



ABSTRAK

YANTO ABDULAH: Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Sumber Nitrogen Organik Pupuk (*The Use of Tofu Waste as Nitrogen Source for Organic Fertilizers*). Dibimbing oleh DJAROT SASONGKO HAMI SENO dan KOMAR SUTRIAH.

Limbah dari industri tahu relatif besar, apabila tidak diolah dan dimanfaatkan secara memadai dapat mencemari lingkungan dan merupakan pembuangan protein besar-besaran. Penelitian ini dilakukan dalam rangka memanfaatkan limbah tahu sebagai sumber nitrogen organik yang murah khususnya untuk pupuk organik.

Protein sebagai sumber nitrogen organik diekstraksi dari limbah padat tahu dalam KOH 1N. Ekstrak limbah padat tahu selanjutnya digunakan untuk mengekstrak bahan pupuk organik. Kadar N, P, dan K pupuk organik yang diperoleh berturut-turut adalah 0,213%, 0,038%, 1,05%.

Pupuk organik yang diperoleh kemudian diuji cobakan pada tanaman tauge yang hasilnya kemudian dibandingkan terhadap tanaman tauge yang hanya diberi air. Hasilnya menunjukkan bahwa tanaman tauge yang diberi pupuk pertumbuhannya lebih cepat.



ABSTRACT

YANTO ABDULAH: The Use of Tofu Waste as Nitrogen Source for Organic Fertilizers. Under direction of DJAROT SASONGKO HAMI SENO and KOMAR SUTRIAH.

The amount of industrial tofu waste is relatively large, poor management and usage the waste may harm the environment, and also a waste of a large amount of protein. The purpose of this study is to find a way to reuse tofu waste as cheap organic nitrogen source for organic fertilizers.

This organic nitrogen source protein was extracted from solid tofu waste using KOH 1N. The obtain extract was then used to extract organic fertilizers material. The concentration of organic fertilizers N, P, and K contents respectively are as follows 0,213%, 0,038%, 1,05%.

The produced organic fertilizer was tested to young bean-sprout, and was compared to other young bean-sprout which was given only water as control. The results showed that soy bean-sprout given organic fertilizer grow faster than the control.

PEMANFAATAN LIMBAH TAHU SEBAGAI SUMBER NITROGEN PUPUK ORGANIK

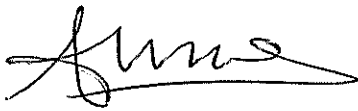
YANTO ABDULAH

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada
Program Studi Biokimia

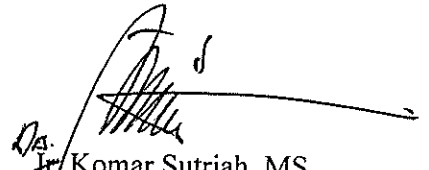
**PROGRAM STUDI BIOKIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2004**

Judul : Pemanfaatan Limbah Tahu sebagai Sumber Nitrogen Pupuk Organik
Nama : Yanto Abdulah
NIM : G08499015

Menyetujui,



Dr. Djarot Sasongko Hami Seno, MS.
Pembimbing I



Dr. Ir. Komar Sutriah, MS.
Pembimbing II

Mengetahui,



Dr. Ir. Mansjur Hawab, MS.
Ketua Program Studi Biokimia

Tanggal lulus:



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Subang pada tanggal 1981 sebagai anak sulung dari tujuh bersaudara, anak dari pasangan Kardi dan Ruhaeti.

Tahun 1999 penulis lulus dari SMUN 2 Subang dan pada tahun yang sama lulus seleksi masuk IPB melalui jalur Undangan Seleksi Masuk IPB. Pada tahun itu pula penulis mulai memasuki perkuliahan di Program Studi Biokimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Selama perkuliahan penulis menjadi asisten praktikum mata kuliah Fisika Dasar 1 pada tahun ajaran 2000/2001, mata kuliah Biokimia Umum pada tahun ajaran 2001/2002, dan mata kuliah Kimia Klinik pada tahun ajaran 2002/2003. Selain itu penulis menjadi staf pengajar di Bimbingan Belajar Nurul Ilmi dan Al-Azhar Bogor serta menjadi guru di SLTP Terpadu At-Tawazun dan SMU Fatwa Zulfikar di Kalijati, Subang.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan April 2003 ini ialah pemanfaatan limbah tahu, dengan judul Pemanfaatan Limbah Tahu sebagai Sumber Nitrogen Organik Pupuk.

Terima kasih penulis ucapkan kepada berbagai pihak yang telah membantu penyelesaian karya ilmiah ini, antara lain Bapak Dr. Djarot Sasongko Hami Seno, MS dan Bapak Ir. Komar Sutriah MSi selaku pembimbing. Di samping itu penghargaan diberikan kepada Ibu Iis dan Ibu Marry sebagai Laboran Biokimia serta tidak lupa kepada Mas Iyan dan Teh Ani yang telah membantu saya selama bekerja di Laboratorium Terpadu. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, adik serta seluruh keluarga, dan Siti Maryam atas segala do'a dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat.

Bogor, Desember 2003

Yanto Abdulah

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	i
DAFTAR GAMBAR.....	ii
DAFTAR LAMPIRAN	iii
PENDAHULUAN	1
TINJAUAN PUSTAKA	
Limbah Tahu	1
Limbah Padat Industri Tahu	1
Limbah Cair Industri Tahu	2
Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Tahu	2
Pupuk	3
Pupuk Organik	3
Unsur-unsur Pupuk dan Metode Analisis	
Nitrogen	4
Fosfat	4
Kalium	5
Elektroforesis SDS-PAGE	5
BAHAN DAN METODE	
Waktu dan Tempat Penelitian.....	6
Bahan dan Alat	6
Metode Penelitian	6
HASIL DAN PEMBAHASAN	
Analisis Protein Limbah Tahu dengan Elektroforesis SDS-PAGE	8
Analisis Kadar dan Pemanfaatan Protein Limbah Tahu	8
Limbah Cair Tahu.....	8
Limbah Padat Tahu.....	9
Pembuatan Pupuk Organik	9
Analisis Kadar N, P dan K Pupuk	9
Uji Coba Pupuk Terhadap Kacang Hijau.....	10
SIMPULAN DAN SARAN	
Simpulan.....	11
Saran.....	11
DAFTAR PUSTAKA.....	11
LAMPIRAN	13

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Komposisi senyawa organik dalam limbah padat.....	1
2. Kandungan mineral dalam ampas tahu.....	2
3. Karakteristik limbah cair tahu.....	2
4. Komposisi bahan organik limbah cair tahu.....	2
5. Komposisi unsur hara berbagai pupuk kandang.....	3
6. Pembuatan kurva standar Bovine Serum Albumin (BSA).....	6
7. Kondisi alat spektroskopi emisi nyala.....	8
8. Hasil analisis kadar N total pupuk	9
9. Hasil analisis kadar fosfor pupuk.....	10
10. Hasil analisis kadar kalium pupuk.....	10



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Diagram sumber limbah tahu.....	2
2. Hasil elektroforesis SDS-PAGE.....	8
3. Hasil uji coba pupuk organik terhadap pertumbuhan kacang hijau.....	10



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Hasil penentuan kadar protein limbah cair tahu.....	13
2. Hasil penentuan kadar protein endapan limbah cair tahu.....	14
3. Hasil penentuan kadar protein limbah padat tahu dengan pelarut NaCl.....	15
4. Hasil penentuan kadar protein limbah padat dalam KOH jenuh.....	16
5. Hasil penentuan kadar N total.....	17
6. Hasil penentuan kadar fosfor.....	18
7. Hasil penentuan kadar kalium	19

PENDAHULUAN

Tahu merupakan produk makanan dari kedelai. Karena kandungan protein pada kedelai (35%) relatif besar (Suprpto, 1991), maka kandungan protein pada tahu (7,8%) juga relatif tinggi (Sajogyo dkk., 1981). Di samping yang terserap dalam tahu, sebagian protein kedelai masih tertinggal pada ampasnya atau terbawa dalam air limbah tahu.

Banyak industri tahu di Indonesia yang menghasilkan limbah tahu berlimpah, baik padat (ampas tahu) maupun cair. Limbah yang berlimpah ini apabila tidak diolah dan dimanfaatkan secara memadai, dapat mencemari lingkungan serta merupakan pembuangan protein besar-besaran. Pemanfaatan limbah tahu baik limbah padat maupun limbah cair masih terbatas. Ampas tahu banyak digunakan sebagai campuran pakan ternak (sapi, babi dan ternak besar lainnya) atau dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai makanan seperti oncom merah, tempe gambus, kecap, tauchou dan lain-lain (Fateta IPB, 1981). Sedangkan limbah cair hingga saat ini masih sangat sedikit pemanfaatannya. Protein merupakan sumber nitrogen organik yang sangat diperlukan oleh manusia, hewan maupun tanaman. Oleh karena itu, limbah tahu berpotensi sebagai sumber nitrogen organik murah seperti untuk keperluan pupuk organik, media fermentasi dan sebagainya. Informasi kadar, isolasi, pemekatan dan pengolahan nitrogen organik dalam limbah tahu sangat penting untuk keperluan tersebut dan merupakan objek dari penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memekatkan protein limbah tahu serta memanfaatkannya sebagai sumber nitrogen organik.

Hipotesis dalam penelitian ini, bahwa limbah tahu masih mengandung kadar protein cukup tinggi yang tersusun atas berbagai asam amino (esensial dan non esensial), sehingga dapat dipergunakan sebagai sumber nitrogen organik yang murah.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna untuk memberikan gambaran tentang pemanfaatan limbah tahu sebagai sumber nitrogen organik yang murah khususnya sebagai bahan pupuk organik.

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah Tahu

Limbah merupakan bahan atau zat yang dapat membahayakan kehidupan manusia, hewan atau tanaman. Umumnya limbah dihasilkan dari aktivitas manusia, misalnya industri tahu. Produk samping yang dihasilkan pada pembuatan tahu adalah kulit kedelai, ampas tahu, kembang tahu dan air asam cuka (Kastyanto, 1994). Tetapi pada prinsipnya limbah tahu yang utama adalah limbah padat (ampas tahu) dan limbah cair. Diperkirakan dari 5 kg kedelai dihasilkan tahu 10 kg, ampas tahu 8 kg dan air buangan 50-100 liter (Moertinah, 1991).

Limbah Padat Industri Tahu

Limbah padat berasal dari proses penyaringan bubur kedelai setelah dimasak, yaitu berupa ampas tahu. Di banyak tempat di Pulau Jawa sering dibuat tempe gambus dari ampas tahu. Selain itu ampas tahu juga dimanfaatkan untuk makanan ternak, yang dibuat dengan cara melarutkan ampas tahu dalam sedikit air menjadi bubur ampas tahu (Kastyanto, 1994). Ampas tahu mengandung berbagai senyawa organik seperti protein, karbohidrat, lemak, dan serat kasar (Tabel 1).

Tabel 1. Komposisi Bahan Organik dalam Limbah Padat (Sanusi dkk., 1996).

Parameter Uji	Konsentrasi (%berat kering)
Air	81,23
Protein	3,20
Lemak	1,95
Serat Kasar	10,25
Abu	1,50

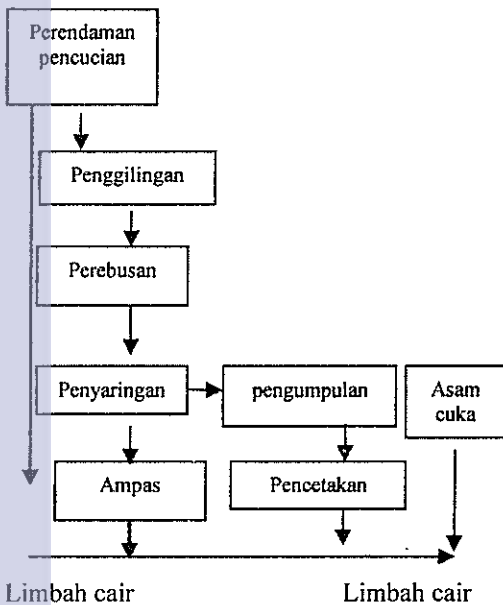
Asam amino-asam amino yang terdapat dalam protein ampas tahu yang diekstrak dengan NaCl, NaOH dan campuran NaCl dan NaOH dengan metode Kromatografi Lapis Tipis antara lain: valin, threonin, alanin, arginin, histidin, asam glutamat, lisin, glisin, dan metionin (Kusumawardhani, 1994). Ampas tahu mengandung mineral-mineral seperti kalsium, magnesium, dan besi yang relatif tinggi, sedangkan kandungan tembaga, timbal dan zink relatif rendah (Tabel 2).

Tabel 2. Kandungan Mineral dalam Ampas Tahu (Jenie dkk., 1994).

Jenis Mineral	Kadar dalam ampas tahu ($\mu\text{g/g}$)
Ca	890,75
Mg	358,52
Fe	124,66
Cu	5,55
Pb	2,29
Zn	0,49

Limbah Cair Industri Tahu

Limbah cair berasal dari perendaman, pencucian, pengepresan, pencetakan dan sisa asam cuka/bibit tahu yang tidak dipakai lagi (Gambar 1). Jumlah limbah cair diperkirakan 15-20 liter per kg kedelai.



Gambar 1. Diagram sumber limbah tahu (Haryono, 1997).

Parameter yang paling menonjol dalam air limbah tahu menurut Haryono (1997) adalah BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), TSS (Total Suspended Solid), $\text{NH}_3\text{-N}$ (nitrogen amonia), H_2S (hidrogen sulfida), pH dan Temperatur. Secara umum, karakteristik limbah cair tahu seperti tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Limbah Cair Tahu (Haryono, 1997).

Parameter	Kadar
pH	2-5
BOD	5000-7000mg/l
COD	7000-12000mg/l
Warna	Putih keruh
Temperatur	40-55 °C

Limbah cair tahu mengandung protein, karbohidrat, lemak dan minyak (Tabel 4).

Tabel 4. Komposisi Bahan Organik Limbah Cair Tahu (Sanusi dkk. 1996)

Parameter Uji	Limbah cair (%)
Air	90,74
Protein	1,80
Lemak	1,22
Serat Kasar	7,36
Abu	0,32

Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Tahu

Mengingat asal limbah cair berbeda-beda maka karakteristiknya pun berbeda-beda. Air buangan yang berasal dari pencucian dan perendaman nilai cemarannya tidak begitu tinggi sehingga dapat dibuang ke perairan umum. Nilai cemaran air dari proses pemasakan cukup tinggi, oleh karena itu harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

Ada beberapa pendekatan yang dapat dilaksanakan dalam upaya mengatasi pencemaran lingkungan oleh limbah tahu, antara lain: (1) Pendekatan Lingkungan, yaitu pola pendekatan dengan cara meletakkan lokasi industri tersebut pada lingkungan yang daya dukungnya cukup besar sehingga mampu untuk menetralsir air buangan tersebut. (2) Pendekatan Teknologi Proses yang dilakukan dengan 3 cara, yaitu dengan memilih teknologi proses produksi yang memberikan beban cemaran sekecil mungkin terhadap lingkungan ditinjau dari segi kualitas maupun kuantitas, memanfaatkan limbah sehingga meningkatkan nilai ekonominya atau mengolah limbah sehingga menjadi memenuhi syarat untuk dibuang ke lingkungan. (3) Sistem pengolahan limbah terpadu (Moertinah, 1994).

Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Padat

Limbah padat dari industri tahu yang terbuang begitu saja bersama-sama limbah cair lainnya, dengan adanya bakteri pembusuk akan menghasilkan bau yang tidak enak atau bau busuk di sekitar pembuangan limbah dan dapat merembes ke sumur penduduk. Pengolahan limbah padat (ampas tahu) biasanya dilakukan dengan memanfaatkan limbah tersebut sehingga memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi misalnya menjadi pakan ternak atau bahan baku berbagai masakan dan makanan.

Pemanfaatan ampas tahu sebagai pakan ternak diperkuat oleh hasil penelitian Sanusi *et al.* (1996) yang menunjukkan bahwa rata-rata terjadi penambahan bobot ayam yang hampir sama pada pertumbuhan ayam Broiler setelah diberikan pakan berupa formula dari ampas tahu dibandingkan terhadap formula dari limbah cair yang dikeringkan dan formula yang dipasarkan.

Limbah padat industri tahu dapat juga dimanfaatkan untuk pembuatan isolat protein, yang dapat dijadikan suatu produk yang kaya protein sehingga dapat dipakai sebagai campuran sumber protein pada industri pangan maupun industri pakan (Wirahadikusuma, 1994). Selain itu, ampas tahu dapat pula dimanfaatkan untuk produksi pigmen merah dari *M. purpureus* melalui substitusi sebagian dari beras yang digunakan (Jenie, Helianti dan Fardiaz, 1994).

Ampas tahu juga dapat diolah menjadi berbagai produk pangan yang bermanfaat bagi manusia seperti oncom merah, kecap, taucho, tepung, oncom, dan protein hidrolisat (Fateta, 1981)

Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Cair

Pengolahan limbah cair industri tahu dapat dilakukan dengan proses biologis, yaitu proses pengolahan limbah dengan bantuan jasad renik yang dapat berupa kapang, bakteri, atau alga. Pengolahan limbah dengan proses biologis ini dapat berlangsung secara aerob atau anaerob. Dengan cara biologis maka zat-zat terlarut dan koloid serta senyawa N dan P dapat dipisahkan. Cara pengolahan ini relatif sederhana, mudah murah dan tidak mempunyai akibat sampingan yang serius (Meortinah, 1994). Limbah cair tahu seperti halnya limbah padat dapat juga dijadikan sebagai pakan ternak (Sanusi, 1996). Menurut Murdjito (1995) pemberian pakan komboran yang menggunakan air tahu (limbah industri

kecil tahu) untuk penggemukan sapi lebih ekonomis.

Pupuk

Pupuk adalah bahan yang diberikan ke dalam tanah atau disemprotkan pada tanaman dengan maksud menambahkan unsur hara yang diperlukan. Pengertian lain dari pupuk adalah bahan yang diberikan kepada tanah dengan maksud untuk memperbaiki sifat-sifat fisika, kimia dan biologi tanah (Setyamidjaja, 1986).

Pupuk diklasifikasikan berdasarkan 5 hal (Mulyani, 1994), yaitu (1) Kandungan unsur haranya, (2) Kadar kandungan unsur haranya, (3) Reaksi kimia, (4) Cara pembuatannya, dan (5) Kelarutannya.

Berdasarkan cara pembuatannya pupuk dibagi menjadi dua, yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik.

Pupuk Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari sisa-sisa tanaman, hewan dan manusia (Setyamidjaja, 1986 dan Mulyani, 1994). Berdasarkan bahan dasarnya pupuk organik dibedakan menjadi pupuk kandang, humus, pupuk hijau, kompos dan pupuk mikroba (Musnamar, 2003). Secara kuantitatif kandungan unsur hara pupuk organik lebih kecil dari pupuk anorganik. Tisdale dan Nelson (1965) menyatakan bahwa pupuk kandang biasanya terdiri dari campuran 0,5% N, 0,25% P₂O₅ dan 0,5% K₂O. Kandungan unsur hara berbagai pupuk organik dalam hal ini pupuk kandang, disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Komposisi Unsur Hara Berbagai Pupuk Kandang (Setyamidjaja, 1986).

Jenis pupuk	H ₂ O (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
Pupuk Kuda	78	0,70	0,25	0,55
Pupuk Sapi	86	0,60	0,15	0,45
Pupuk Kambing	69	0,95	0,35	1,00
Pupuk Babi	87	0,50	0,35	0,40
Pupuk Ayam	55	1,00	0,80	0,40

Menurut Mulyani (1996), pupuk organik berfungsi untuk menggemburkan lapisan tanah permukaan, meningkatkan populasi jasad renik, mempertinggi daya serap dan daya simpan air, yang keseluruhannya dapat meningkatkan kesuburan tanah.

Syarat-syarat pupuk organik (Murbando, 2001), yaitu: (a) Zat N harus terdapat dalam bentuk persenyawaan organik, (b) Tidak meninggalkan sisa asam organik di dalam tanah dan (c) Mempunyai kadar persenyawaan C organik yang tinggi.

Unsur-Unsur Pupuk dan Metode Analisis

Paling tidak ada 14 unsur esensial yang diperoleh tanaman dari tanah. Namun pada dasarnya ada tiga unsur makro yang sangat penting, yaitu nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K). Ketiga unsur itu sering disebut sebagai *unsur-unsur pupuk* karena sering ditambahkan sebagai pupuk dagangan (Soepardi, 1983).

Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman, sebab merupakan penyusun protein, asam nukleat dan berbagai senyawa N non protein. Pada umumnya N diambil oleh tanaman dalam bentuk amonium (NH_4^+), dan nitrat (NO_3^-), akan tetapi nitrat yang terisap segera tereduksi menjadi amonium melalui enzim yang mengandung molibdenum (Russel, 1961).

Berbagai peranan N dalam pertumbuhan tanaman (Setyamidjaja, 1986) antara lain: (1) Merangsang pertumbuhan vegetatif pada daun, batang dan akar, (2) Merangsang pertumbuhan daun karena N merupakan penyusun khlorofil, protein, dan lemak, (3) Mempercepat pengubahan karbohidrat menjadi protein dan protoplasma.

Kelebihan N pada tanaman akan menyebabkan menipisnya bahan dinding sel sehingga tanaman akan dengan mudah diserang hama dan penyakit (Sarief, 1984). Sebaliknya kekurangan N mengakibatkan tebalnya dinding sel dengan ukuran sel yang kecil. Kekurangan N ditandai dengan warna daun yang hijau kekuningan dan seterusnya akan mengering.

N yang dimanfaatkan oleh tanaman harus dalam bentuk terikat. Di alam pembentukan N

terikat terjadi di dalam tanah terutama oleh bakteri simbiotik. Dalam peristiwa ini N terikat digunakan untuk sintesis asam amino dan protein (Soepardi, 1987). Di dalam tanah sebagian besar N tersedia dalam bentuk organik. N total dalam tanah adalah 0,1% (Departemen Pendidikan dan kebudayaan, 1991).

Dalam setahun 2-3 % N organik dimineralisasi dan dibebaskan dalam tanah dalam bentuk anorganik. N organik umumnya berupa asam amino (20-50%), dan sisanya berupa purin, pirimidin, lignin- NH_4 , quinon- NH_4 dan quinon- NH_2 (Bremner, 1965). Selain tersedia dalam tanah, N juga dapat ditambahkan kepada tanaman melalui proses pemupukan (Soepardi, 1983).

Kadar Nitrogen umumnya ditentukan secara total menggunakan metode Kjeldahl (Chang, 1998). Metode ini terdiri atas tiga fase: (1) Fase *digesti*, (2) Destilasi amonium (NH_4^+), dan (3) Penentuan amonium. Dalam fase *digesti*, sampel didekomposisi oleh asam sulfat (H_2SO_4) pekat, Na_2SO_4 dan katalis yang cukup. Nitrogen dan karbon dalam sampel diubah menjadi amonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) dan CO_2 secara berturut turut. Dalam fase destilasi, NH_4^+ diubah menjadi NO_3^- . Selanjutnya penentuan kadar NH_4^+ dilakukan dengan cara titrasi.

Fosfor

Fosfor (P) dalam bentuk orto-fosfat memegang peranan penting dalam kebanyakan reaksi enzim yang bergantung pada fosforilasi. Fosfor merupakan bagian dari inti sel dan berperan penting dalam pembelahan sel serta untuk pertumbuhan jaringan meristem (Russel, 1961). Pada tanaman, P berperan dalam merangsang pertumbuhan akar tanaman muda, mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji atau gabah. Selain itu P juga sebagai penyusun protein dan lemak. P diambil tanaman dalam bentuk HPO_4^{2-} dan H_2PO_4^- . Kekurangan unsur P menyebabkan tanaman tidak dapat menyerap unsur-unsur lain yang ditandai dengan warna bibit tanaman muda menjadi keunguan dan kemudian menjadi menguning. Akibatnya pertumbuhan menjadi terhambat dan proses kematangan menjadi lambat.

Kebutuhan tanaman terhadap P (Soepardi, 1983) dapat diperoleh dari: (1) pupuk buatan, (2) pupuk kandang (3) Sisa tanaman dan pupuk hijau, dan (4) senyawa alamiah baik organik maupun anorganik.

Menurut Soepardi (1983) fungsi utama P adalah: (1) Sebagai penyusun senyawa kompleks, (2) Aktivator dan kofaktor enzim tertentu dan (3) Berperan dalam proses fisiologi.

Di dalam tanah P dijumpai dalam bentuk organik dan anorganik yang keduanya merupakan sumber P penting bagi tanaman. Senyawa P organik diantaranya berasal dari asam nukleat dan fosfolipida. Sedangkan senyawa P anorganik umumnya berupa senyawa kalsium dan senyawa besi atau aluminium. Sebagian besar P tidak tersedia bagi tanaman.

Salah satu cara untuk menentukan kadar P adalah menggunakan metode asam askorbat. Prinsip metode ini adalah terjadinya reaksi antara amonium molibdat dan kalium antimonitrat dalam medium asam dengan orto-fosfat untuk membentuk suatu asam heteropoli-asam fosfomolibdat-yang direduksi menjadi molibdenum berwarna biru oleh asam askorbat. Kadar fosfor diketahui dengan mengukur absorbansi sampel dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 765 nm (AOAC, 1999).

Kalium

Kalium (K) merupakan kation monovalen yang esensial bagi tanaman. Peranan utama K bagi tanaman ialah sebagai aktivator berbagai enzim. K yang cukup dalam tanah menjamin ketegaran tanaman. Kalium juga membuat tanaman lebih tahan terhadap berbagai penyakit dan merangsang pertumbuhan akar (Soepardi, 1983). Menurut Soepardi Kalium dalam tanah terbagi menjadi tiga bagian, yaitu: K tidak tersedia (90-98%), K segera tersedia (1-2%) dan K lambat tersedia. Tanaman mengambil K dalam bentuk ion K^+ .

Kekurangan K ditandai dengan daun yang kering dan terbakar pada sisi dan permukaannya, tanaman mudah patah dan rebah, memperlihatkan gejala klorotik yang tidak merata sehingga fotosintesis terganggu dan pertumbuhan tanaman lambat (Setyamidjaja, 1986). Sedangkan kelebihan K akan menurunkan kadar magnesium yang diikat oleh tanaman (Soepardi, 1983).

Kadar K biasanya ditentukan menggunakan metode *Spektroskopi emisi nyala*. Pada metode ini, ion-ion dalam larutan sampel akan ditransformasi menjadi atom-atom netral oleh

suatu nyala dari udara-asetilen. Atom-atom tersebut kemudian tereksitasi dan mengemisikan cahaya. Emisi ini hanya terjadi ketika temperatur atau energi elektrik yang diberikan cukup untuk mengeksitasi atom bebas ke keadaan tidak stabil. Temperatur dari nyala ini penting karena mempengaruhi efisiensi perubahan senyawa menjadi atom-atom atau ion-ion (Miller, 1998). Cahaya yang dipancarkan ketika atom atau ion kembali ke keadaan dasar (konfigurasi stabil) memiliki panjang gelombang yang spesifik (Tan, 1996). Kadar K diketahui dengan mengukur emisi atom tereksitasi pada sampel dengan spektroskopi emisi nyala pada panjang gelombang 766,5 nm.

Elektroforesis SDS-PAGE

Elektroforesis adalah proses pemisahan berdasarkan laju migrasi pada suatu medan listrik. Terdapat beberapa teknik elektroforesis. Pada penelitian ini digunakan elektroforesis SDS-PAGE (*sodium dodesil sulfat polyacrilamide gel*). SDS ($CH_3(CH_2)_{11}SO_3Na^+$) adalah suatu detergen yang digunakan untuk melakukan gangguan struktur terhadap protein menjadi partikel-partikel yang berbentuk sama dan memiliki muatan seragam.

Mobilitas (μ) spesies pada gel ditentukan oleh kombinasi antara besar muatan (q) dan ukurannya. Bila protein dibuat menjadi bermuatan seragam maka mobilitas spesies berbanding lurus dengan ukurannya (berat molekul protein).

SDS yang mengikat permukaan protein akan mendenaturasi protein menjadi polipeptida dalam bentuk *random coil* (kumpulan acak). Proses selanjutnya muatan detergen yang negatif akan menyembunyikan muatan-muatan protein sehingga terjadilah rantai polipeptida dengan muatan yang konstan dan bentuk yang seragam (Simmonds, 1992). Ukuran kompleks (SDS-protein) berbeda-beda. Hal ini menyebabkan migrasi kompleks tersebut sebagai fungsi dari bobot molekul protein.

Elektroforesis SDS-PAGE terbagi menjadi beberapa tahap antara lain: (1) Pembuatan gel, (2) Preparasi sampel, (3) Pengisian sumur sampel, (4) Pemisahan dan pengikatan protein, dan (5) Pewarnaan dan pencucian (visualisasi).

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biokimia dan Laboratorium Terpadu, Institut Pertanian Bogor dari bulan April sampai Agustus 2003.

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah tahu yang terdiri atas limbah padat (ampas tahu) dan limbah cair. Bahan pembantu yang digunakan adalah NaCl, H₂PO₄, KOH, standar BSA, reagen Bradford, alkohol, amonium persulfat 10%, TEMED, HNO₃ pekat, asam perklorat, Tris-Cl, gliserol, bromfenol biru, n-butanol, glisin, metanol, asam asetat, isopropanol, *coomassie blue* G-250, kalium antimonil tartrat, asam askorbat, amonium molibdat, asam borat, merah metil, HCl, H₂O dan kapas.

Alat-alat yang digunakan meliputi alat elektroforesis, spektroskopi absorpsi atom, spektrofotometer, autopipet, oven, pH meter, kertas saring, tabung Kjeldahl, gelas piala, Erlenmeyer, oven, tabung reaksi, corong, pipet tetes, timbangan dan ember.

Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Sampling (pengambilan contoh) limbah tahu.
2. Menentukan kadar protein dalam limbah sebelum dan setelah pemekatan dengan menggunakan metode Bradford.
3. Pemekatan protein dengan menggunakan KOH dan pengendapan protein.
4. Membuat pupuk organik dari ekstrak ampas tahu dan ekstrak alof.
5. Analisis kadar N, P, K pupuk.
6. Uji coba pupuk terhadap tanaman tauge.

Penentuan Kadar Protein dengan Metode Bradford yang dimodifikasi.

Tahap pertama adalah pembuatan kurva standar. Disiapkan 5 tabung reaksi yang bersih dan kering, kemudian dibuat rangkaian larutan seperti tercantum pada tabel berikut:

Tabel 6. Pembuatan kurva standar Bovine Serum Albumin (BSA)

	Tabung				
	1	2	3	4	5
Standar BSA (μl)	0	10	20	30	50
NaCl 0,9% (μl)	100	90	80	70	50

Setelah itu ke dalam tiap tabung ditambahkan pereaksi Bradford sebanyak 5,0ml, lalu tabung dikocok dan dibiarkan selama lima menit sampai satu jam. Absorban dibaca untuk setiap tabung dan dibuat kurva standar antara absorban pada 595nm terhadap konsentrasi protein.

Tahap berikutnya adalah penentuan kadar protein limbah tahu. Sebanyak 5-7g ampas tahu ditambahkan ke dalam tabung ke-1 yang berisi 10 ml KOH 1N sedikit demi sedikit sampai jenuh. Setelah itu, bagian filtrat diambil sebanyak 100 ul dan ditambahkan 5 ml pereaksi Bradford, lalu dikocok dan dibiarkan 5 menit sampai 1 jam. Larutan kemudian diukur absorbannya pada 595nm. Untuk tabung ke-2 pelarut yang digunakan adalah NaCl (1:2). Langkah berikutnya sama dengan penentuan kurva standar. Sampel dari limbah cair diberi perlakuan sama tetapi tanpa penambahan KOH 1N seperti pada ampas tahu. Untuk mengukur kadar protein endapannya, limbah cair disimpan selama semalam dalam freezer pada suhu 4°C.

Analisis Protein Limbah Tahu dengan Elektroforesis SDS-PAGE (Anonymus, 1994).

Tahapan yang dilakukan meliputi: pembuatan gel, preparasi sampel, dan analisis sampel (pewarnaan dan pencucian).

Pembuatan Gel terdiri atas dua tahap, yaitu pembuatan *running gel* dan *stacking gel*. Pembuatan *running gel* dilakukan dengan mencampurkan larutan monomer sebanyak 7,5ml, 4x *running gel buffer* 7,5ml, SDS 10% 0,3ml, H₂O 14,5ml, amonium persulfat 10% 300 ul dan TEMED 20 ul dalam gelas piala. Setelah itu dituangkan ke dalam plat kaca secara cepat, sampai kurang lebih 1 cm di bawah sisir. Berikutnya dimasukan n-butanol sampai menutupi gel yang belum membeku. Setelah gel membeku, n-butanol dibuang dengan cara memiringkan plat kaca, kemudian permukaan

atas gel dibilas dengan *running gel overlay* (Tris-Cl 0,375M, SDS 1%) dan dидiamkan sampai larutan *stacking gel* siap.

Larutan *stacking gel* dibuat dengan mencampurkan komponen-komponen *stacking gel* yang terdiri atas: 1,33 ml larutan monomer, 2,5ml 4x *stacking gel buffer* pH 6,8, 0,1ml SDS 10 %, 6,0 ml air, 50 ul amonium persulfat 10 % dan 5 ul TEMED. Larutan *running gel overlay* dibuang lalu permukaan atas *running gel* diisi dengan *stacking gel* hingga penuh, kemudian segera disisipkan sisir gel di antara plat kaca.

Tahap selanjutnya adalah preparasi sampel. Sampel limbah tahu dicampur dengan 2x *treatment buffer* (1:1) di dalam tabung Eppendorf, lalu dididihkan dalam bejana air selama 90 detik. Larutan 2x *treatment buffer* merupakan campuran dari 2,5ml 4x *stacking gel buffer*, 4,0 ml SDS 10%, 2,0 ml gliserol, 2,0 mg bromofenol blue dan 0,31 g dithiothreitol (DTT) yang diencerkan sampai 100 ml.

Tahap berikutnya adalah analisis sampel. Sebanyak 20 ul sampel dimasukkan ke dalam sumur (sisir diangkat), lalu diberi arus sebesar 50 mA selama kurang lebih 1 jam 20 menit. Berikutnya adalah tahap pewarnaan sampel. Larutan pewarna dibuat dengan cara melarutkan sebanyak 0,0625 g CBB (*Coomassie Brilliant Blue*), 100 ml metanol, 17,5 ml asam asetat dan 250 air.

Gel dimasukkan ke dalam larutan pewarna dalam wadah plastik tertutup sampai terendam. Setelah itu digoyang di atas shaker selama 4 jam. Larutan pewarna kemudian dibuang dan diganti dengan larutan pencuci I (40% methanol, 7% asam asetat) lalu dидiamkan selama 30 menit. Terakhir, larutan pencuci-I diganti dengan larutan pencuci-2 (7% asam asetat, 5%metanol) dan dидiamkan sampai *background* warna pada gel menjadi jernih. Untuk menghindari kemungkinan gel retak maka ditambahkan gliserol 1% sebelum gel dikeringkan.

Pembuatan Pupuk

Protein dari ampas tahu diekstrak dengan KOH 1N (3:5). Ekstrak ampas tahu kemudian digunakan untuk mengekstrak bahan pupuk organik (alof) dengan perbandingan 1:2. Endapan alof kemudian diekstrak lagi dengan 500 ml ekstrak ampas tahu. Filtrat alof merupakan pupuk yang akan diuji cobakan terhadap taugé.

Penentuan Kadar Nitrogen Total Pupuk dilakukan secara Kjeldahl (AOAC, 1999).

Sampel sebanyak 1,5 g dimasukan ke dalam labu Kjeldahl. Setelah itu, ditambahkan H₂SO₄ pekat 10 ml dan selen secukupnya sebagai katalis. Labu tersebut kemudian dipanaskan sampai warna larutan bening. Tahap berikutnya setelah larutan didinginkan, dilakukan penyulingan. Larutan dari labu Kjeldahl dituang ke labu penyuling, yang telah diberikan NaOH pekat sebanyak 50 ml dan beberapa batu didih. Hasil destilasi ditampung dalam labu Erlenmeyer yang berisi asam borat 2% 20 ml serta raegen BCG dan merah metil. Larutan hasil destilasi kemudian dititrasi dengan HCl 0,1N sampai warna biru berubah menjadi merah. Kadar N (%b/b) dihitung berdasarkan rumus:

$$\%N = \frac{V_{HCl} \times 0,014 \times [HCl]}{\text{Bobot sampel}} \times 100$$

Penentuan Kadar Fosfor dengan Menggunakan Metode Asam Askorbat (Clesceri, Greeberg, Eaton, 1998).

Tahap pertama adalah pembuatan reagen. Sebanyak 0,2743 g Kalium antimonil tartrat, 1,76 asam askorbat, dan 40 g amonium molibdat ditimbang dan diencerkan masing-masing sampai 100 ml dengan akuades. Berikutnya disiapkan H₂SO₄ 5N. Setelah itu, reagen dibuat dengan mencampurkan 50 ml larutan H₂SO₄ 5N, 5 ml larutan kalium antimonil tartrat, 15 ml amonium molibdat, dan 30 ml larutan asam askorbat.

Setelah itu dilakukan preparasi sampel. Sebanyak 100 ml sampel dipipet, lalu dipekatkan dan didestruksi selama kurang lebih 5 jam dengan asam nitrat dan asam perklorat. Hasil destruksi tersebut kemudian diencerkan sampai 100 ml. Larutan tersebut kemudian diencerkan 500 kali dan dibagi dua. Larutan pertama langsung diukur absorbannya pada panjang gelombang 765 nm, sedangkan yang larutan kedua sebelum diukur diberi reagen terlebih dahulu. Absorban sampel adalah selisih antara absorban larutan pertama (tanpa reagen) dengan larutan kedua (yang diberikan reagen). Kadar fosfor (%b/v) dihitung berdasarkan rumus:

$$\%b/v = \frac{\text{konsentrasi (ppm)} \times f \times p \times V}{100G}$$

Penentuan Kadar Kalium dengan Menggunakan Metode Spektroskopi Emisi Nyala (AOAC, 1999)

Sebanyak 2,0 ml sampel dipipet kemudian ditimbang dan didestruksi selama kurang lebih tiga jam menggunakan 10 ml asam nitrat dan 5 ml asam perklorat. Hasil destruksi kemudian diencerkan sampai 100 ml dengan akuades. Untuk mengukur kadar K dengan menggunakan metode Spektroskopi Emisi Nyala, sebanyak 1,0 ml larutan sampel hasil preparasi dipipet dan diencerkan menjadi 100 ml. Sampel siap untuk diinjeksikan ke alat AAS dengan kondisi alat sebagai berikut:

Tabel 7. Kondisi alat spektroskopi emisi nyala

Bahan bakar	Asetilen
Oksidan	Udara
Panjang gelombang	766,5 nm
Supresor	Cesiumnitrat

Kurva standar K dibuat dengan konsentrasi 1,00, 2,00 dan 3,00 ppm, yang diperlakukan sama seperti sampel. Standar K dibuat dengan melarutkan 1,907g KCl yang telah dipanaskan pada 110°C dalam aquades dan diencerkan sampai 1000ml. Kadar K dihitung berdasarkan kurva standar dan rumus sebagai berikut:

$$\%K = \frac{Vl \times fp \times (\text{konsentrasi}) \text{mg} / l \times 100\%}{Bs}$$

Keterangan: fp : Faktor pengenceran
Vl : Volume larutan
Bs : Bobot sampel

Uji Coba Pupuk Terhadap Kacang Hijau

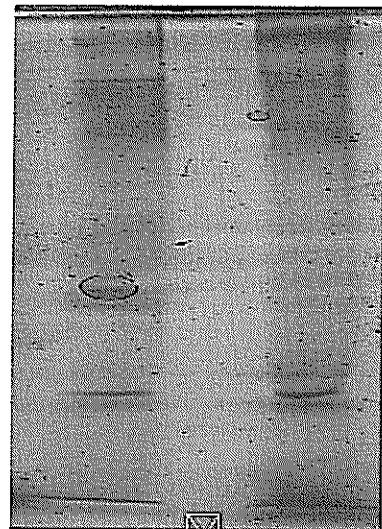
Disiapkan sebanyak 3 buah cawan. Cawan kemudian ditutupi dengan kapas dan kepada tiap-tiap cawan kemudian ditanamkan kacang hijau yang ukurannya kira-kira sama. Selanjutnya pada cawan 1 diberikan air, sedangkan pada cawan 2 dan 3 diberikan pupuk dengan pengenceran 50 dan 200 kali. Setelah itu, Tanaman diamati (7 hari) sampai kacang hijau tumbuh dewasa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Protein Limbah Tahu dengan Elektroforesis SDS-PAGE

Hasil analisis terhadap limbah padat dan cair tahu menggunakan metode elektroforesis SDS-PAGE menunjukkan adanya pita-pita protein pada gel poliakrilamid (Gambar 1). Ini sesuai dengan berbagai penelitian sebelumnya mengenai keberadaan protein pada ampas maupun limbah cair tahu (Sanusi *et al.*, 1996).

Umumnya penelitian terdahulu menyatakan adanya kandungan protein melalui pengukuran N total, tetapi jarang sekali secara detail dan tervisualisasi. Oleh karena itu hasil percobaan elektroforesis SDS-PAGE dapat memvisualisasikan keberadaan protein pada limbah tahu. Hal ini penting terutama untuk pemanfaatan yang berkaitan dengan protein, seperti pada penelitian ini, yaitu mengekstraksi sumber N yang berasal dari protein. Namun demikian, intensitas pita protein hasil SDS-PAGE mengindikasikan perlunya pemekatan jika dilakukan isolasi protein.



Gambar 2. Hasil elektroforesis limbah tahu

Analisis Kadar dan Pemanfaatan protein Limbah Tahu

Protein limbah tahu akan dimanfaatkan sebagai sumber N organik pupuk. Untuk itu perlu informasi kadar protein serta perlakuan yang dapat

memberikan protein maksimal. Kadar protein ditentukan menggunakan metode Bradford (Chang, 1998). Hasil pengukuran menunjukkan kadar protein $0,262 \pm 0,0003$ mg/ml untuk limbah cair dan $1,276 \pm 0,07$ mg/ml limbah padat (Lampiran 1). Hasil ini sesuai dengan intensitas pita yang tipis pada hasil analisis SDS-PAGE.

Limbah Cair Tahu

Umumnya pemekatan protein dilakukan dengan cara presipitasi menggunakan pelarut organik (aseton, alkohol dan sebagainya), zat terlarut seperti amonium sulfat (Torigan, 1981) atau pengendapan protein pada titik isoelektrik (Kusumawardhani, 1994). Pada penelitian ini pemekatan limbah cair dilakukan dengan cara menyimpan limbah cair tahu pada lemari pendingin pada suhu 4°C selama semalam. Proses pengendapan ini didasarkan pada sifat protein globulin yang diduga terdapat pada limbah tahu, yang bersifat tidak larut air. Setelah itu, bagian cairan dan endapannya itu dipisahkan. Endapan yang diperoleh itu kemudian diukur kadar proteinnya dengan menggunakan metode Bradford yang dimodifikasi. Hasil pengukuran kadar protein ($0,753 \pm 0,058$ mg/ml). Hal ini menunjukkan bahwa kadar protein limbah cair tahu yang relatif rendah dapat dipekatkan melalui proses pengendapan dengan penurunan temperatur. Namun demikian kadar ini masih lebih rendah dibandingkan protein limbah padat. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya, sebagai pemanfaatan sumber N organik digunakan limbah padat.

Upaya lain yang dilakukan untuk memekatkan protein limbah cair tahu selain pengendapan biasa adalah dengan mengendapkan protein limbah cair tahu pada titik isoelektriknya yaitu 4,5 dan 7,5 (Kusumawardhani, 1994). Tetapi hasil yang dicapai kurang berhasil dengan baik

Limbah Padat Tahu

Upaya pemekatan protein limbah padat tahu dilakukan dengan menambahkan ampas tahu ke dalam KOH 1N hingga jenuh yang ditandai dengan mulai terbentuknya suspensi. Pemilihan KOH sebagai pelarut didasarkan pada tujuan dari pengaplikasian hasil penelitian ini, yaitu untuk pembuatan pupuk organik dengan sumber hara yang murah dan mudah diperoleh. K

merupakan salah satu unsur hara makro yang diperlukan oleh tanaman dan sangat mempengaruhi tingkat produksi tanaman. K juga penting dalam setiap proses metabolisme tanaman, misalnya dalam proses sintesis asam-amino dan protein dari ion-ion amonium. Selain dibutuhkan oleh tanaman, konsentrasi K dalam tanah juga relatif rendah, yaitu 5 mg/L (Tan, 1996), sehingga penggunaan KOH sebagai pelarut ini sangat tepat, artinya sesuai dengan kebutuhan tanaman dan tanah terhadap unsur tersebut. Adapun pemilihan konsentrasi KOH 1N adalah untuk mencegah banyaknya protein yang akan terhidrolisis pada saat pengukuran. Pada tahap pengaplikasian, konsentrasi KOH yang tidak terlalu tinggi ini penting untuk menjaga pH tanah agar tidak terlalu rendah, karena pada keadaan pH tanah yang terlalu rendah akan menyebabkan ketersediaan unsur-unsur kalium, fosfor, belerang, magnesium, dan molibdinum menurun. Sebaliknya pada keadaan pH terlalu tinggi akan menyebabkan ketersediaan unsur-unsur nitrogen, besi, mangan, borium, tembaga, dan seng menjadi relatif sedikit (Sarief, 1989). Pada tahap ini diketahui bahwa keadaan jenuh terjadi ketika perbandingan ampas tahu dan KOH 1N adalah 3:5.

Kadar protein limbah padat tahu dengan pelarut KOH 1N ($1,359 \pm 0,049$ mg/ml) relatif meningkat. Oleh karena itu perlakuan ini digunakan untuk percobaan selanjutnya.

Pembuatan Pupuk Organik

Ekstrak ampas tahu dalam KOH 1N (3:5) digunakan untuk mengekstraksi bahan pupuk kompos (alof) sebagai bahan pupuk organik. Selama ekstraksi, sampel dikocok setiap 1 jam sekali kemudian didiamkan selama semalam. Dari percobaan diketahui semakin sering dikocok hasilnya semakin baik. Selain itu, tahapan yang penting adalah waktu proses penyaringan harus dilakukan sampai filtrat benar-benar tersaring seluruhnya sehingga tidak banyak N yang tertinggal pada sisa ampas tahu atau endapan alof. Sebelum digunakan, ekstrak alof tersebut diukur kadar N, P dan K nya.

Analisis Kadar N, P dan K Pupuk

Pengukuran kadar N total pupuk dilakukan menggunakan metode Kjeldahl. Hasilnya terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil analisis kadar N total pupuk.

Sampel	Total N(%)	Kadar protein kasar (%)
Alof-1	0,221	1,38
Alof-2	0,161	1,00
Alof-3	0,256	1,60
Rata-rata	0,213±0,014	1,33±0,53

Berdasarkan tabel di atas kadar rata-rata N total adalah 0,21±0,01 % yang setara dengan kadar protein sebesar 1,33%. Nilai ini relatif kecil jika dibandingkan terhadap kadar N pada berbagai pupuk organik lain seperti pupuk kandang dan pupuk kompos. Menurut Tisdale dan Nelson (1965), pupuk kandang biasanya terdiri dari campuran 0,5% N, 0,25% P, dan 0,5% K₂O. Gaur (1982) menyatakan bahwa pupuk kompos yang baik rata-rata mengandung 0,1-0,8% N. Berdasarkan hal ini, maka untuk meningkatkan kadar N organik yang diperoleh dari ampas tahu, perlu penambahan bahan lain yang bertindak sebagai sumber N organik.

Uji kualitatif dan kuantitatif kadar fosfat dalam pupuk dilakukan dengan metode asam askorbat. Hasilnya (Tabel 9) menunjukkan kadar fosfat rata-rata 0,036±0,0002%. Kadar ini relatif lebih kecil dibandingkan kadar P yang biasa terdapat dalam pupuk organik lainnya. Pada pupuk kandang biasanya mengandung 0,05 sampai 0,8%, dan rata-rata mengandung 0,25% P. Oleh karena itu, perlu penambahan sumber fosfat. Untuk itu ditambahkan H₃PO₄ 1N yang berperan meningkatkan kadar P, menurunkan pH, dan bersama-sama KOH dalam pupuk membentuk suatu bufer K₂HPO₄-KH₂PO₄.

Tabel 9. Hasil analisis kadar Fosfat pupuk.

Sampel	Kadar Fosfat (% b/v)
Alof-1	0,043
Alof-2	0,035
Alof-3	0,030
Rata-rata	0,036±0,0002

Uji kualitatif dan kuantitatif kadar kalium pupuk dilakukan dengan metode spektroskopi emisi nyala (Tabel 10).

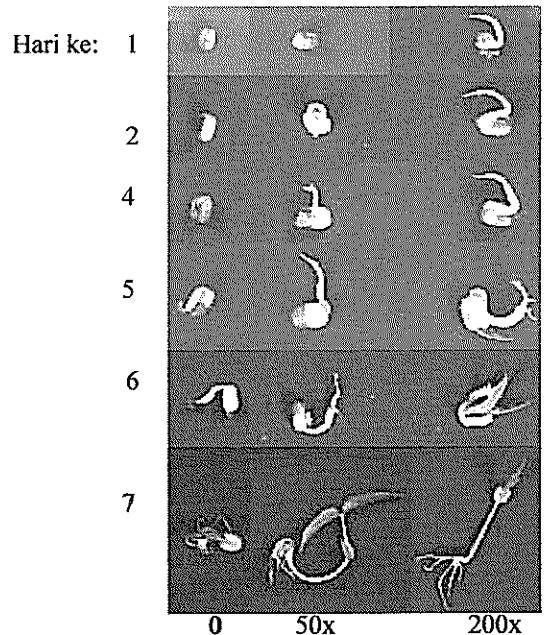
Tabel 10. Hasil analisis kadar K pupuk

Sampel	Kadar K (%)
Alof-1	1,08
Alof-2	0,98
Alof-3	1,10
Rata-rata	1,05±0,02

Terlihat bahwa kadar K relatif tinggi. Hal ini disebabkan pelarut yang digunakan untuk mengekstrak alof adalah KOH 1N. Kadar ini relatif lebih besar dibandingkan dengan berbagai kadar pupuk organik alami seperti pupuk kandang yang rata-rata mengandung 0,5% K₂O. Akan tetapi kadar tersebut relatif lebih kecil jika dibandingkan terhadap pupuk organik yang berasal dari sisa tanaman (>2%). Perbedaan kadar K pada pupuk diduga karena pada waktu penyaringan ada sejumlah K yang terikat pada endapan alof.

Uji Coba Pupuk terhadap Kacang Hijau

Hasil uji coba pupuk terhadap kacang hijau (Gambar 3) menunjukkan bahwa kacang hijau (tauge) yang diberi pupuk pertumbuhannya lebih cepat dari pada yang diberi air.



Gambar 3. Hasil uji coba pupuk organik terhadap pertumbuhan kacang hijau

Keterangan:

- 0 = tanpa penambahan pupuk
 50 x = dengan penambahan pupuk yang diencerkan 50 x
 200 x = dengan penambahan pupuk yang diencerkan 200 x

Akar yang tumbuh pada tauge yang diberi pupuk lebih panjang dari pada yang diberi air. Selain itu, panjang dan jumlah cabang akar juga lebih banyak. Daun tauge yang diberi pupuk, selain lebih lebar juga lebih panjang daripada daun tauge yang hanya diberi air. Batang tauge yang diberi pupuk umumnya juga lebih besar dari batang tauge yang hanya diberi air. Tabel 9 menunjukkan masa pertumbuhan tauge antara yang diberi pupuk dengan yang diberi air.

Tabel 11. Perbandingan masa pertumbuhan tauge antara yang diberi pupuk dan air.

Hari ke-	Pupuk		Air
	50x	200x	
1	x	√	x
2	√√	√√	√
4	√√+	√√+	√
5	√√ ₊ -	√√ ₊ -	√+
6	√√ ₊₊ -	√√ ₊₊₊ -	√+
7	√√ ₊₊₊ -	√√ ₊₊₊₊ -	√ ₊₊ -

Keterangan:

- x : Belum tumbuh
 √ : pertumbuhan akar
 + : pertumbuhan cabang akar
 - : pertumbuhan daun

Unsur N seperti diutarakan oleh Setyamidjaja (1986) selain merangsang pertumbuhan vegetatif juga merangsang pertumbuhan daun karena N salah satu penyusun klorofil. Hal ini ditunjukkan dengan daun tauge yang diberi pupuk yang ukurannya lebih lebar dan panjang. Kenyataan ini juga membuktikan peranan fosfor pada pupuk ampas tahu yang dapat merangsang pertumbuhan akar dan tanaman muda serta mempercepat pembungaan. Peranan K ditunjukkan dengan kebugaran tanaman dan pertumbuhan akar-akar baru serta kecepatan pertumbuhan daun.

Dengan demikian diketahui bahwa adanya unsur-unsur hara seperti N, P dan K pada pupuk ampas tahu mengakibatkan cepatnya

pertumbuhan vegetatif yang meliputi pertumbuhan akar, cabang akar dan daun pada tauge.

SIMPULAN DAN SARAN

SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh selama penelitian ini disimpulkan:

- Limbah cair dan padat tahu masih mengandung protein, terutama limbah padat.
- Kondisi terbaik untuk mendapatkan protein limbah padat tahu adalah dalam 1N KOH.
- Protein dari limbah padat tahu dapat digunakan untuk sumber N organik pupuk.
- Uji coba pupuk terhadap tauge menunjukkan hasil yang positif.

SARAN

Perlu adanya uji lebih lanjut penggunaan pupuk ampas tahu pada berbagai konsentrasi terhadap berbagai tanaman untuk mengetahui kadar optimum dari pupuk yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1991. Kimia Tanah. Jakarta: Dirjen Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- AOAC. 1999. Official Methods of Analysis of AOAC International. The Association of Official Analyticals, Contaminants, Drugs. Vol. I. Gaithersburg: AOAC International.
- Bremner JM. 1965. Soil Nitrogen. Madison: American Society of Agronomy, Inc.
- Chang Sam KC. 1998. Protein Analysis. Di dalam: Nielsen SS, editor. Food analysis. Ed. Ke-2. Gaithersburg: An Aspen Publication.
- Clesceri LS, Greeberg AE, Eaton AD. 1998. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. Ed. Ke-20. Washington: APHA AWWA WEF.



- Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. 1981. Studi Pengembangan Pengolahan Limbah Tahu. Kerja sama Proyek Bimbingan dan Pengembangan Industri Kecil Khusus Golongan Ekonomi Lemah (BIPIK). Bogor: Direktorat Jenderal Industri Kecil dan FATETA IPB..
- Gaur AC. 1983. Organic Fertilizers: Appraisal and Outlook. New Delhi: Asian Productivity Organization.
- Harjadi SS. 1996. Pengantar Agribisnis. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Haryono A. 1997. Penelitian pengolahan limbah air industri tahu dengan proses anaerobik fakultatif. Bull Lit Bang Industri: 23: 21-23.
- Jenie BSL, Helianti, Fardiaz S. 1994. Pemanfaatan ampas tahu, onggok dan dedak untuk produksi pigmen merah oleh *Monascus purpureus*. Bul Teknol dan Industri Pangan: 2: 22-29.
- Kastyanto WFL. 1994. Membuat Tahu. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Kusumawardhani AL. 1994. Pemanfaatan limbah padat industri tahu untuk pembuatan isolat protein. Bull Lit Bang Industri: 2: 1-8.
- Miller DD. 1998. Atomic Absorption and Emission Spectroscopy. Di dalam: Nielsen SS, editor. Food analysis. Ed. Ke-2. Gaithersburg: An Aspen Publication.
- Moertinah S. 1994. Pengelolaan air limbah industri kecil tahu, tempe dan kecap. Bull Lit Bang 17: 15-23.
- Mulyani S. 1994. Pupuk dan Cara Pemupukan. Jakarta: Rineka Cipta.
- Murbandono LHS. 2001. Membuat Kompos. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Musnamar EI. 2003. Pupuk Organik Cair dan Padat, Pembuatan dan Aplikasi. Jakarta. Penebar Swadaya.
- Nasution AH. 1995. Pengantar ke Ilmu-ilmu Pertanian. Bogor: Pustaka Litera AntarNusa.
- Ponis Tarigan. 1983. Kimia Organik Bahan Makanan. Bandung: Penerbit Alumni.
- Prihmantoro H. 1999. Memupuk tanaman buah. Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Rusel EW. 1961. Soil Codition and Plant Growth. Ed-7. London, Longmans Green.
- Sanusi M. Raharjo, Noor ZM, Towolioes, Dase BL. 1996. Penelitian pemanfaatan limbah tahu untuk pakan ternak. Majalah Kimia: 55: 38-45.
- Sajogyo, Goenardi, Roesli S, Harjadi SS, Khumaedi M. 1981. Menuju Gizi Baik yang Merata di Pedesaan dan di Kota. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Skoog DA, West DM, Holler FJ. 1966. Fundamental of Analytical Chemistry. Ed. ke-7. Newyork: Saunders College.
- Soepardi G. 1983. Sifat dan Fisik Tanah. Bogor: Jurusan Tanah FAPET IPB.
- Suprpto HS. 1991. Bertanam Kedelai. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Tan HK. 1996. Soil sampling, Preparation, and Analysis. New York: Marcel Dekker.
- Tisdale SL dan Nelson WL. 1965. Soil Fertility and Fertilizers. New York: Macmillan
- Widhya RS, Dwi K, Brahmana SS. 1994. Pengolahan air limbah industri tahu tempe secara anaerobik. Bul Pusair: 24: 1-9.



Makalah Praktikum/Usaha/Industri

1. Otonomi organisasi sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan suatu organisasi
2. Peranan pemimpin dalam keberhasilan organisasi
3. Peranan struktur organisasi dalam keberhasilan organisasi
4. Peranan proses dalam keberhasilan organisasi
5. Peranan teknologi dalam keberhasilan organisasi
6. Peranan sumber daya manusia dalam keberhasilan organisasi
7. Peranan lingkungan dalam keberhasilan organisasi
8. Peranan modalitas dalam keberhasilan organisasi
9. Peranan manajemen dalam keberhasilan organisasi
10. Peranan kepemimpinan dalam keberhasilan organisasi
11. Peranan komunikasi dalam keberhasilan organisasi
12. Peranan organisasi dalam keberhasilan organisasi

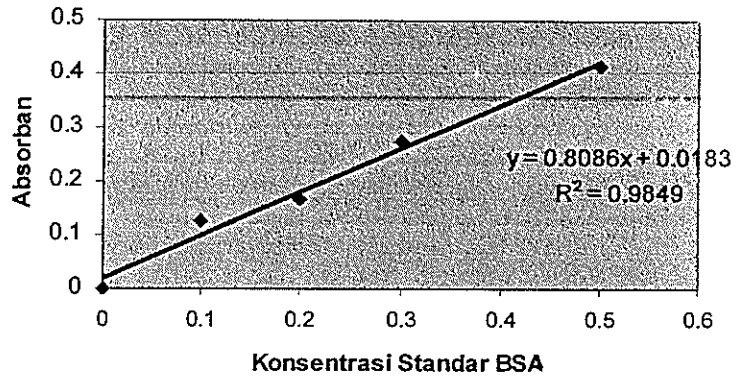
LAMPIRAN

Lampiran I. Hasil penentuan kadar protein limbah cair tahu

Standar

Konsentrasi Standar	Absorban
0,000	0,000
0,100	0,126
0,200	0,166
0,300	0,274
0,500	0,415

Kurva Standar



Sampel

sampel	Absorban	Konsentrasi (mg/ml)
Limbah cair 1	0,230	0,262
Limbah cair 2	0,226	0,257
Limbah cair 3	0,234	0,267
	Rata-rata	0,262±0,0003

Contoh perhitungan

Dari kurva standar diperoleh konsentrasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi sampel} &= \frac{\text{Asampel} - 0,0183}{0,8086} \\ &= \frac{0,230 - 0,0183}{0,8086} \\ &= 0,262 \text{ mg/ml} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk semua sampel

Uji statistik

$$\text{Penyimpangan rata-rata} = \frac{\sum(X_i - X)}{n}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\sum(X_i - 0,262)}{3} \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

$$\text{Simpangan baku} = \frac{\sum(X_i - X)^2}{n-1}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\sum(X_i - 0,262)^2}{3-1} \\ &= 2,5 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

$$\text{Batas galat} = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{9,925 \times 2,5 \times 10^{-5}}{\sqrt{3}} \\ &= 2,87 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

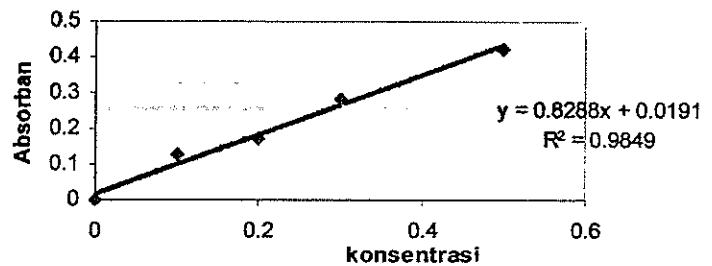
Keterangan: X_i : Hasil penetapan ke-i
 X : Nilai rata-rata penetapan
 n : Jumlah penetapan
 σ : Simpangan baku
 t : Nilai dari tabel "t student"

Lampiran 2. Hasil penentuan kadar protein endapan limbah cair tahu

Standar

Konsentrasi (mg/ml)	Absorban
0,000	0,000
0,100	0,129
0,200	0,171
0,300	0,282
0,500	0,425

Kurva Standar



Sampel

Nama sampel	Absorban	Konsentrasi (mg/ml)
Limbah 1	0,220	0,727
Limbah 2	0,234	0,778
	Rata-rata	0,753±0,058

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi sampel} &= \frac{\text{Asampel} - 0,0191}{0,8288} \times Fp \\
 &= \frac{0,234 - 0,0191 \times 3}{0,8288} \\
 &= 0,778 \text{ mg/ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Simpangan baku} &= \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1} \\
 &= \frac{\sum(X_i - 0,753)^2}{2-1} \\
 &= 0,0013
 \end{aligned}$$

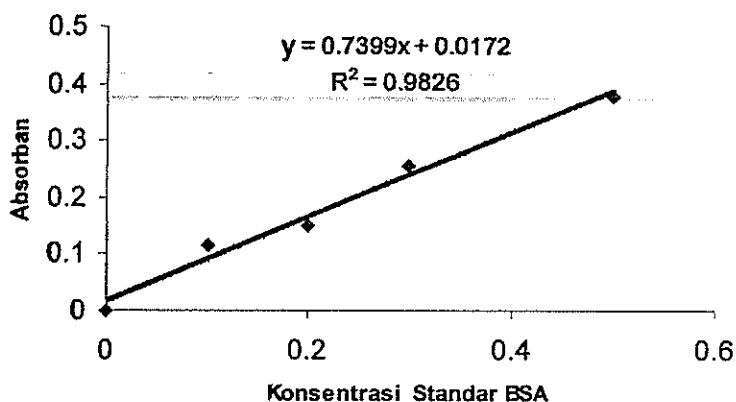
$$\begin{aligned}
 \text{Batas galat (selang kepercayaan 99\%)} &= \frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}} \\
 &= 0,058
 \end{aligned}$$

Lampiran 3. Hasil penentuan kadar protein limbah padat tahu dengan pelarut NaCl.

Standar

Konsentrasi (mg/ml)	Absorban
0,000	0,000
0,100	0,115
0,200	0,151
0,300	0,256
0,500	0,378

Kurva Standar



Sampel

Nama sampel	Absorban	Konsentrasi (mg/ml)
Limbah padat 1	0,361	1,394
Limbah padat 2	0,359	1,386
Limbah padat 3	0,282	1,074
Limbah padat 4	0,325	1,248
Rata-rata		1,276±0,07

Contoh perhitungan

Dari kurva standar diperoleh konsentrasi sampel sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 [\text{sampel}] &= \frac{\text{Asampel} - 0,0172 \times \text{Fp}}{0,7399} \\
 &= \frac{0,361 - 0,0172 \times 3}{0,7399} \\
 &= 1,394 \text{ mg/ml}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk semua sampel

Uji statistik

$$\begin{aligned}
 \text{Penyimpangan rata-rata} &= \frac{\sum X_i - X}{n} \\
 &= \frac{\sum X_i - 0,276}{4} \\
 &= 0,1145
 \end{aligned}$$

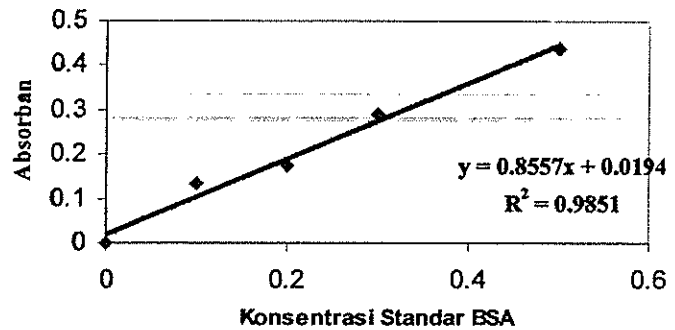
$$\begin{aligned}
 \text{Simpangan baku} &= \frac{\sum (X_i - X)^2}{n-1} \\
 &= \frac{\sum (X_i - 0,276)^2}{4-1} \\
 &= 0,0225
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batas galat (99\% kepercayaan)} &= \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \\
 &= \frac{5,841 \times 0,0225}{\sqrt{4}} \\
 &= 0,07
 \end{aligned}$$

Lampiran 4. Hasil penentuan kadar protein limbah padat dalam KOH jenuh.

Standar	Konsentrasi (mg/ml)	Absorban
	0,000	0,000
	0,100	0,133
	0,200	0,176
	0,300	0,290
	0,500	0,439

Kurva Standar



Sampel

Jenis sampel	Absorban	konsentrasi (mg/ml)
Limbah padat 1	0,434	1,454
Limbah padat 2	0,435	1,457
Limbah padat 3	0,432	1,447
Limbah padat 4	0,276	1,183
Limbah padat 5	0,282	1,163
	Rata-rata	1,359±0,049

Contoh perhitungan

Dari kurva standar diperoleh konsentrasi sampel sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi sampel} &= \frac{A_{\text{sampel}} - 0,0194}{0,8557} \times fp \\ &= \frac{0,434 - 0,0194 \times 3}{0,8557} \\ &= 1,454 \text{ mg/ml} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk semua sampel

$$\text{Penyimpangan rata-rata} = \frac{\sum(X_i - \bar{X})}{n}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\sum(X_i - 1,359)}{5} \\ &= 0,131 \end{aligned}$$

$$\text{Simpangan baku} = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\sum(X_i - 1,359)^2}{5-1} \\ &= 0,0239 \end{aligned}$$

$$\text{Batas galat (99\%kepercayaan)} = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{4,604 \times 0,0239}{\sqrt{5}} \\ &= 0,049 \end{aligned}$$

Lampiran 5. Hasil penentuan kadar N total

Bobot Sampel (g)	Volume HCl (ml)	Protein Kasar (%)	Total N (%)
1,5634	2,4	1,38	0,22
1,5087	1,7	1,01	0,16
1,5240	2,7	1,60	0,26
Rata-rata		1,33± 0,09	0,21±0,01

Contoh perhitungan untuk sampel ke-1 :

$$\%N = \frac{V_{HCl}}{\text{Bobot Sampel}} \times 0,014 \times [HCl] \times 100 \qquad \%N = \frac{2,4 \text{ ml} \times 0,014 \times 0,1005N \times 100}{1,5634 \text{ g}}$$

$$= 0,22\%$$

$$\%protein = 0,22 \times 6,25 = 1,38\%$$

Kadar N total dan Protein hasil perhitungan semua sampel

Uji Statistik

$$\text{Penyimpangan rata-rata (\%N total)} = \frac{\sum Xi - X}{n}$$

$$= \frac{\sum Xi - 0,213}{3}$$

$$= 0,0357$$

$$\text{Simpangan baku} = \frac{\sum (Xi - X)^2}{n-1}$$

$$= \frac{\sum (Xi - 0,213)^2}{3-1}$$

$$= 2,53 \times 10^{-3}$$

$$\text{Batas galat (99\%kepercayaan)} = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{9,925 \times 2,53 \times 10^{-3}}{\sqrt{3}}$$

$$= 0,014$$

$$\text{Penyimpangan rata-rata (\% protein)} = \frac{\sum Xi - X}{n}$$

$$= \frac{\sum Xi - 1,327}{3}$$

$$= 0,218$$

$$\text{Simpangan baku} = \frac{\sum (Xi - X)^2}{n-1}$$

$$= \frac{\sum (Xi - 1,327)^2}{3-1}$$

$$= 0,092$$

$$\text{Batas galat (99\%kepercayaan)} = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}}$$

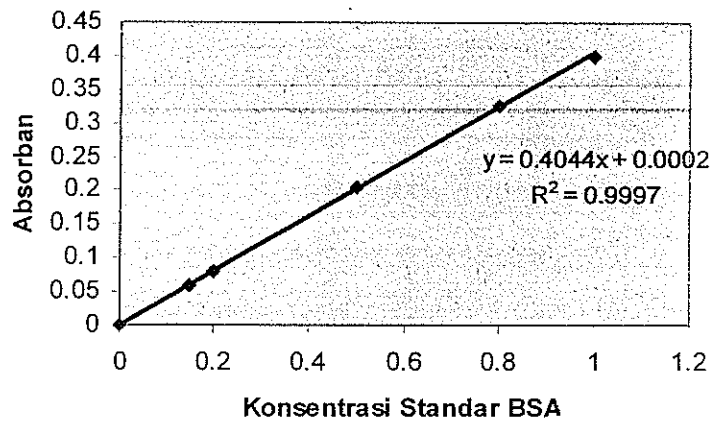
$$= \frac{9,925 \times 0,092}{\sqrt{3}}$$

$$= 0,5$$

Lampiran 6. Hasil penentuan kadar fosfor

Standar	Konsentrasi (ppm)	Absorban standar
	0,00	0,007
	0,15	0,066
	0,20	0,088
	0,50	0,212
	0,80	0,334
	1,00	0,408

Kurva Standar



Sampel

Jenis sampel	Absorban terkoreksi	Konsentrasi (%b/v)
Blanko	0.004	0,0000
Ekstrak alof-1	0.348	0,0430
Ekstrak alof-2	0,288	0,0356
Ekstrak alof-3	0,244	0,0301
	Rata-rata	0,0362±0,00024

Contoh perhitungan

Berdasarkan kurva standard diperoleh konsentrasi P sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi sampel} &= \frac{A_{\text{sampel}} - 0.0002}{0.4044} \\ &= \frac{0.348 - 0.0002}{0.4044} \\ &= 0.8600 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%b/v &= \frac{\text{konsentrasi (ppm)} \times f_p \times V}{1000} \\ &= \frac{0.860 \text{ ppm} \times 500 \times 0.1 \text{ liter}}{1000} \\ &= 0.043\% \end{aligned}$$

Keterangan: f_p : Faktor pengenceran
 V : Volume larutan

Hasil pengukuran semua sampel

Uji Statistik

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan rata-rata} &= \frac{\sum(X_i - \bar{X})}{n} \\ &= \frac{\sum(X_i - 0.0362)}{3} \\ &= 0.0045 \end{aligned}$$

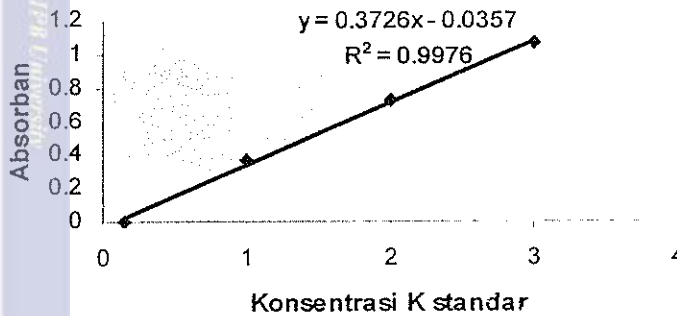
$$\begin{aligned} \text{Simpangan baku} &= \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1} \\ &= \frac{\sum(X_i - 0.0362)^2}{3-1} \\ &= 4.18 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas galat (99\% kepercayaan)} &= \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{9.925 \times 4.18 \times 10^{-5}}{\sqrt{3}} \\ &= 0.00024 \end{aligned}$$

Lampiran 7 Hasil penentuan kadar kalium (K)

Standar K

Nama sampel	Absorban	Konsentrasi (ppm)
Blanko	0,000	0,156
Standar 1	0,364	1,000
Standar 2	0,719	2,000
Standar 3	1,068	3,000



Sampel pupuk organik

Nama sampel	Bobot sampel (g)	Absorban	Konsentrasi sebelum x fp (ppm)	Konsentrasi setelah x fp (ppm)	Konsentrasi (%)
Blanko	-	0,156	0,000		
Alof-1	2,0345	0,839	2,343	10750	1,08
		0,844	2,357	10818	1,08
Alof-2	2,0235	0,770	2,145	9800	0,98
		0,765	2,130	9800	0,98
Alof-3	2,0317	0,855	2,387	10980	1,10
		0,854	2,384	10980	1,10
			Rata-rata	10512	1,05±0,024

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi sampel (\%)} &= \frac{V \times f_{px}(\text{konsentrasi}) \text{ ppm} \times 100\%}{B_s} \\
 &= \frac{0,1 \text{ liter} \times (2,343 - 0,156) \times 100\%}{2034,5 \text{ mg}} \\
 &= 1,075\% \\
 &= 10750 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Simpangan baku} = 4,15 \times 10^{-3}$$

$$\text{Batas Galat} = 0,024$$