sudah matang untuk membentuk zat putih telur dalam tubuhnya (Murbandono, 2000). Selain itu, saat proses destruksi kemungkinan terjadi penguraian ion fosfat yang tidak sempurna sehingga ketika proses destruksi dihentikan dan analisis dilakukan, kadar P yang diperoleh bukan berupa senyawa fosfat atau hanya unsur

fospat saja, sehingga terjadi penurunan kadar P. Kemungkinan lain yaitu terjadi pengendapan antara Ca^{2+} dengan ion pospat saat larutan didiamkan semalam, karena akibat penambahan tulang yang kandungan Ca-nya tinggi sehingga saat penyaringan, fospat yang diharapkan justru ikut tersaring dan menempel dikertas saring yang pada akhirnya tidak dapat diukur kadarnya.

Dari data diatas maka terjadi peningkatan kadar P limbah cair tahu dan limbah cair tahu dengan penambahan TTA sebesar 950 ppm (0,095%). Kadar ini tidak melebihi ambang batas yang sudah ditentukan oleh Peraturan Menteri Pertanian No.28/Permentan/OT.140/2/2009 yaitu <2%. Sehingga pupuk organik cair dapat diaplikasikan ke tanaman.

4.5 Analisis Kandungan Kalium dalam Sampel

Kalium banyak terdapat pada sel-sel muda atau bagian tanaman yang banyak mengandung protein sedangkan pada inti-inti sel tidak mengandung kalium, dimana kalium diserap dalam bentuk ion K^+ . Pada tanaman, kalium berperan untuk membantu dalam pembentukan protein dan karbohidrat, meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit, mengeraskan bagian kayu dari tanaman, dan meningkatkan kualitas biji/buah (Sutejo, 1990).

Penentuan kadar K menggunakan spektrofotometer emisi atom, yaitu dengan cara proses destruksi terlebih dahulu, yang bertujuan untuk mengoksidasi senyawa organik yang terdapat dalam sampel dengan menggunakan suatu asam kuat. Asam kuat yang digunakan untuk mendestruksi adalah HNO_3 dan HClO_4 dengan perbandingan 5 mL:0,5 mL. campuran kedua asam ini ditambahkan kedalam labu destruksi 50 mL yang berisi sampel. Pada awal destruksi akan

timbul gas coklat, proses dilanjutkan dengan pemanasan langsung sehingga volume dalam labu tersisa sekitar 0,5 mL, kemudian larutan sisa destruksi diencerkan dengan H₂O hingga volume tepat 50 mL, diaduk hingga homogen. Larutan berupa larutan jernih dan diukur kadar K dengan alat spektrofotometer serapan atom dengan metode spektroskopi emisi atom.

Tahap awal yang dilakukan adalah menentukan kadar kalium dalam limbah cair tahu yang belum terfermentasi. Kandungan kalium pada limbah cair tahu yang belum terfermentasi dapat dilihat pada Tabel 4.1 yaitu sebesar 80 ppm. Tahap selanjutnya limbah cair tahu ditambah dengan EM-4 dan difermentasi selama 4, 8 dan 12 hari. Penambahan EM-4 bukan merupakan penambah unsur hara (secara langsung) pada kompos karena EM-4 merupakan kultur yang didominasi oleh mikroorganisme. Bila ditambahkan kedalam bahan kompos maka mikroorganisme tersebut akan cepat bereaksi dan menguraikan bahan tersebut. Jadi penambahan unsur hara makro tidak terjadi secara langsung dengan pemberian EM4, tetapi hanya dari hasil penguraian mikroorganisme (Suswardany Dwi, dkk, 2006). Proses penguraian bahan organik yang dilakukan akan mengurangi kandungan kalium pupuk organik cair. Hal ini diduga disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme, karena mikroorganisme selain merombak kalium juga menggunakan kalium untuk aktivitas metabolisme hidupnya (Notohadiprawiro, 1999). Dari perlakuan tersebut didapat kandungan kalium pada limbah cair tahu terfermentasi disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Analisis kadar kalium pada fermentasi limbah cair tahu

Sampel	Kadar K (%)	Kadar K (ppm)
4 hari fermentasi	0,025	250
8 hari fermentasi	0,065	650
12 hari fermentasi	0,087	870

Dilihat dari data tersebut kandungan kadar kalium tertinggi pada sampel fermentasi 12 hari yaitu sebesar 870 ppm, sedangkan pada sampel 4 hari fermentasi memiliki kadar kalium terendah yaitu sebesar 250 ppm. Hasil dari data diatas menunjukkan hasil kadar kalium masing-masing naik secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya asam organik selama proses penguraian dan menyebabkan daya larut unsur-unsur hara seperti Ca, P dan K menjadi lebih tinggi, dan proses penguraian bahan organik yang dilakukan akan mengurangi kandungan K pupuk organik cair. Hal ini diduga disebabkan oleh aktivitas mikroorganismenya. Mikroorganismenya selain merombak kalium juga menggunakan kalium untuk aktivitas metabolisme hidupnya (Notohadiprawiro, 1999).

Limbah cair tahu yang memiliki kadar kalium tertinggi dilakukan perlakuan selanjutnya dengan penambahan TTA dengan variasi massa TTA (5, 10, 15, 20, dan 25 g). Dari perlakuan tersebut didapat kadar yang disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Analisis kadar kalium pada sampel (limbah cair tahu + TTA)

Lama Fermentasi	Kode	Absorbansi	Kadar K (%)	Kadar K (ppm)
4 hari	A1	0,113	0,023	230
	B1	0,126	0,025	250
	C1	0,129	0,026	260
	D1	0,138	0,028	280
	E1	0,146	0,030	300
8 hari	A2	0,314	0,064	640
	B2	0,339	0,069	690
	C2	0,337	0,069	690
	D2	0,353	0,072	720
	E2	0,332	0,068	680
12 hari	A3	0,340	0,069	690
	B3	0,394	0,081	810
	C3	0,416	0,085	850
	D3	0,450	0,092	920
	E3	0,368	0,089	890

Keterangan:

A : penambahan 5 g TTA

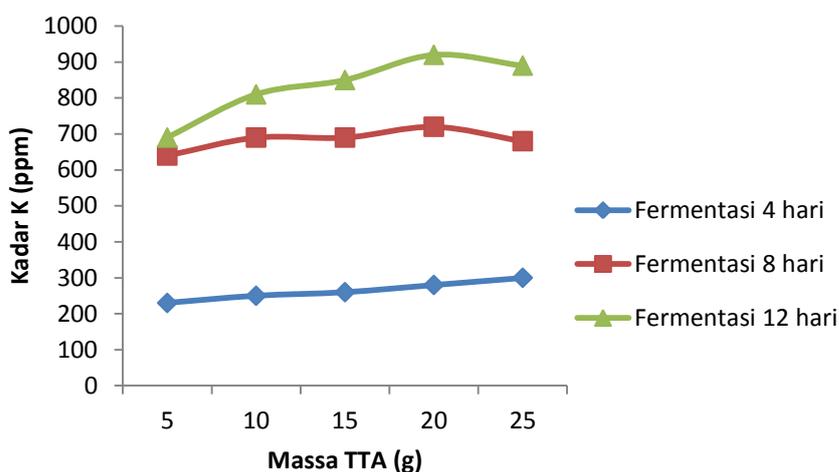
B : penambahan 10 g TTA

C : penambahan 15 g TTA

D : penambahan 20 g TTA

E : penambahan 25 g TTA

Dari data diatas kadar kalium tertinggi didapat pada sampel D3 dengan lama fermentasi 12 hari, mengandung kadar kalium tertinggi yaitu sebesar 920 ppm (0,092%). Sedangkan kadar kalium terendah terdapat pada sampel A1 dengan lama fermentasi 4 hari yaitu sebesar 230 ppm (0,023%). Pengaruh penambahan TTA mengakibatkan semakin bertambahnya kadar kalium yang didapat. Secara keseluruhan jika dilihat dari lama fermentasinya bahwa kadar K mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Dari hasil penelitian, terjadi peningkatan kadar kalium 840 ppm (0,084%).



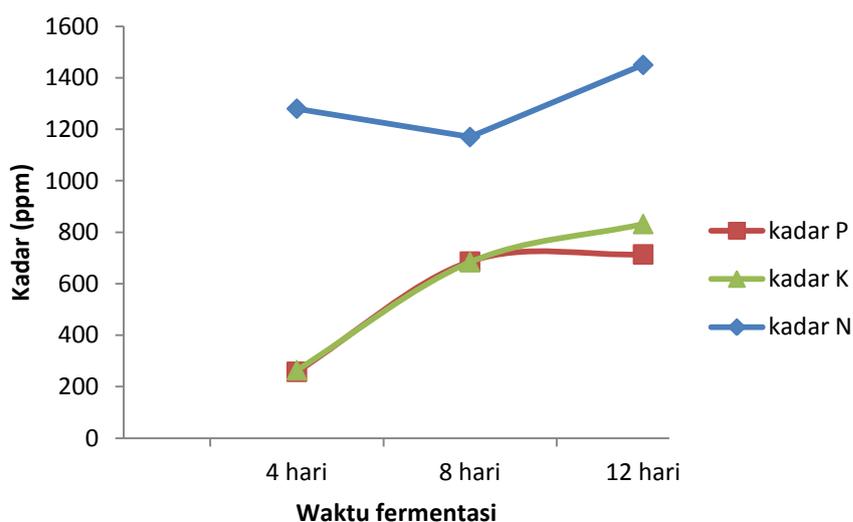
Gambar 4.3 Hubungan antara massa TTA yang ditambahkan dengan kadar K pada pupuk organik cair

Secara keseluruhan jika dilihat dari lama fermentasinya bahwa kadar K mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Dari hasil penelitian, terjadi peningkatan kadar kalium 840 ppm (0,084%) dari kadar limbah semula. Tetapi jika dilihat dari massa TTA yang ditambahkan dan lama fermentasinya bahwa kadar K menurun di massa TTA 25 g pada lama fermentasi 8 dan 12 hari. Hal ini diduga karena aktivitas mikroorganisme, dimana mikroorganisme selain

merombak kalium juga menggunakan kalium untuk aktivitas metabolisme hidupnya (Notohadiprawiro, 1999). Namun dalam hal ini seluruh komposisi sampel sudah dapat digunakan sebagai pupuk organik cair dan sudah memenuhi syarat standar mutu pupuk organik cair Peraturan Menteri Pertanian No.28/Permentan/ OT.140/ 2/2009 yaitu $< 2\%$.

4.6 Analisis Kandungan Rata-rata N, P dan K dalam Sampel

Pada penelitian ini, peneliti juga menganalisis kadar rata-rata dari N, P dan K secara keseluruhan dilihat dari lama fermentasinya maupun dilihat dari massa TTA yang ditambahkan.



Gambar 4.4 Hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar rata-rata NPK pada pupuk organik cair

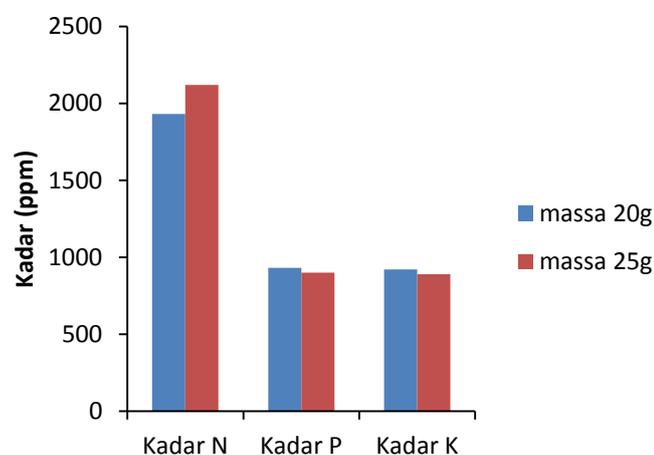
Berdasarkan gambar 4.4 menunjukkan bahwa lama fermentasi dapat mempengaruhi kadar NPK pada sampel. Hal ini dikarenakan pada aktivitas mikroorganisme yang mempengaruhi kenaikan atau penurunan kadar NPK. Pada kadar N rata-rata jika dilihat dari lama fermentasinya mengalami kenaikan pada

fermentasi 12 hari, namun diwaktu fermentasi 8 hari mengalami penurunan, yang dikarenakan aktivitas mikroorganisme pada waktu ini adalah sedang mengalami fase *log phase* yaitu waktu dimana mikroorganisme mulai tumbuh dan berkembang secara logaritmis, pada fase ini mikroorganisme mengalami perkembangbiakan yang paling cepat (Muryati dan Ratna, 2012).

Jika dilihat dari kadar P rata-ratanya berdasarkan lama waktu fermentasinya mengalami kenaikan sedikit pada waktu fermentasi 12 hari. Hal ini disebabkan karena proses fermentasi berjalan cepat dimana mikroorganisme pengurai mencapai titik pertumbuhan maksimum dan kompos sudah matang sebelum waktu yang ditentukan, mikroorganisme semakin banyak kesempatan untuk menghisap sebagian fosfor dalam kompos yang sudah matang untuk membentuk zat putih telur dalam tubuhnya (Murbando, 2000). Selain itu, saat proses destruksi kemungkinan terjadi penguraian ion fosfat yang tidak sempurna sehingga ketika proses destruksi dihentikan dan analisis dilakukan, kadar P yang didapat bukan berupa senyawa fosfat atau hanya sekedar unsur fosfat, sehingga terjadi penurunan kadar P. Kemungkinan lain yaitu terjadi pengendapan antara Ca^{2+} dengan ion fosfat saat larutan didiamkan semalam, karena akibat penambahan tulang yang kandungan Ca-nya tinggi sehingga saat penyaringan, fosfat yang diharapkan justru ikut tersaring dan menempel dikertas saring yang pada akhirnya tidak dapat diukur kadarnya.

Apabila dilihat dari kadar K rata-ratanya berdasarkan lama waktu fermentasinya mengalami sedikit kenaikan pada waktu fermentasi 12 hari. Hal ini diduga karena aktivitas mikroorganisme, dimana mikroorganisme selain

merombak kalium juga menggunakan kalium untuk aktivitas metabolisme hidupnya (Notohadiprawiro, 1999). Oleh karena itu, untuk mendapatkan kadar N, P dan K yang tinggi maka lama fermentasi yang optimal yaitu antara 8-12 hari. Namun dalam hal ini seluruh komposisi sampel sudah dapat digunakan sebagai pupuk organik cair dan sudah memenuhi syarat standar mutu pupuk organik cair Peraturan Menteri Pertanian No.28/Permentan/OT.140/2/2009 yaitu <2%.



Gambar 4.5 Hubungan antara massa TTA (20 g dan 25 g) dengan kadar NPK pada pupuk organik cair

Secara keseluruhan berdasarkan Gambar 4.5 diatas bahwa massa tepung tulang ayam yang harus ditambahkan untuk memperoleh kadar N, P dan K yang optimal adalah dengan massa tepung tulang ayam sebanyak 20 g yaitu menghasilkan kadar N, P dan K yang cukup tinggi. Namun pada hal ini jika dilihat secara seksama bahwa kadar N tertinggi diperoleh ketika penambahan TTA sebanyak 25 g, sedangkan untuk menghendaki kadar P dan K yang tinggi dengan penambahan TTA sebanyak 20 g, perbedaan ini terjadi karena penelitian ini didasarkan variasi massa TTA dengan melihat keoptimalan dalam tingginya

kadar N, P dan K. Oleh karena itu, ketika menghendaki kadar N yang tinggi maka massa yang optimal yang harus ditambahkan yaitu dengan penambahan TTA 25 g, sedangkan ketika menghendaki kadar P dan K yang tinggi maka massa optimal penambahan TTA sebesar 20 g.

Didalam kehidupan tumbuhan, hara N, P dan K sangat diperlukan untuk keberlangsungan hidupnya, baik untuk proses fotosintesis, penyusun klorofil, transfer energi, pembelahan dan pembesaran sel, dan sebagainya. Namun, dalam hal ini jika menghendaki keoptimalan dalam penambahan TTA pada sampel maka massa TTA yang sebaiknya ditambahkan adalah sebesar 20 g agar mendapatkan kadar N, P dan K yang tinggi, karena berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No.28/ Permentan/ OT.140/2/2009 bahwa kadar NPK harus <2%, maka yang lebih memungkinkan untuk meningkatkan jumlah hara dalam tanah agar dapat terserap oleh tanaman yaitu dengan penambahan massa TTA sebanyak 20 g dengan kadar sebesar N sebesar 1930 ppm (0,193 %), P sebesar 930 ppm (0,093%), dan K sebesar 920 ppm (0,092%) dengan lama fermentasi 12 hari.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya kadar NPK pada limbah cair tahu adalah N (742 ppm), P (20 ppm), K (80 ppm).
2. Massa TTA yang ditambahkan paling optimal dengan lama waktu fermentasi 12 hari adalah 20 g, dengan kadar N sebesar 1930 ppm (0,193 %), P sebesar 930 ppm (0,093%), dan K sebesar 920 ppm (0,092%).
3. Terjadi peningkatan kadar N, P dan K setelah penambahan massa TTA masing-masing adalah sebesar N 1380 ppm (0,138%), P 910 ppm (0,091%), dan K 840 ppm (0,084%).

5.2 Saran

Saran yang penulis dapat sampaikan adalah:

1. Perlu diperhatikan saat proses fermentasi yaitu perlakuan fermentasi agar proses fermentasi dapat berjalan optimal serta menghasilkan kadar hara yang tinggi.
2. Perlu diperhatikan dalam pengovenan tulang jangan sampai melebihi batas waktu dan suhu yang ditentukan agar tidak terjadi perubahan warna pada tulang.

3. Perlu diperhatikan dalam proses destruksi, agar benar-benar dihasilkan hasil destruksi yang sempurna.
4. Perlu diperhatikan secara detail dan teliti pada saat melakukan penelitian, banyak membaca literatur yang terkait untuk meminimalisir terjadinya kesalahan saat penelitian, sehingga akan menghasilkan data yang akurat.
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui titik jenuh dari mikroorganisme dalam proses fermentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2003. *Spektrofotometri Serapan Atom*. [http:// aliaink.blogspot.com/p/spektrofotometri-serapan-atom.html](http://aliaink.blogspot.com/p/spektrofotometri-serapan-atom.html). (diakses 3 Mei 2010).
- Ansori, Rachman. 1989. *Pengantar Teknologi Fermentasi*. Bogor : IPB Press.
- Capah, R. L. 2006. *Kandungan Nitrogen dan Fosfor Pupuk Organik Cair dari Sludge Instalasi Gas Bio dengan Penambahan Tepung Tulang Ayam dan Tepung Darah Sapi*. Skripsi Program Studi Teknologi Produksi Ternak. Institut Pertanian Bogor.
- Clark, B.J. 1993. *UV Spectroscopy Techniques, Instrumentations, Data Handling*. London:Chapman & Hall.
- Darmono. 1995. *Spektrofotometri Serapan Atom*. [http:// aliaink.blogspot.com/p/spektrofotometri-serapan-atom.html](http://aliaink.blogspot.com/p/spektrofotometri-serapan-atom.html). (diakses 3 Mei 2010).
- Diba, P. F. 2012. *Peningkatan Kadar N, P, dan K pada Pupuk Organik Cair dengan Pemanfaatan Bat Guano*. Skripsi Program Studi Kimia. Universitas Negeri Semarang.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Bogor : Balai Penelitian Tanah.
- Fatmawaty. 2011. *Metode Kjeldahl*. www.chem-is-try.org (diakses 3 Juli 2011).
- Hendayana S., A. Kadarohman, AA Sumarna, A. Supriatna. 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Semarang : IKIP Semarang Press.
- Kaswinarni, F. 2007. *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu*. Tesis Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Khopkar. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI Press.
- Lisnasari, S. F. 1995. *Pemanfaatan Gulma Air (Aquatic Weeds) sebagai Upaya Pengolahan Limbah Cair Industri Pembuatan Tahu*. Thesis Master. Program Pasca Sarjana USU, Medan.
- Margaretha & Itang A.N. 2008. Optimasi Penambahan Unsur Hara NPK Pada Limbah Biogas Dan Kompos Kambing Sebagai Bahan Pembuatan Pupuk Organik Granul Dengan Menggunakan Program Linear. *Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 13 No. 1 [April 2012] 27-33*. Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.

- Mazaya, Miz. 2012. *Produksi Fosfor dari Tulang Ikan Kakap Merah (Lutjanus sp) untuk Peningkatan Kadar Fosfor Pupuk Organik Cair Limbah Pabrik Tempe*. Skripsi Program Studi Kimia. Universitas Negeri Semarang.
- Mugnisjah, W. Q. Dan A. Setiawan. 1995. *Pengantar Produksi Benih*. Jakarta : Raja Grafindo Persada.
- Mulyadi. 1994. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Murbando, L. 2000. *Membuat Kompos*. Ed. Rev. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Muryati, S. dan Ratna Dewi K. 2012. *Mikrobiologi Lingkungan dan Terapan*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Naswir. 2008. *Pemanfaatan Urine Sapi yang Difermentasi sebagai Nutrisi Tanaman*. naswirauoei@yahoo.com. Diakses pada tanggal 22 Juni 2011.
- Notohadiprawiro T. 1999. *Tanah dan Lingkungan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Nur, R. F. 2011. *Studi Pemanfaatan Limbah Cair Tahu untuk Pupuk Cair Tanaman (Studi Kasus Pabrik Tahu Kenjeran)*. Tugas Akhir Program Studi Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Permentan No. 28/Permentan//OT.140/2/2009 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan tanah.
- Pranata, A. S. 2004. *Pupuk Organik Cair Aplikasi dan Manfaatnya*. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Poerwowidodo. 1996. *Telaah Kesuburan Tanah*. Yogyakarta : UGM Press.
- Rasyaf M. 1990. *Bahan Makanan Unggas di Indonesia*. Jakarta : Penerbit Kanisius.
- Saeni, M. S. 1998. *Kimia Lingkungan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Dirjen Pendidikan Tinggi PAU. IPB.
- Said, I. N. 1999. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu – Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. Jakarta: Direktorat Teknologi Lingkungan.
- Samekto, Riyo. 2008. *Pemupukan*. Yogyakarta : Pt. Aji Cipta Pratama.

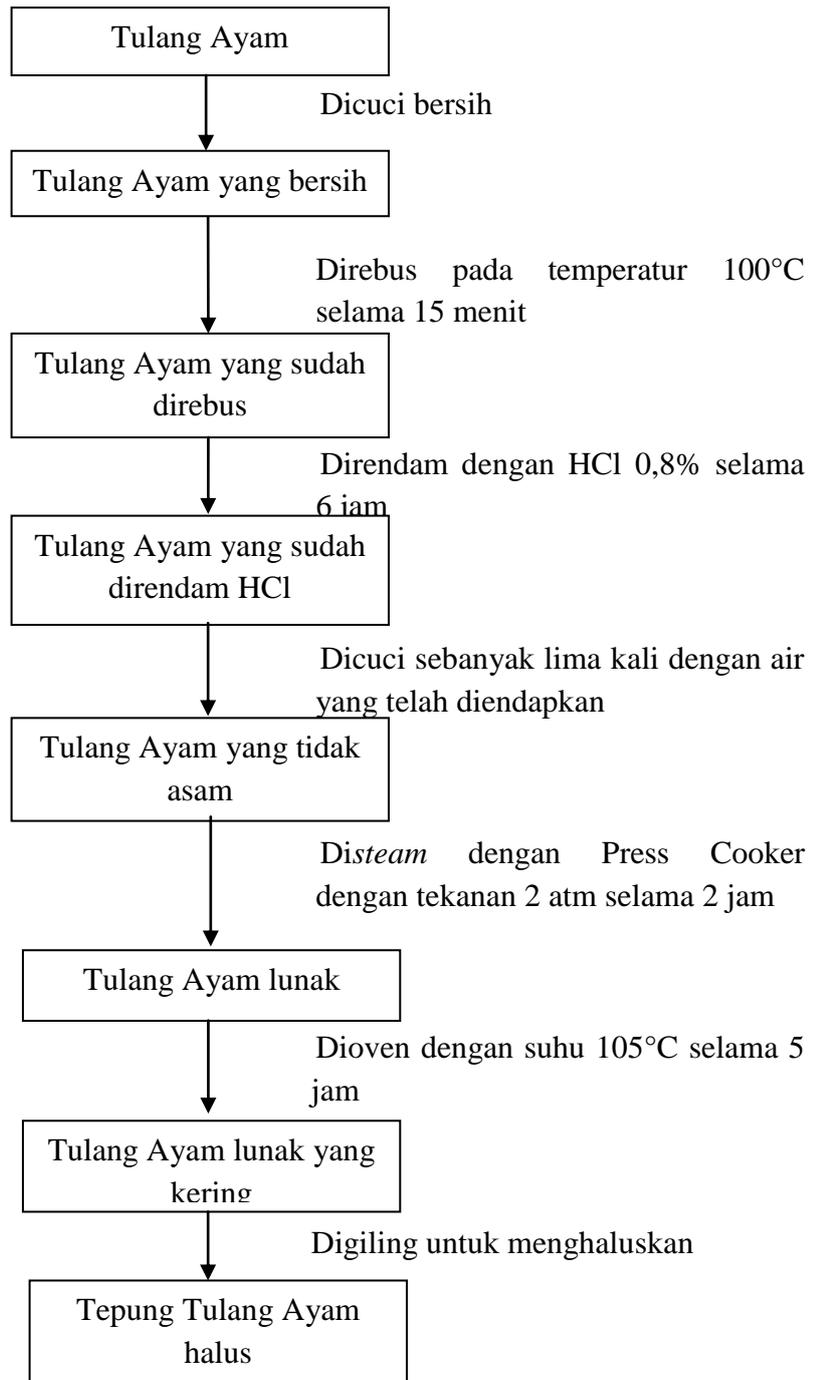
- SNI 01-3158-1992. *Karakteristik Mutu Kandungan tepung Tulang Mutu I dan II*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 19-7030-2004. Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.
- SNI 19-7030-2004. *Pupuk NPK Padat*. Badan Standarisasi Nasional
- Sudjadi. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Sulastri, Asri. 2002. *Suplementasi Rayap (Glyptotermes montanus Kemner) dalam Ransum serta Pengaruhnya Terhadap Kandungan Mineral (Na dan K) Plasma dan Tulang Ayam Rokky-301*. Skripsi Program Studi Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak -Jurusan Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak - Fakultas Peternakan. institut Pertanian Bogor.
- Suswardany D.L., Ambarwati, dan Yuli Kusumawati. 2006. Peran Efective Microorganism-4 (EM-4) dalam Meningkatkan Kualitas Kimia Ampas Tahu. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi, Vol. 7, No. 2, 2006: 141 – 149*. Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Kedokteran Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sutejo, M. M. 1990. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Jakarta: Rhineka Cipta.
- Sutejo, M. M. 1993. *Mikrobiologi Tanah*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Underwood dan Day. 1989. *Analisa Kimia Kuantitatif*. Jakarta : Erlangga.
- Utomo, A, S. 2007. *Pembuatan Kompos dengan Limbah Organik*. Jakarta: CV Sinar Cemerlang Abadi.
- Vogel. 1979. *Analisis Anorganik Kuantitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: PT. Kalman Media Pusaka.
- Walinga, I., Van-VEAK,. VW Houba, VIG dan Van-der lee. 1989. *Plant Analysis Procedurs*. Part 7. Netherlands:Wageningen Agricultural University. Page. 138- 139.
- Wididiana, B. N., S. K. Riyatmo, dan T. Higa. 1996. *Tanya-Jawab Teknologi Effective Microorganisms*. Jakarta : Penerbit Koperasi Karyawan Departemen Kehutanan.
- Winarso, Sugeng. 2005. *Kesuburan Tanah: Dasar kesehatan dan kualitas tanah*. Yogyakarta: Penerbit Gaya Media.
- Yuliarti, Nugraheti. 2009. *1001 Cara Menghasilkan Pupuk Organik*. Yogyakarta : Lily Publisher.

Yuniarti, E. S. 2006. *Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Reaktor Anaerob Bersekat dan Aerob*. Tesis Program Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Diagram alir persiapan sampel tepung tulang ayam



LAMPIRAN II

Diagram analisis limbah cair tahu

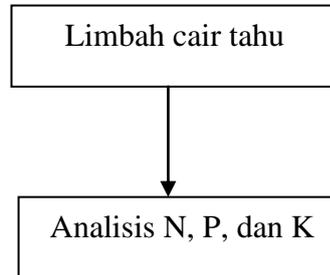


Diagram analisis limbah cair tahu terfermentasi

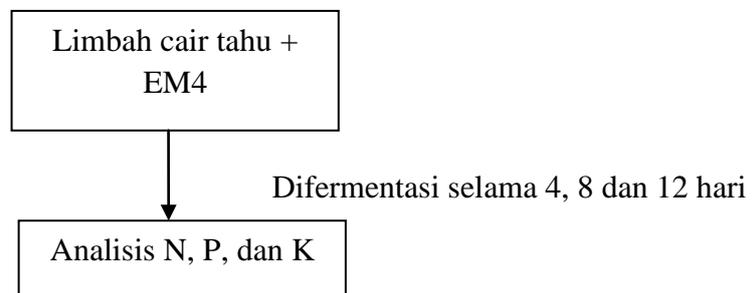
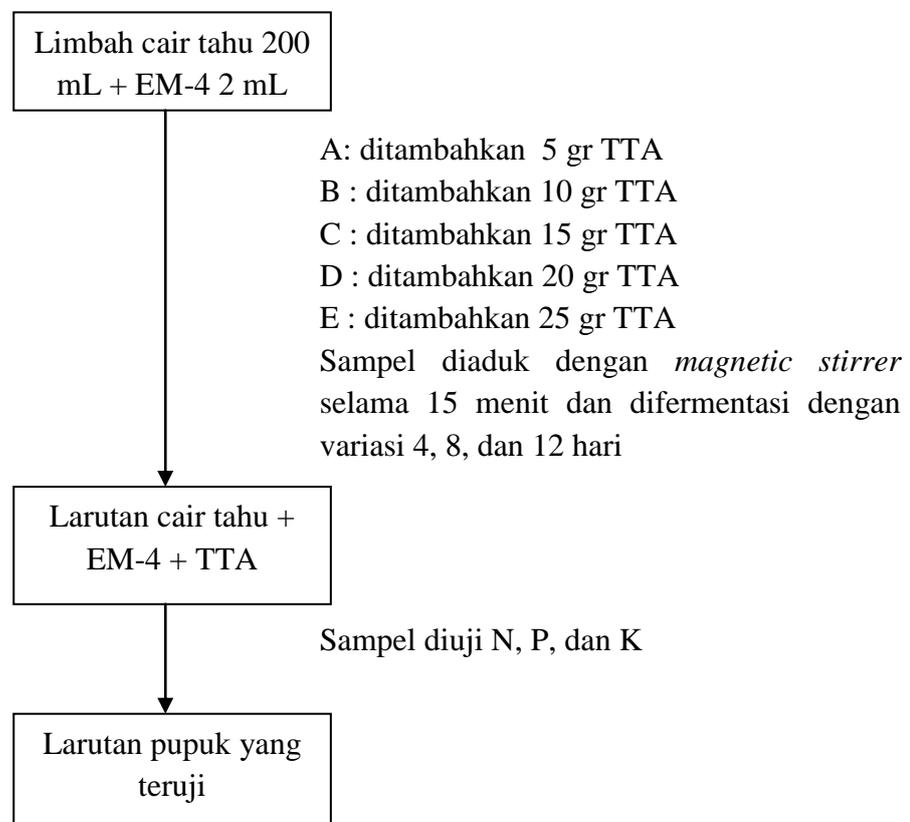
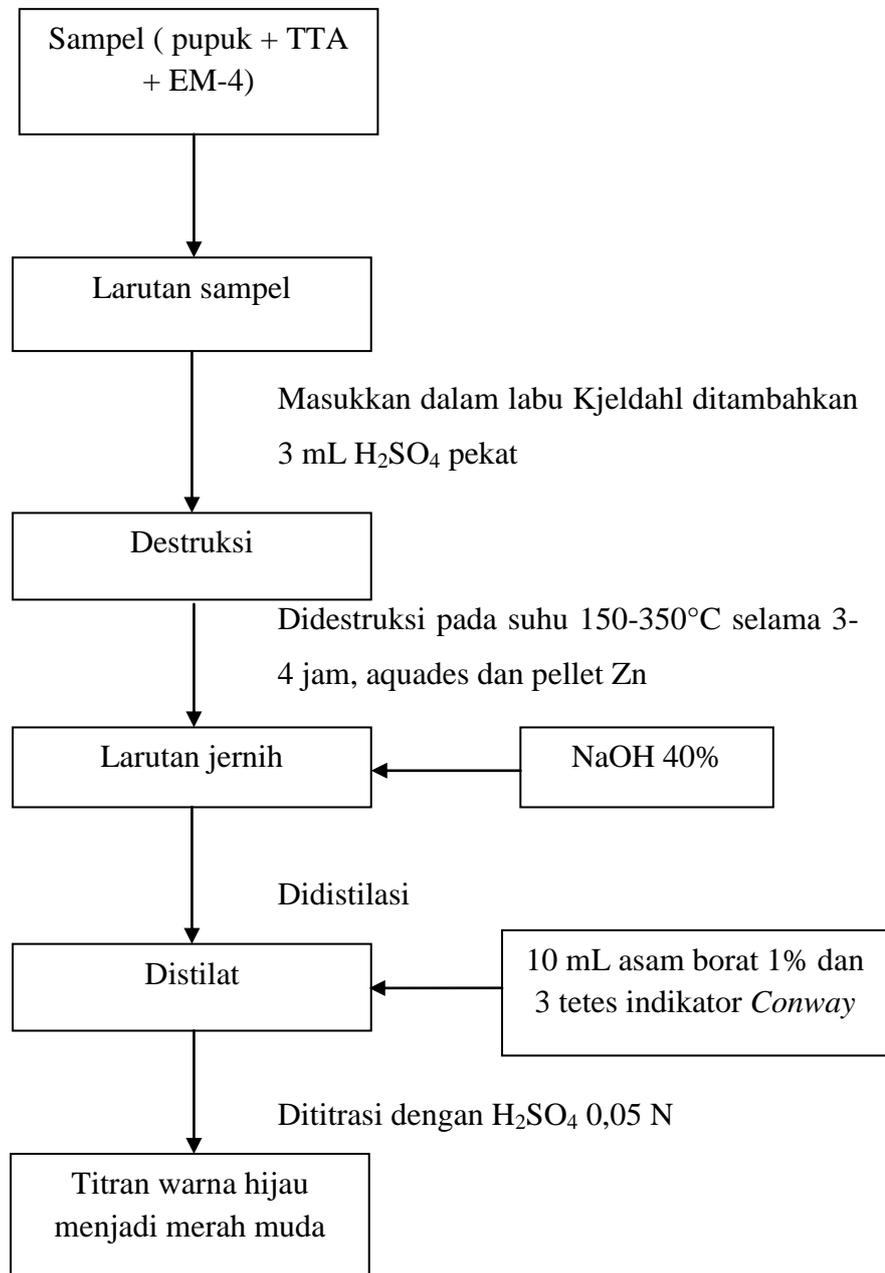
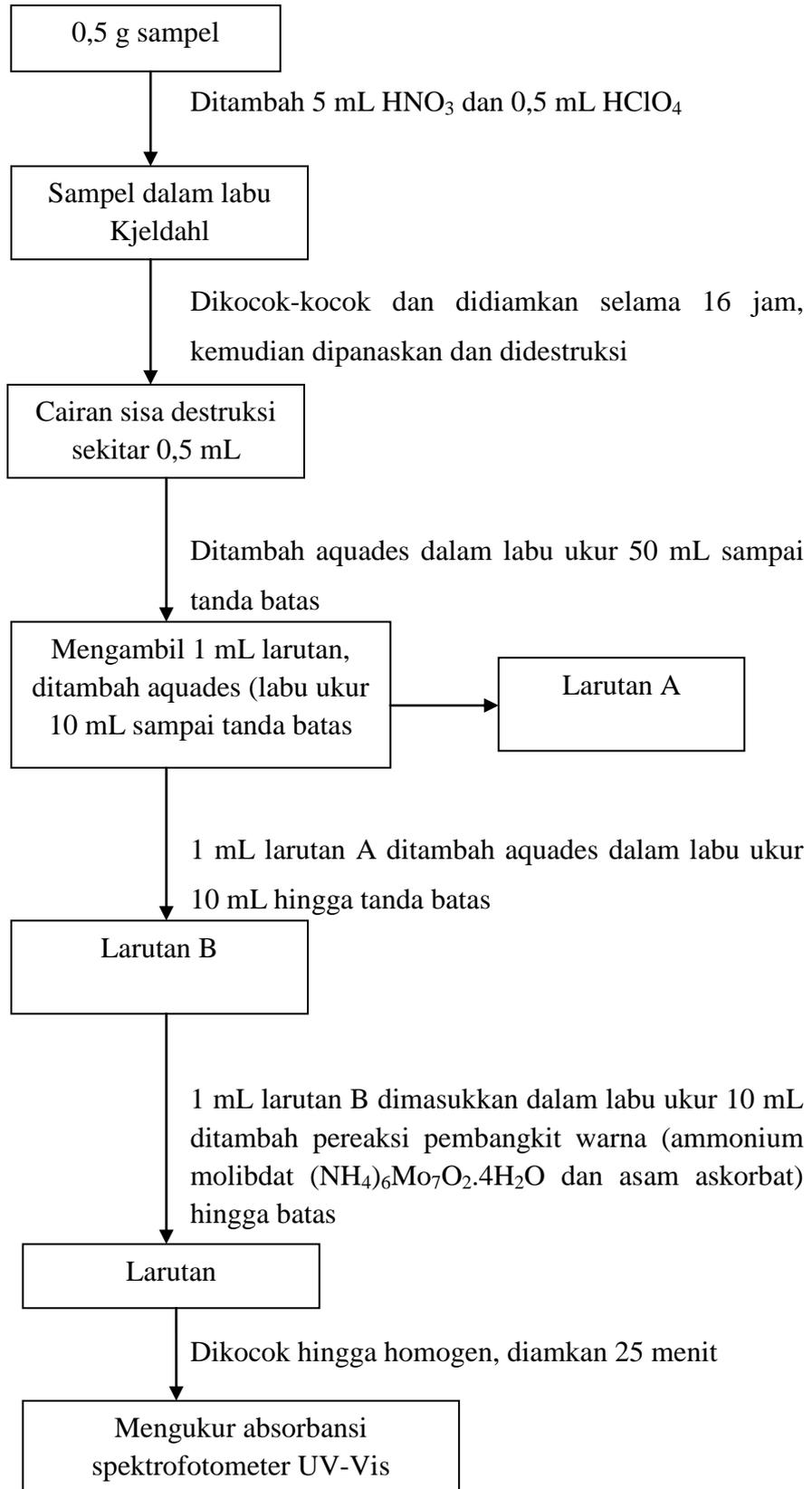
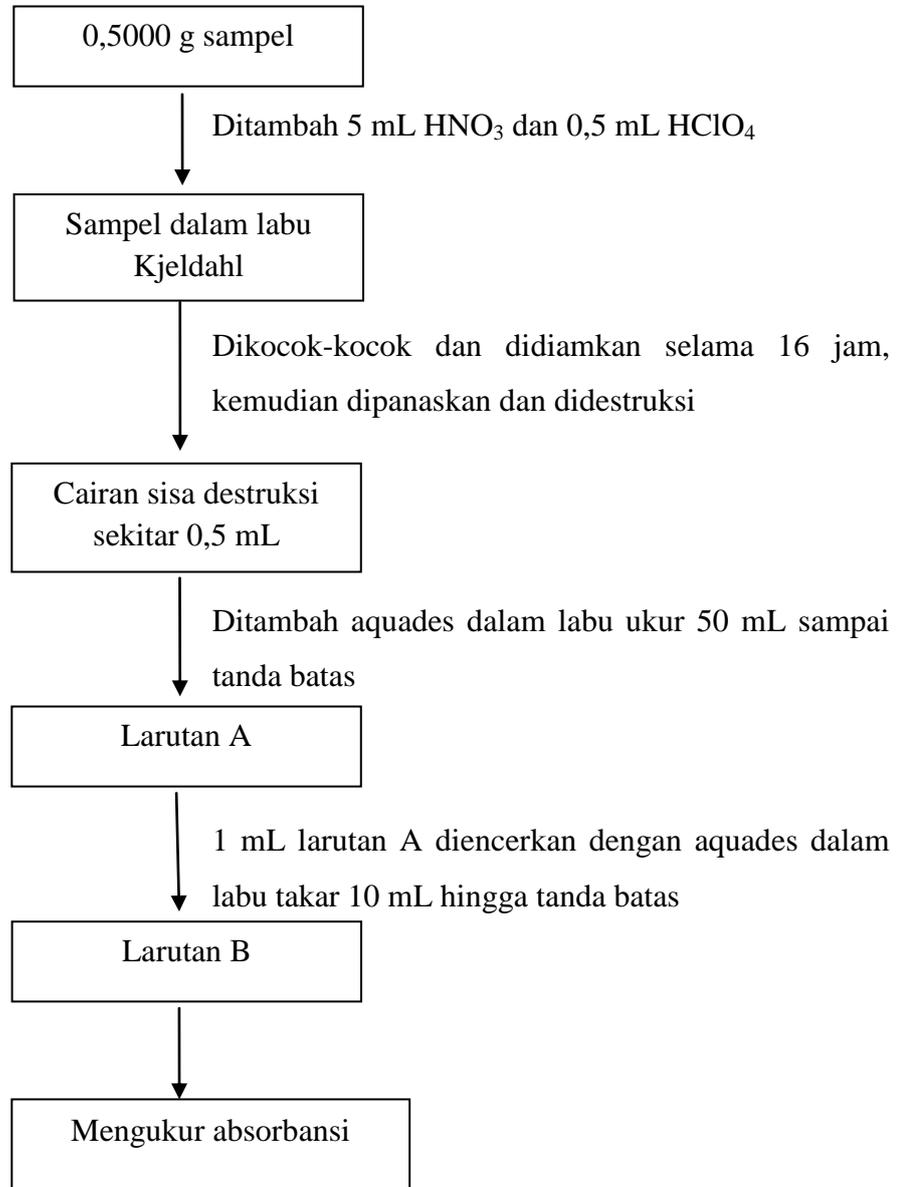


Diagram alir persiapan sampel



LAMPIRAN III**Diagram alir penetapan kadar N**

LAMPIRAN IV**Diagram alir penetapan kadar P**

LAMPIRAN V**Diagram alir penetapan kadar K**

LAMPIRAN VI

ANALISIS DATA

Analisis kadar N

Tabel 6.1 Data pengukuran kadar N pada limbah cair tahu

Kode	N-Organik dan N-NH ₄				N-NH ₄				N-NO ₃				N-Organik (%)	N total (%)
	Blanko (mL)	Sampel (mL)	Massa sampel (mg)	(%)	Blanko (mL)	Sampel (mL)	Massa sampel (mg)	(%)	Blanko (mL)	Sampel (mL)	Massa sampel (mg)	(%)		
Limbah tanpa fermentasi	0,22	0,46	327,5	0,051	0,13	0,40	1193,1	0,016	0,23	0,62	1193,1	0,022	0,035	0,074
Limbah terfermentasi (4hari)	0,04	0,16	317,4	0,026	0,12	0,32	1185,2	0,012	0,10	0,27	1185,2	0,010	0,015	0,036
Limbah terfermentasi (8hari)	0,11	0,25	349,2	0,028	0,06	0,28	1268,9	0,012	0,16	0,29	1268,9	0,007	0,016	0,035
Limbah terfermentasi (12 hari)	0,07	0,17	284,6	0,025	0,07	0,16	1102,3	0,006	0,12	0,23	1102,3	0,007	0,019	0,032

Tabel 6.2 Data pengukuran N pada limbah cair tahu + tepung tulang ayam

Lama fermentasi	Kode	N-Organik dan N-NH ₄				N-NH ₄				N-NO ₃				N-Organik (%)	N total (%)
		Blanko (mL)	Sampel (mL)	Massa sampel (mg)	(%)	Blanko (mL)	Sampel (mL)	Massa sampel (mg)	(%)	Blanko (mL)	Sampel (mL)	Massa sampel (mg)	(%)		
4 hari	A1	0,04	0,31	294	0,064	0,10	0,38	994,3	0,019	0,12	0,21	994,3	0,006	0,045	0,071
	B1		0,37	243,9	0,095		0,93	1371,3	0,042		0,36	1371,3	0,012	0,052	0,107
	C1		0,50	277,7	0,116		1,12	1086,7	0,066		0,31	1086,7	0,012	0,050	0,128
	D1		0,50	228,1	0,141		1,31	1023,5	0,082		0,17	1023,5	0,003	0,058	0,145
	E1		0,70	250,5	0,184		1,54	983,4	0,102		0,19	983,4	0,005	0,082	0,189
8 hari	A2	0,11	0,35	415,6	0,040	0,06	0,43	1177,6	0,022	0,16	0,27	1177,6	0,006	0,018	0,047
	B2		0,57	468,4	0,069		0,88	1073,8	0,053		0,39	1073,8	0,015	0,015	0,084
	C2		0,70	364,9	0,113		1,57	1203,3	0,088		0,34	1203,3	0,010	0,025	0,124
	D2		0,87	368,6	0,144		1,79	1084,3	0,112		0,36	1084,3	0,013	0,032	0,157
	E2		1,04	404,9	0,161		2,02	1028,3	0,133		0,34	1028,3	0,012	0,027	0,173
12 hari	A3	0,07	0,26	244,7	0,054	0,07	0,63	1143,3	0,034	0,12	0,23	1143,3	0,006	0,020	0,061
	B3		0,52	330,7	0,095		1,29	1121,6	0,076		0,23	1121,6	0,007	0,019	0,102
	C3		0,73	322	0,143		1,84	1100,5	0,113		0,34	1100,5	0,014	0,031	0,157
	D3		0,76	267,3	0,181		2,39	1094,9	0,148		0,31	1094,9	0,012	0,032	0,193
	E3		0,96	301,6	0,206		2,74	1089,5	0,171		0,21	1089,5	0,006	0,035	0,212

Keterangan:

A : penambahan 5g TTA

B : penambahan 10g TTA

C : penambahan 15g TTA

D : penambahan 20g TTA

E : penambahan 25g TTA

Perhitungan :

Limbah cair tahu tanpa fermentasi

N-Organik dan N-NH₄ (%) = (mL titran – mL blanko) x N H₂SO₄ x 14 x 100/mg

$$\begin{aligned} \text{(N-Kjeldahl)} &= (0,46-0,22) \times 0,05 \times 14 \times 100/327,5 \\ &= 0,051298 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N-NO}_3 (\%) &= (\text{mL titran} - \text{mL blanko}) \times \text{N H}_2\text{SO}_4 \times 14 \times 100/\text{mg} \\ &= (0,62 - 0,23) \times 0,05 \times 14 \times 100/1193,1 \\ &= 0,02288\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N-NH}_4 (\%) &= (\text{mL titran} - \text{mL blanko}) \times \text{N H}_2\text{SO}_4 \times 14 \times 100/\text{mg} \\ &= (0,40 - 0,13) \times 0,05 \times 14 \times 100/1193,1 \\ &= 0,0158\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N-Organik (\%)} &= \text{N-Kjeldahl} - \text{N-NH}_4 \\ &= 0,051298 - 0,0158 \\ &= 0,035498\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N total (\%)} &= \text{N-Organik} + \text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_3 \\ &= 0,035498 + 0,0158 + 0,02288 \\ &= 0,074\% \end{aligned}$$

Fermentasi 4 hari (kode E1)

N-Organik dan N-NH₄ (%) = (mL titran – mL blanko) x N H₂SO₄ x 14 x 100/mg

$$\begin{aligned} \text{(N-Kjeldahl)} &= (0,70-0,04) \times 0,05 \times 14 \times 100/250,5 \\ &= 0,18443 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N-NO}_3 (\%) &= (\text{mL titran} - \text{mL blanko}) \times \text{N H}_2\text{SO}_4 \times 14 \times 100/\text{mg} \\ &= (0,19 - 0,12) \times 0,05 \times 14 \times 100/983,4 \\ &= 0,00498\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N-NH}_4 (\%) &= (\text{mL titran} - \text{mL blanko}) \times \text{N H}_2\text{SO}_4 \times 14 \times 100/\text{mg} \\
 &= (1,54 - 0,10) \times 0,05 \times 14 \times 100/983,4 \\
 &= 0,1025\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N-Organik} (\%) &= \text{N-Kjeldahl} - \text{N-NH}_4 \\
 &= 0,18443 - 0,1025 \\
 &= 0,08193\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N total} (\%) &= \text{N-Organik} + \text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_3 \\
 &= 0,08193 + 0,1025 + 0,00498 \\
 &= 0,189\%
 \end{aligned}$$

Fermentasi 8 hari (kode E2)

$$\text{N-Organik dan N-NH}_4 (\%) = (\text{mL titran} - \text{mL blanko}) \times \text{N H}_2\text{SO}_4 \times 14 \times 100/\text{mg}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{N-Kjeldahl}) &= (1,04 - 0,11) \times 0,05 \times 14 \times 100/404,9 \\
 &= 0,16078 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N-NO}_3 (\%) &= (\text{mL titran} - \text{mL blanko}) \times \text{N H}_2\text{SO}_4 \times 14 \times 100/\text{mg} \\
 &= (0,34 - 0,16) \times 0,05 \times 14 \times 100/1028,3 \\
 &= 0,01225 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N-NH}_4 (\%) &= (\text{mL titran} - \text{mL blanko}) \times \text{N H}_2\text{SO}_4 \times 14 \times 100/\text{mg} \\
 &= (2,02 - 0,06) \times 0,05 \times 14 \times 100/1028,3 \\
 &= 0,1334\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N-Organik} (\%) &= \text{N-Kjeldahl} - \text{N-NH}_4 \\
 &= 0,16078 - 0,1334 \\
 &= 0,02738\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N total} (\%) &= \text{N-Organik} + \text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_3 \\
 &= 0,02738 + 0,1334 + 0,01225 \\
 &= 0,173\%
 \end{aligned}$$

Fermentasi 12 hari (kode E3)

N-Organik dan N-NH₄ (%) = (mL titran – mL blanko) x N H₂SO₄ x 14 x 100/mg

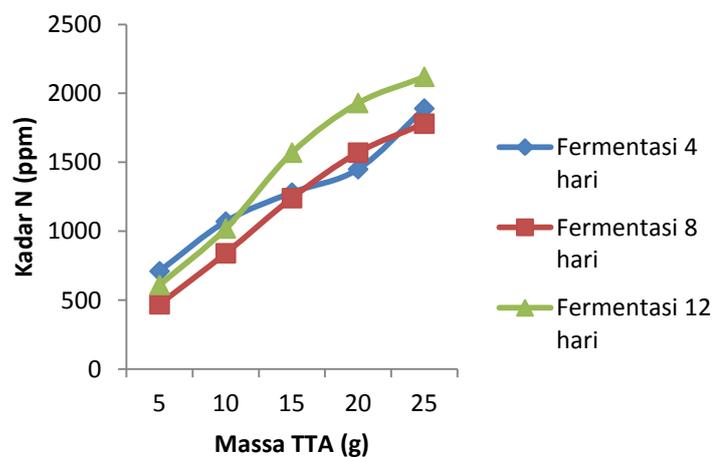
$$\begin{aligned} \text{(N-Kjeldahl)} &= (0,96-0,07) \times 0,05 \times 14 \times 100/301,6 \\ &= 0,20656 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N-NO}_3 (\%) &= (\text{mL titran} - \text{mL blanko}) \times \text{N H}_2\text{SO}_4 \times 14 \times 100/\text{mg} \\ &= (0,21 - 0,12) \times 0,05 \times 14 \times 100/1089,5 \\ &= 0,00578\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N-NH}_4 (\%) &= (\text{mL titran} - \text{mL blanko}) \times \text{N H}_2\text{SO}_4 \times 14 \times 100/\text{mg} \\ &= (2,74 - 0,07) \times 0,05 \times 14 \times 100/1089,5 \\ &= 0,1715\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N-Organik} (\%) &= \text{N-Kjeldahl} - \text{N-NH}_4 \\ &= 0,20656 - 0,1715 \\ &= 0,03506\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N total} (\%) &= \text{N-Organik} + \text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_3 \\ &= 0,03506 + 0,1715 + 0,00578 \\ &= 0,212\% \end{aligned}$$



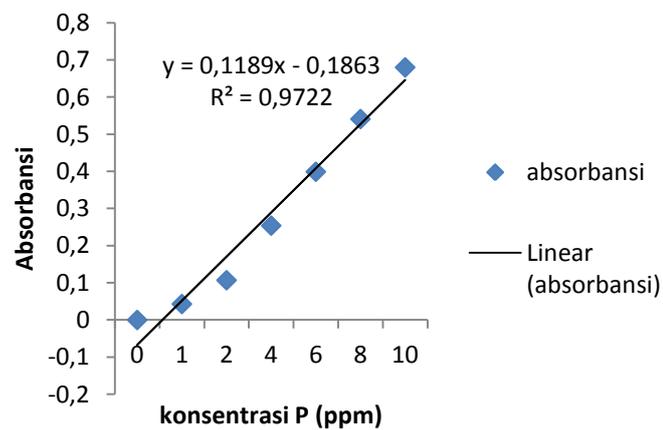
Gambar 6.1 Hubungan antara massa TTA yang ditambahkan dengan kadar N total dalam pupuk organik cair

Analisis Kadar P

Limbah cair tahu tanpa fermentasi

Tabel 6.3 Data kurva kalibrasi P limbah cair tahu tanpa fermentasi

Konsentrasi P (ppm)	Absorbansi
0	0
1	0,043
2	0,107
4	0,254
6	0,399
8	0,541
10	0,68

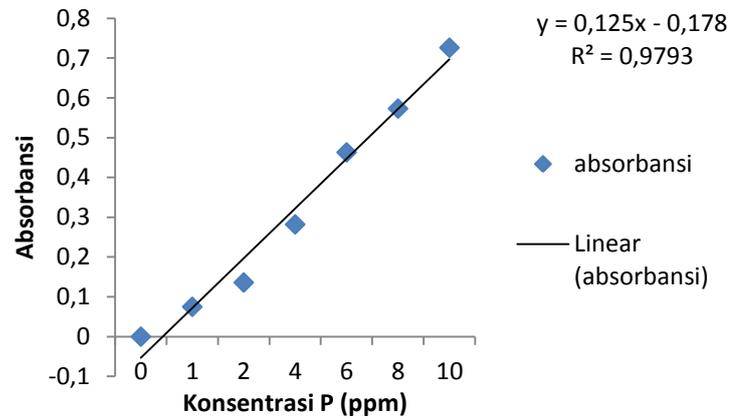


Gambar 6.2 Kurva kalibrasi P limbah cair tahu tanpa fermentasi

Terfermentasi 4 hari

Tabel 6.4 Data kurva kalibrasi P terfermentasi 4 hari

Konsentrasi P (ppm)	Absorbansi
0	0
1	0,075
2	0,136
4	0,282
6	0,463
8	0,573
10	0,726

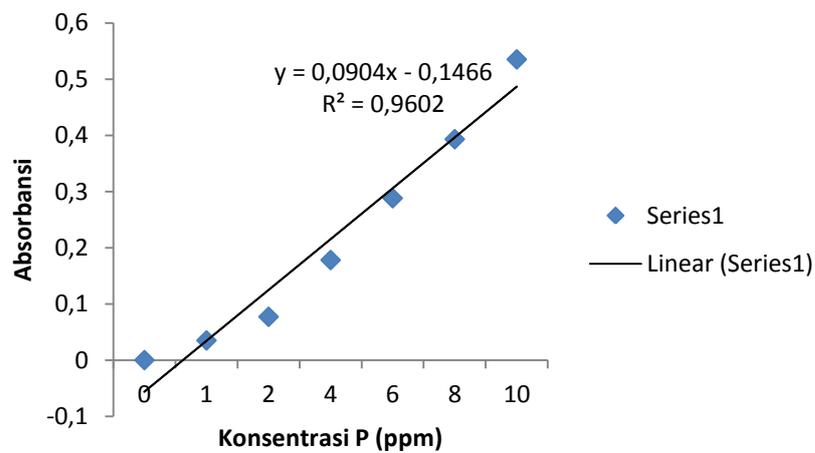


Gambar 6.3 Kurva Kalibrasi P terfermentasi 4 hari

Terfermentasi 8 dan 12 hari

Tabel 6.5 Data kurva kalibrasi P terfermentasi 8 dan 12 hari

Konsentrasi P (ppm)	Absorbansi
0	0
1	0,035
2	0,077
4	0,178
6	0,288
8	0,393
10	0,535



Gambar 6.4 Kurva kalibrasi P terfermentasi 8 dan 12 hari

Tabel 6.6 Data pengukuran kadar P dalam limbah cair tahu tanpa terfermentasi dan terfermentasi

Kode	Absorbansi	Kadar P terukur (%)	Kadar P (ppm)
Tanpa fermentasi	0,004	0,002	20
4 hari fermentasi	0,006	0,003	30
8 hari fermentasi	0,038	0,036	360
12 hari fermentasi	0,26	0,028	280

Tabel 6.7 Data pengukuran analisis kadar P limbah cair tahu + TTA

Lama Fermentasi	Kode	Absorbansi	Kadar P terukur (%)	Kadar P (ppm)
4 hari	A1	0,027	0,012	120
	B1	0,046	0,021	210
	C1	0,041	0,019	190
	D1	0,079	0,036	360
	E1	0,091	0,041	410
8 hari	A2	0,037	0,035	350
	B2	0,069	0,055	550
	C2	0,080	0,061	610
	D2	0,138	0,097	970
	E2	0,134	0,095	950
12 hari	A3	0,035	0,034	340
	B3	0,091	0,068	680
	C3	0,097	0,072	720
	D3	0,131	0,093	930
	E3	0,127	0,090	900

Perhitungan pembuatan kurva kalibrasi

- a. $V_1.M_1 = V_2.M_2$
 $1 \times 50 = V_2 \times 50$
 $V_2 = 1 \text{ mL}$
- b. $V_1.M_1 = V_2.M_2$
 $2 \times 50 = V_2 \times 50$
 $V_2 = 2 \text{ mL}$
- c. $V_1.M_1 = V_2.M_2$
 $4 \times 50 = V_2 \times 50$
 $V_2 = 4 \text{ mL}$
- d. $V_1.M_1 = V_2.M_2$
 $6 \times 50 = V_2 \times 50$
 $V_2 = 6 \text{ mL}$
- e. $V_1.M_1 = V_2.M_2$
 $8 \times 50 = V_2 \times 50$
 $V_2 = 8 \text{ mL}$
- f. $V_1.M_1 = V_2.M_2$
 $10 \times 50 = V_2 \times 50$
 $V_2 = 10 \text{ mL}$

Analisis Data

Limbah cair tahu tanpa fermentasi

$$Y = 0,073x - 0,0011$$

$$0,004 + 0,0011 = 0,073x$$

$$0,0051 = 0,073x$$

$$X = 0,0698 \text{ ppm}$$

$$\% P = \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak}/1000 \times 100/\text{mg contoh} \times 31/95 \times \text{fp}$$

$$= 0,0698 \times \frac{50}{1000} \times \frac{100}{0,5} \times \frac{31}{95} \times 10$$

$$= 0,0698 \times 0,05 \times 0,2 \times 0,326 \times 10$$

$$= 0,002 \%$$

Limbah tahu fermentasi 8 hari

$$Y = 0,0532x - 0,0205$$

$$0,038 + 0,0205 = 0,0532x$$

$$0,0585 = 0,0532x$$

$$X = 1,099 \text{ ppm}$$

$$\% P = \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak}/1000 \times 100/\text{mg contoh} \times 31/95 \times \text{fp}$$

$$= 1,099 \times \frac{50}{1000} \times \frac{100}{0,5} \times \frac{31}{95} \times 10$$

$$= 1,099 \times 0,05 \times 0,2 \times 0,326 \times 10$$

$$= 0,036 \%$$

Fermentasi 4 hari (kode E1)

$$Y = 0,073x - 0,0011$$

$$0,091 + 0,0011 = 0,073x$$

$$X = 1,262 \text{ ppm}$$

$$\% P = \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak}/1000 \times 100/\text{mg contoh} \times 31/95 \times \text{fp}$$

$$= 1,262 \times \frac{50}{1000} \times \frac{100}{0,5} \times \frac{31}{95} \times 10$$

$$= 1,262 \times 0,05 \times 0,2 \times 0,326 \times 10$$

$$= 0,041 \%$$

Fermentasi 8 hari (kode D2)

$$Y = 0,0532x - 0,0205$$

$$0,138 + 0,0205 = 0,0532x$$

$$X = 2,979 \text{ ppm}$$

$$\% P = \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak}/1000 \times 100/\text{mg contoh} \times 31/95 \times \text{fp}$$

$$= 2,979 \times \frac{50}{1000} \times \frac{100}{0,5} \times \frac{31}{95} \times 10$$

$$= 2,979 \times 0,05 \times 0,2 \times 0,326 \times 10$$

$$= 0,097 \%$$

Fermentasi 12 hari (kode D3)

$$Y = 0,0532x - 0,0205$$

$$0,131 + 0,0205 = 0,0532x$$

$$X = 2,878 \text{ ppm}$$

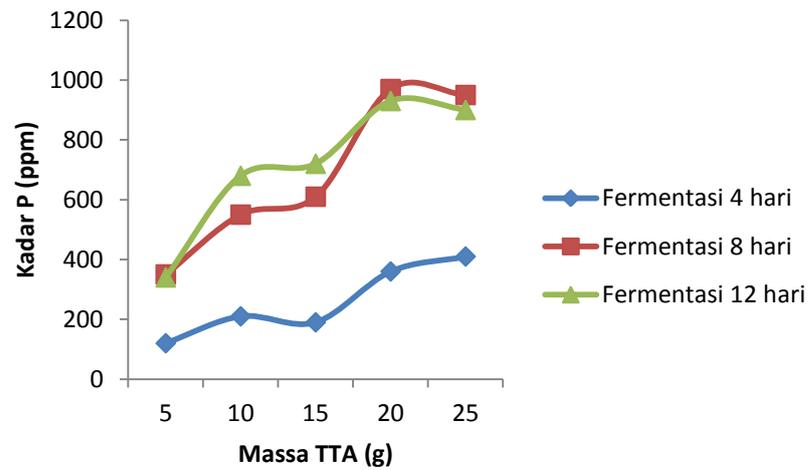
$$\% P = \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak}/1000 \times 100/\text{mg contoh} \times 31/95 \times \text{fp}$$

$$= 2,878 \times \frac{50}{1000} \times \frac{100}{0,5} \times \frac{31}{95} \times 10$$

$$= 2,397 \times 0,05 \times 0,2 \times 0,326 \times 10$$

$$= 0,093 \%$$

Untuk perhitungan sampel yang lainnya sama seperti diatas.

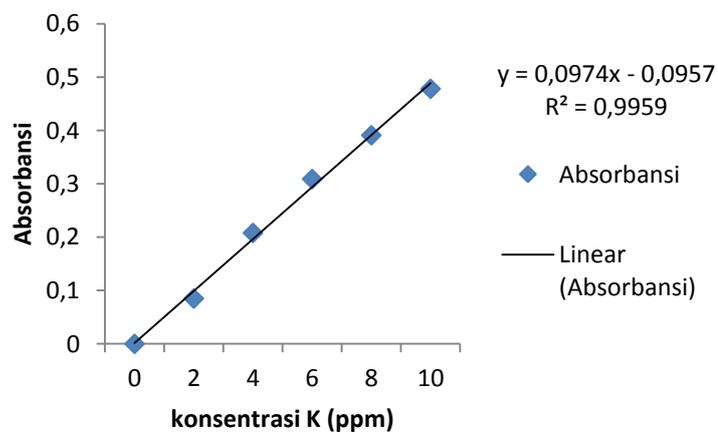


Gambar 6.5 Hubungan antara massa TTA yang ditambahkan dengan kadar P pada pupuk organik cair

Analisis kadar K

Tabel 6.8 Data kurva kalibrasi K

K (ppm)	Absorbansi
0	0
2	0,085
4	0,208
6	0,309
8	0,391
10	0,478



Gambar 6.6 kurva kalibrasi K

Tabel 6.9 Data pengukuran analisis kadar K dalam limbah cair tahu tanpa fermentasi dan terfermentasi

Sampel	Kadar K (%)	Kadar K (ppm)
Sampel tanpa fermentasi	0,008	80
4 hari fermentasi	0,025	250
8 hari fermentasi	0,065	650
12 hari fermentasi	0,087	870

Tabel 6.10 Data pengukuran analisis kadar K limbah cair tahu + TTA

Lama Fermentasi	Kode	Absorbansi	Kadar K (%)	Kadar K (ppm)
4 hari	A1	0,113	0,023	230
	B1	0,126	0,025	250
	C1	0,129	0,026	260
	D1	0,138	0,028	280
	E1	0,146	0,030	300
8 hari	A2	0,314	0,064	640
	B2	0,339	0,069	690
	C2	0,337	0,069	690
	D2	0,353	0,072	720
	E2	0,332	0,068	680
12 hari	A3	0,340	0,069	690
	B3	0,394	0,081	810
	C3	0,416	0,085	850
	D3	0,450	0,092	920
	E3	0,368	0,089	890

Analisis data

Limbah tahu 8 hari

$$Y = 0,0487x - 0,0017$$

$$0,146 + 0,0017 = 0,0487x$$

$$0,1477 = 0,0487x$$

$$X = 3,032 \text{ ppm}$$

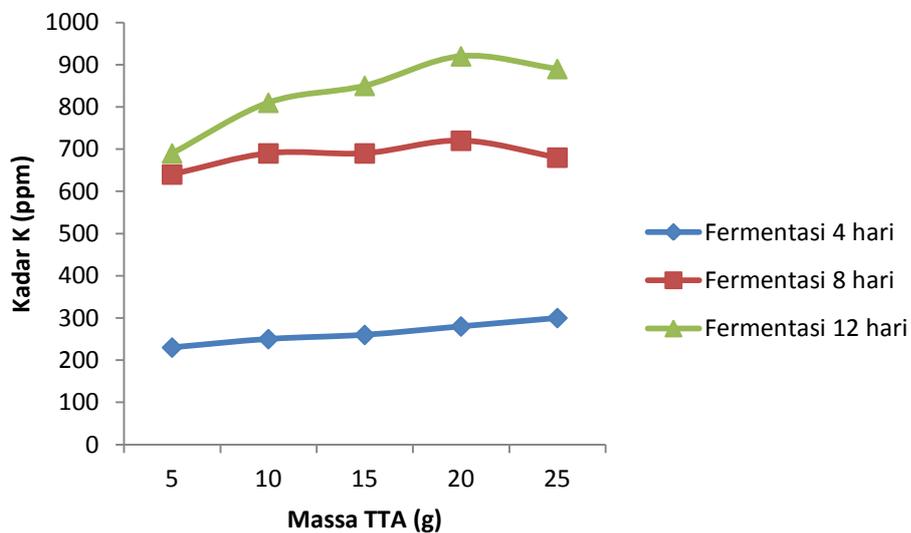
$$\% K = \text{ppm kurva} \times \frac{\text{ml ekstrak}}{1000} \times \frac{100}{\text{mg contoh}}$$

$$\% K = 3,032 \times \frac{50}{1000} \times \frac{100}{0,5}$$

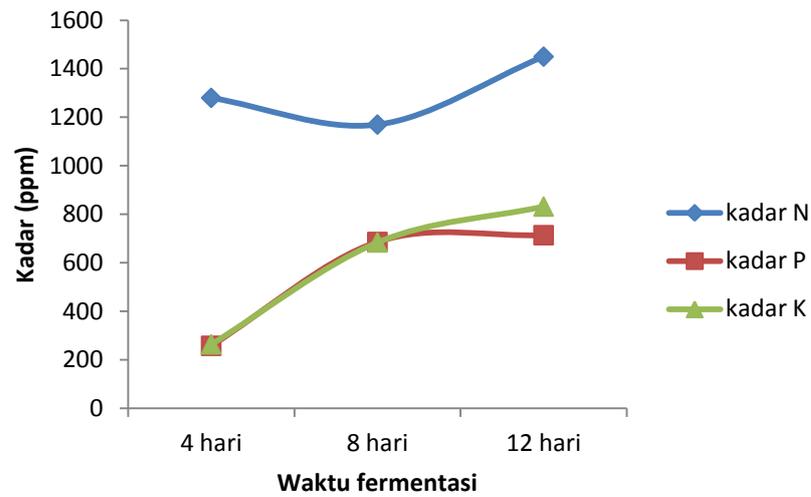
$$\% K = 3,032 \times 0,05 \times 0,2$$

$$\% K = 0,030\%$$

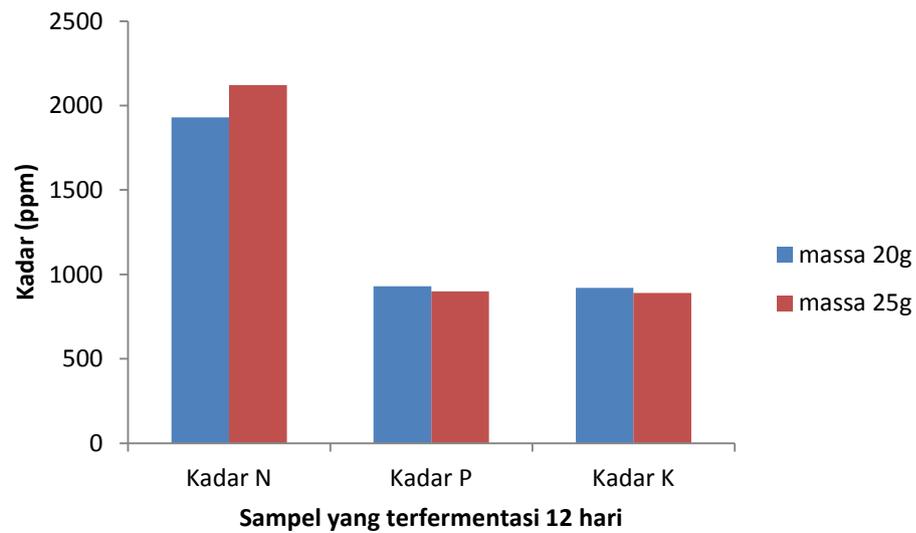
Untuk perhitungan sampel 4, 12 hari, dan limbah cair tahu + TTA sama seperti diatas.



Gambar 6.7 Hubungan antara massa TTA yang ditambahkan dengan kadar K pada pupuk organik cair



Gambar 6.8 Hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar rata-rata NPK pada pupuk organik cair



Gambar 6.9 Hubungan antara massa TTA (20 g dan 25 g) dengan kadar NPK pada pupuk organik cair

DOKUMENTASI



Steam tulang ayam dengan alat presto



Mengoven tulang ayam



Fermentasi limbah cair tahu+TTA



Hasil fermentasi limbah cair tahu+TTA



Penimbangan sampel



Proses destruksi sampel



Sampel yang sudah diencerkan



Sampel yang didiamkan semalam



Sampel yang sudah ditambah pembangkit warna



Analisis sampel kadar K



Analisis sampel kadar P