

**PENGARUH PENGGUNAAN CAMPURAN
KUNYIT DAN JAHE DALAM BENTUK TEPUNG DAN
TERENKAPSULASI SEBAGAI ADITIF PAKAN
TERHADAP AKTIVITAS ENZIM AMILASE,
PROTEASE DAN LIPASE
USUS HALUS AYAM PEDAGING**

SKRIPSI

Oleh :

**Dyanovita Al kurnia
NIM. 0610520023**



**JURUSAN NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2010**

**PENGARUH PENGGUNAAN CAMPURAN
KUNYIT DAN JAHE DALAM BENTUK TEPUNG DAN
TERENKAPSULASI SEBAGAI ADITIF PAKAN TERHADAP
AKTIVITAS ENZIM AMILASE, PROTEASE DAN LIPASE
USUS HALUS AYAM PEDAGING**

Oleh :

Dyanovita Al Kurnia

NIM. 0610520023



Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
pada Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya

**JURUSAN NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2010**

**PENGARUH PENGGUNAAN CAMPURAN
KUNYIT DAN JAHE DALAM BENTUK TEPUNG DAN
TERENKAPSULASI SEBAGAI ADITIF PAKAN TERHADAP
AKTIVITAS ENZIM AMILASE, PROTEASE DAN LIPASE
USUS HALUS AYAM PEDAGING**

SKRIPSI

Oleh :
Dyanovita Al Kurnia
NIM. 0610520023

Telah dinyatakan lulus dalam ujian Sarjana
Pada Hari/Tanggal : Senin, 15 Februari 2010

Menyetujui
Susunan Tim Penguji

Pembimbing Utama

Dr. Ir Osfar Sjojjan, M.Sc
MP

Tanggal:.....

Tanggal:.....

Pembimbing Pendamping

M. Halim Natsir S.Pt., MP

Tanggal:.....

Anggota Tim Penguji

Abdul Manab S.Pt.,

Malang,
Fakultas Peternakan
Universitas Brawijaya Malang
Dekan,

Prof. Dr. Ir. Hartutik, MP

Tanggal:.....

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lamongan pada tanggal 14 November 1988 sebagai putri pertama dari Bapak Drs Bambang Sutrisno dan Ibu Endang Kusmiyasih S.Pd. Pada tahun 2000 lulus SDN Tumenggungan 1 Lamongan, tahun 2003 lulus SLTPN 3 Lamongan, tahun 2006 lulus SMAN 1 Lamongan. Melalui jalur Seleksi Penerimaan Siswa Berprestasi, penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2006.

Selama menjadi mahasiswa di Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya Malang, penulis pernah aktif dalam Himpunan Mahasiswa Jurusan NMT sebagai pengurus bidang Eksternal periode 2008 – 2009. Penulis juga pernah aktif dalam Panitia Orientasi Mahasiswa periode 2009 – 2010 sebagai Sekretaris. Di bidang akademik penulis pernah menjadi Asisten praktikum matakuliah Rancangan Percobaan dan Biokimia Umum pada tahun 2009.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Yang Maha Kuasa, sehingga dapat terselesaikan penulisan skripsi ini. Penulis juga sangat berterimakasih kepada yang terhormat

1. Bapak Dr. Ir Osfar Sjojfan, M.Sc. selaku Pembimbing Utama sekaligus Ketua Jurusan Nutrisi Makanan Ternak atas saran, bimbingan dan pengarahan selama penelitian hingga penulisan skripsi.
2. Bapak M. Halim Natsir, S.Pt., MP. selaku Pembimbing Pendamping sekaligus Sekertaris Jurusan Nutrisi Makanan Ternak yang telah membantu dalam membimbing dan mengarahkan selama penelitian hingga penulisan skripsi.
3. Bapak Abdul Manab, S.Pt., MP. selaku dosen penguji penulis mengucapkan terima kasih atas masukan dan saran demi kesempurnaan skripsi.
4. Bapak Ngatuwin atas bantuannya dalam pengurusan administrasi selama penulis berada di Fakultas Peternakan Brawijaya Malang.
5. Ayah dan Ibu serta adik Annisa Karina yang telah memberikan doa dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini.
6. Haris Rahman Fauzi atas doa dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
7. Tim curcuma dan lamtoro atas kerjasama yang baik selama penelitian.
8. Teman – teman Nutrisi Makanan Ternak 2006 terima kasih atas saran dan dukungannya selama ini.
9. Teman – teman Kerto Pamuji 25 dan 27 terima kasih atas doanya.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan bidang ilmu peternakan.

Malang, Januari 2010

Penulis,



ABSTRACT**THE INFLUENCE OF USE OF FLOUR AND ENCAPSULATED OF TURMERIC AND GINGER MIXTURE AS FEED ADDITIVES ON ENZYMES ACTIVITY ON BROILER SMALL INTESTIN**

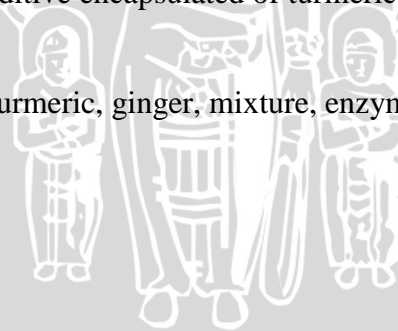
The purpose of this research was to examine the influence of using flour and encapsulated of turmeric and ginger mixture on amylase activity, protease activity and lipase activity on broiler small intestine.

The material used in this research were 160 broilers of 1 day of age, flour and encapsulated of turmeric and ginger mixture. The encapsulant used were maltodextrin 75 %: casein 25 %: BHT 0,075 % from ekstrak of turmeric and ginger mixture 10 %. Broilers were randomly allotted to form of two factor and five level dietary treatments were 0 %, 0,2 %, 0,4 %, 0,6 %, 0,8 % four replications each. The variables observed were amylase activity, protease activity and lipase activity on broiler small intestine. Data were analyzed by using Completely Randomized Design with by nested, if there was significant effect it was followed by Duncan's Multiple Range Test.

The result of this research showed that the use of turmeric and ginger mixture in the form of flour and encapsulated did not differ reality ($P > 0,05$). Influence of level of flour and encapsulated of turmeric and ginger mixture was differ very real ($P < 0,01$) improved amylase activity, protease activity and lipase activity on broiler small intestine.

The conclusion of this research was addition of encapsulated of turmeric and ginger mixture as feed additive to improve amylase activity, protease activity enzyme and lipase activity enzyme on broiler small intestine. The optimally level supplementation of feed additive encapsulated of turmeric and ginger mixture was 0,8 %.

Key words: encapsulated, turmeric, ginger, mixture, enzymes activity, broiler



RINGKASAN

PENGARUH PENGGUNAAN CAMPURAN KUNYIT DAN JAHE DALAM BENTUK TEPUNG DAN TERENKAPSULASI SEBAGAI ADITIF PAKAN TERHADAP AKTIVITAS ENZIM AMILASE, PROTEASE, DAN LIPASE USUS HALUS AYAM PEDAGING

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 28 Juli sampai 2 September 2009 di Laboratorium Lapangan Sumber Sekar, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi sebagai aditif pakan terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase ayam pedaging. Kegunaan dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan informasi dan pertimbangan tentang campuran kunyit dan jahe bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase ayam pedaging. Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 160 ekor ayam pedaging dari strain lohman, campuran kunyit dan jahe bentuk tepung dan terenkapsulasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode percobaan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola tersarang, dimana terdiri dari dua bentuk faktor dan 5 level perlakuan, yaitu penambahan 0 %, 0,2 %, 0,4 %, 0,6 %, 0,8 %. Setiap perlakuan diulang 4 kali dan setiap ulangan diisi 4 ekor. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah aktivitas enzim amilase, protease dan lipase ayam pedaging. Data hasil penelitian dianalisis dengan analisis statistik RAL pola tersarang dan apabila terdapat perbedaan antar perlakuan maka diuji dengan Uji Jarak Berganda Duncan's.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi sebagai aditif pakan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase ayam pedaging. Aktivitas enzim amilase tertinggi terdapat pada B_1L_4 atau terdapat pada perlakuan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi ($108,00 \pm 0,54$ unit/g) dan yang terendah pada perlakuan B_0L_0 ($40,22 \pm 0,68$ unit/g). Aktivitas enzim protease tertinggi terdapat pada B_1L_4 atau terdapat pada perlakuan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi ($433,84 \pm 0,99$ unit/g) dan yang terendah pada perlakuan B_0L_0 ($199,21 \pm 7,92$ unit/g). Aktivitas enzim lipase tertinggi terdapat pada B_1L_4 atau terdapat pada perlakuan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi ($145,51 \pm 10,11$ unit/g) dan yang terendah pada perlakuan B_0L_0 ($276,84 \pm 4,79$ unit/g).

Berdasarkan hasil penelitian penggunaan campuran kunyit dan jahe sebagai aditif pakan dalam bentuk terenkapsulasi lebih optimal jika dibandingkan dengan bentuk tepung dalam meningkatkan aktivitas enzim amilase, enzim protease dan enzim lipase ayam pedaging. Level penggunaan campuran kunyit dan jahe terenkapsulasi dalam pakan sebesar 0,8 % memberikan hasil terbaik dalam meningkatkan aktivitas enzim amilase, protease dan lipase ayam pedaging.

DAFTAR ISI

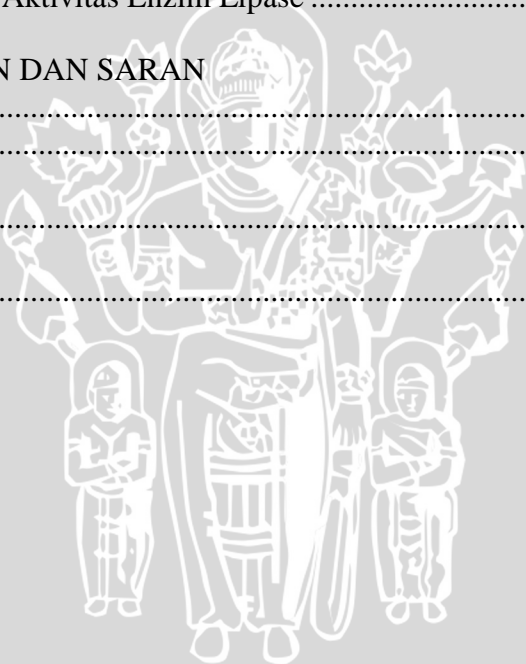
	Halaman
RIWAYAT HIDUP.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT	vii
RINGKASAN	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Kegunaan Penelitian.....	3
1.5 Kerangka Pikir	3
1.6 Hipotesis.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bahan Aditif	6
2.2 Kunyit (<i>Curcuma domestika</i>).....	6
2.3 Jahe (<i>Zingiber officinale</i>).....	8
2.4 Respon Penggunaan Campuran Kunyit dan Jahe Dalam Pakan	10
2.5 Enkapsulasi	13
2.6 Aktivitas Enzim Ayam Pedaging.....	15
BAB III MATERI DAN METODE	
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	19
3.2 Materi Penelitian	19
3.2.1 Ayam Pedaging	19
3.2.2 Kandang dan Peralatan.....	20
3.2.3 Aditif Pakan	20
3.2.4 Pakan Penelitian.....	21
3.3 Metode Penelitian.....	21
3.3.1 Pengambilan <i>Chyme</i> Usus Halus.....	22
3.4 Variabel Penelitian	23
3.5 Analisis Data	24
3.6 Batasan Istilah	24

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim.....	26
4.1.1 Pengaruh Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim Amilase.....	26
4.1.2 Pengaruh Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim Protease	29
4.1.3 Pengaruh Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim Lipase	32
4.2 Pengaruh Level Tersarang pada Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim.....	36
4.2.1 Pengaruh Level Tersarang pada Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim Amilase	37
4.2.2 Pengaruh Level Tersarang pada Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim Protease	40
4.2.3 Pengaruh Level Tersarang pada Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim Lipase	44

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan	47
Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	54



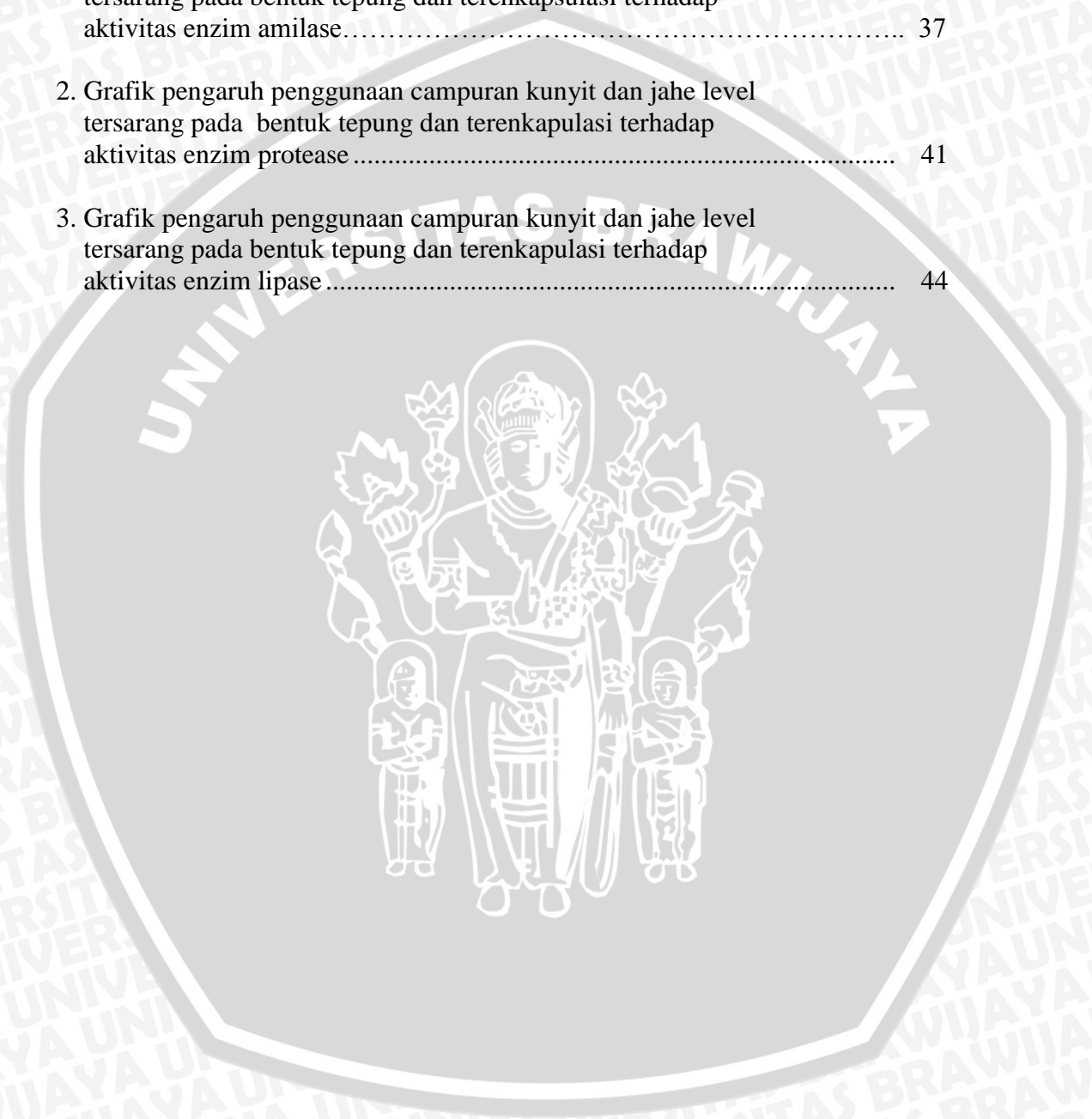
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan kunyit kering.....	7
2. Kandungan jahe kering	9
3. Komposisi pakan basal <i>starter</i> dan <i>finisher</i>	21
4. Kandungan zat makanan pakan basal berdasarkan 100 % BK.....	21
5. Hasil penelitian pengaruh bentuk campuran kunyit dan jahe terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase usus halus ayam pedaging.....	26
6. Hasil penelitian pengaruh level tersarang pada bentuk campuran kunyit dan jahe terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase usus halus ayam pedaging.....	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Grafik pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe level tersarang pada bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim amilase.....	37
2. Grafik pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe level tersarang pada bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim protease.....	41
3. Grafik pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe level tersarang pada bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim lipase.....	44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Proses pembuatan tepung campuran kunyit dan jahe	54
2. Proses pembuatan enkapsulasi campuran kunyit dan jahe.....	55
3. Koofisien keragaman bobot badan (g/ekor) ayam pedaging umur 1 hari yang digunakan sebagai penelitian	56
4. Prosedur uji aktivitas enzim amilase, protease dan lipase menurut <i>United States Patent</i>	61
5. Hasil perhitungan (duplo) aktivitas enzim amilase dalam bentuk tepung.....	64
6. Hasil perhitungan (duplo) aktivitas enzim amilase dalam bentuk terenkapsulasi.....	65
7. Hasil perhitungan (duplo) aktivitas enzim protease dalam bentuk tepung.....	66
8. Hasil perhitungan (duplo) aktivitas enzim protease dalam bentuk terenkapsulasi.....	67
9. Hasil perhitungan (duplo) aktifitas enzim lipase dalam bentuk Tepung.....	68
10. Hasil perhitungan (duplo) aktivitas enzim lipase dalam bentuk terenkapsulasi.....	69
11. Analisis statistik aktivitas enzim amylase.....	70
12. Analisis statistik aktivitas enzim protease.....	74
13. Analisis statistik aktivitas enzim lipase	78
14. Kandungan zat bioaktif level tersarang pada bentuk sumbangan campuran kunyit dan jahe	82

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pakan dalam usaha peternakan merupakan faktor yang membutuhkan biaya yang tinggi yaitu sekitar 60 - 70 % dari seluruh biaya produksi. Biaya produksi dapat ditekan jika efisiensi pakan yang diberikan meningkat. Efisiensi pakan yang tinggi dapat tercapai apabila saluran pencernaan berada dalam kondisi optimal untuk mencerna dan menyerap zat makanan, sehingga produktifitas ayam pedaging dapat meningkat. Indonesia merupakan negara tropis yang sangat potensial bagi perkembangan mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit sehingga menurunkan produksi. Pencegahan penyakit dan pengoptimalan saluran pencernaan banyak dilakukan oleh peternak dengan cara menggunakan aditif pakan antara lain aditif pakan sintetis. Penggunaannya mulai dikurangi karena menimbulkan efek samping bagi konsumen bila mengkonsumsi produk tersebut secara berlebihan. Salah satu usaha yang perlu dilakukan adalah memanfaatkan aditif pakan alami, diantaranya adalah kunyit dan jahe.

Kunyit dan jahe mengandung senyawa aktif dan minyak esensial yang sangat bermanfaat bagi tubuh unggas sehingga dapat digunakan sebagai aditif pakan. Senyawa aktif dalam campuran kunyit dan jahe seperti kurkumin dan oleoresin mengandung enzim amilase, protease dan lipase. Minyak esensial dapat memberikan suasana optimal pada saluran pencernaan dengan cara mengontrol pH saluran pencernaan agar aktivitas enzim berjalan dengan baik. Fungsi kunyit dalam meningkatkan kerja organ pencernaan unggas adalah merangsang dinding kantong empedu mengeluarkan cairan empedu dan merangsang keluarnya getah

pankreas yang mengandung enzim amilase, lipase dan protease yang berguna untuk meningkatkan pencernaan bahan pakan seperti karbohidrat, lemak dan protein (Supriadi, 2001). Jahe juga mengandung dua enzim pencernaan yang sangat penting yaitu protease yang berfungsi memecah protein dan lipase yang berfungsi memecah lemak (Sutinah, 2009). Adanya kandungan enzim pencernaan serta minyak essensial dalam kunyit dan jahe diharapkan mampu memberikan peningkatan terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase.

Kunyit dan jahe diolah menjadi bentuk tepung agar praktis dalam penggunaannya sebagai aditif pakan unggas tetapi diduga efek khasiat dari kunyit dan jahe yang terdapat pada senyawa aktif dan minyak essensial tidak muncul. Hal ini dikarenakan senyawa aktif dan minyak essensial telah hilang dan rusak akibat penggilingan dan pemanasan. Khasiat kunyit dan jahe diharapkan tetap ada dan praktis untuk digunakan serta dapat mencapai usus halus, sehingga diperlukan teknologi proteksi enkapsulasi.

Oleh karena itu, diperlukan penelitian pada pakan yang menggunakan kunyit (*Curcuma domestica*) dan jahe (*Zingiber officinale*) sebagai aditif pakan baik dalam bentuk tepung maupun terenkapsulasi.

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi sebagai aditif pakan terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase ayam pedaging.

1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi sebagai aditif pakan terhadap aktivitas enzim amilase, protease, dan lipase ayam pedaging.

1.4 Kegunaan Penelitian

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan informasi dan pertimbangan tentang penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi sebagai aditif pakan ayam pedaging.

1.5 Kerangka Pikir

Produk pangan yang mengandung aditif pakan sintetis akan ditolak pada era globalisasi, karena adanya persyaratan harus bebas residu dari aditif pakan sintetis pada produk pangan tersebut. Residu adalah bahan sisa yang ditinggalkan dalam jangka waktu yang cukup lama, dimana bahan tersebut sudah tidak efektif lagi untuk digunakan. Kemungkinan hadirnya residu dalam produk yang dihasilkan akan memicu timbulnya penyakit bagi konsumen yang mengonsumsi produk ternak tersebut. Hal ini disebabkan mikroorganisme yang ada dalam tubuh manusia maupun ternak menjadi resisten terhadap antibiotik tertentu. Keadaan demikian terjadi pada peternakan unggas di North Carolina (Amerika Serikat) akibat pemberian aditif pakan sintetis tertentu ternak resisten terhadap Enrofloxacin yang berfungsi membasmi bakteri *Escherichia coli* (Samadi, 2004). Rusiana melaporkan dengan meneliti ayam broiler di Jabotabek mengatakan

bahwa 80 % daging ayam broiler dan 37 % hati ayam tercemar residu penicillin dan kanamicin akibat penggunaan aditif pakan sintetis dalam ransum (Anonymous, 2010). Penggunaan aditif pakan sintetis diantaranya dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pakan. Efisiensi penggunaan pakan akan tercapai apabila proses pemecahan zat makanan yang dilakukan oleh enzim pencernaan dapat meningkat dengan demikian zat makanan dapat diserap tubuh dalam jumlah yang lebih banyak.

Kunyit dan jahe dapat digunakan sebagai solusi permasalahan penggunaan aditif pakan sintetis dalam ransum ternak. Penggunaan aditif pakan alami dari campuran kunyit dan jahe dikarenakan aktifitas biologis kunyit berspektrum luas diantaranya antioksidan, antibakteri dan hipokolestermik, mempunyai sifat kolagogum (peluruh empedu) serta mengandung enzim amilase, protease dan lipase (Agustina, 2006). Jahe selain mengandung minyak atsiri juga mengandung dua enzim pencernaan yang sangat penting, yaitu protease dan lipase (Rismunandar, 1988).

Sifat kolagogum pada kunyit diharapkan dapat menciptakan suasana lebih alkalis dalam *chyme* intestinal karena garam – garam empedu merupakan garam basah yang dapat membantu dalam menciptakan suasana lebih alkalis sehingga aktivitas enzim dapat optimal karena berada pada pH yang tidak terlalu asam (Frandsen, 1992). Penguraian komponen zat makanan kompleks menjadi komponen zat makanan yang lebih sederhana oleh enzim pencernaan untuk dapat diabsorpsi usus halus, dapat ditingkatkan melalui produk - produk enzim yang ditambahkan dalam pakan yang diberikan kepada ternak ayam (Shin, 1998).

Senyawa aktif dan minyak atsiri dalam kunyit dan jahe mudah mengalami kerusakan dan menguap sehingga perlu teknologi untuk mencegah kerusakan dan kehilangan senyawa yang sangat penting tersebut (Koswara, 2000). Salah satu alternatif dalam upaya pemanfaatan aditif pakan alami (kunyit dan jahe) untuk pakan ayam adalah dengan melindungi (proteksi) melalui teknologi enkapsulasi.

Enkapsulasi adalah proses dimana satu atau lebih material dilapisi oleh material lain, baik material yang dilapisi maupun yang melapisi kebanyakan berupa cairan, tapi bisa juga berupa pertikel gas (Risch, 1995). Edris and Bergnstahl (2001) menyatakan bahwa enkapsulasi merupakan teknik proteksi yang sangat penting untuk melindungi senyawa penting dan sensitif didalam suatu bahan.

Maka dari itu diperlukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi sebagai aditif pakan terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase ayam pedaging.

1.6 Hipotesis

1. Penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dalam bentuk tepung dalam meningkatkan aktivitas enzim amilase, protease dan lipase ayam pedaging.
2. Penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi sebagai aditif pakan dapat meningkatkan aktivitas enzim amilase, protease dan lipase ayam pedaging.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Aditif

Bahan aditif adalah bahan yang perlu ditambahkan dalam jumlah relatif sedikit yang kadangkala diperlukan untuk melengkapi pakan yang disusun (Sunarso dan Cristiyanto, 2000). Wahju (1997) menyatakan aditif pakan berasal dari zat non nutrisi yang berfungsi mengoptimalkan produktivitas ayam pedaging. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan aditif pakan adalah spesifikasi tambahan zat makanan yang dibutuhkan ayam, zat tersebut digunakan bersama zat lain atau sendiri, bentuk yang diberikan, waktu pemberian dan penghentian serta biaya yang dikeluarkan.

Koentjoko (1978) menyatakan bahwa aditif pakan dibedakan menjadi 4 macam yaitu: aditif pakan untuk meningkatkan palatabilitas (misalnya: zat pengikat *pellet*, zat pemberi warna harum), aditif pakan untuk membantu proses pencernaan (misalnya: enzim, antibiotika, senyawa arsen dan nitrofurantoin), aditif pakan untuk memenuhi keinginan konsumen (misalnya: karotenoid untuk pigmentasi broiler dan kuning telur) serta aditif pakan untuk meningkatkan metabolisme (misalnya: zat - zat thyroaktif, senyawa estrogen dan hormon).

2.2 Kunyit (*Curcuma domestica*)

Kunyit merupakan tanaman obat berupa semak dan bersifat tahunan (perennial) yang tersebar di seluruh daerah tropis. Tanaman ini banyak dibudidayakan di Asia Selatan khususnya di India, Cina Selatan, Taiwan, Indonesia (Jawa), dan Filipina (Anonymous, 2000). Komponen utama kunyit

adalah pati dengan jumlah berkisar antara 40 – 50 % dari berat kering. Kandungan utama dalam rimpang kunyit yaitu minyak atsiri (ar - tumeron, α dan β - tumeron, tumerol, α - atlanton, β - kariofilen, linalol, 1.8 sineol), kurkumin, resin, oleoresin, desmetoksikurkumin, bidesmetoksikurkumin, damar, gom, lemak, protein, kalsium, fosfor dan besi (Parinussa dan Timotius, 2006). Kandungan zat pada kunyit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan kunyit kering.

Kandungan zat	Jumlah
Kadar minyak atsiri (%)	2,50 – 3,00
Kadar pati (%)	47,81 – 55,03
Kadar serat kasar (%)	2,87 – 3,44
Kadar abu (%)	6,47 – 7,52
Warna minyak	Kuning
Kadar kurkumin (%)	10,92
Glukosa (%)	28
Fruktosa (%)	12
Protein (%)	8

Sumber : Taryono *dkk.*, (1987)

Aktifitas biologis kunyit berspektrum luas diantaranya antioksidan, antibakteri dan hipokolesteremik, mempunyai sifat kolagogum (peluruh empedu) sehingga dapat meningkatkan penyerapan vitamin A, D, E dan K (Sangat dan Rumantyo, 1989). Rimpangnya sangat bermanfaat sebagai antikoagulan dan stimulan (Parinussa dan Timotius, 2006). Kurkumin mempunyai kegunaan sebagai antioksidan, antiinflamasi, efek pencegah kanker serta menurunkan resiko serangan jantung.

Kunyit dalam bentuk tepung dapat digunakan untuk mengoptimalkan organ pencernaan. Menurut Supriadi (2001) fungsi kunyit dalam meningkatkan kerja organ pencernaan unggas adalah merangsang dinding kantong empedu mengeluarkan cairan empedu dan merangsang keluarnya getah pankreas yang mengandung enzim amilase, lipase dan protease yang berguna untuk

meningkatkan pencernaan bahan pakan seperti karbohidrat, lemak dan protein. Zainuddin dan Wibawan (2007) menyatakan penambahan 0,5 – 1 % kunyit pada ayam dapat meningkatkan daya tahan tubuh dan mencegah penyakit pencernaan.

2.3 Jahe (*Zingiber officinale*)

Jahe tergolong tanaman herbal, dapat mencapai ketinggian 40 – 100 cm dan dapat berumur tahunan. Batangnya berupa batang semu yang tersusun dari helaian daun yang pipih memanjang dengan ujung lancip. Bunganya terdiri dari tandan bunga yang berbentuk kerucut dengan kelopak berwarna putih kekuningan akarnya sering disebut rimpang jahe berbau harum dan berasa pedas. Rimpang bercabang tak teratur, berserat kasar, menjalar mendatar. Bagian dalam berwarna kuning pucat (Koswara, 1995).

Menurut Sutinah (2009) jahe mengandung dua enzim pencernaan yang penting yaitu protease yang berfungsi memecah protein dan lipase yang berfungsi memecah lemak. Kedua enzim ini membantu tubuh mencerna dan menyerap makanan. Jahe juga mengandung minyak atsiri dan oleoresin. Komponen dalam oleoresin jahe terdiri atas gingerol dan zingiberen, shagaol, minyak atsiri dan resin. Kandungan minyak atsiri dalam jahe kering sekitar 1 – 3 %. Komponen utama minyak atsiri jahe yang menyebabkan bau harum adalah zingiberen dan zingiberol. Minyak atsiri menyebabkan aroma harum dan oleoresinnya menyebabkan rasa pedas (Koswara, 2009). Thomson *et al.*, (1973) menambahkan pada rimpang jahe mengandung vitamin A, B, C, lemak, protein, pati, asam organik, minyak volatil, fixwl oil, protein, selulosa, pentosa, pati dan elemen mineral. Keseluruhan kandungan tersebut pati terdapat dalam jumlah banyak

sekitar 40 – 60 % dari berat kering jahe. Kertosapoetro (1992) menambahkan bahwa jahe mengandung 0,5 – 5,6 % minyak atsiri, pati sebesar 20 – 60 %, asam organik, oleoresin dan gingerol. Pemberian asam organik tunggal menunjukkan peningkatan penampilan pertumbuhan ayam pedaging (Skinner *et al.*, 1991). Kandungan jahe kering dan kandungan jahe segar dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan jahe kering

Kandungan zat	Jahe kering
Energi (kkal) ¹	1424,0
Protein (g) ¹	9,1
Lemak (g) ¹	6,0
Karbohidrat (g) ¹	70,8
Kalsium (mg) ¹	116
Phosfor (mg) ¹	148
Besi (mg) ¹	12
Vitamin A (mg) ¹	147
Kalsium (mg) ¹	1342
Minyak atsiri ² (%)	0,25 – 3,3
Oleoresin ² (%)	0,59
Pati ² (%)	50

Sumber : ¹ Koswara (1995)
² Rismunandar (1988)

Minyak atsiri pada jahe berkhasiat untuk mengatur keluarnya asam lambung agar tidak berlebihan dan mengurangi pekerjaan usus yang terlalu berat dalam mencerna zat makanan (Darwis *et al.*, 1991). Entong (2007) menjelaskan bahwa secara prelinik baik *in vitro* maupun *in vivo*, jahe telah dibuktikan memiliki efek antimikroba, antifungal, antihelmintik, antioksidatif, antiinflamasi, antitumor, bersifat imunomodulator, antilipidemik, bersifat analgesik, dan memiliki efek perlindungan terhadap saluran pencernaan.

Koswara (2009) menambahkan manfaat jahe antara lain:

- Membantu pencernaan, karena jahe mengandung enzim pencernaan yaitu protease dan lipase, yang masing-masing mencerna protein dan lemak.

- Mencegah mual, karena jahe mampu memblok *serotonin*, yaitu senyawa kimia yang dapat menyebabkan perut berkontraksi, sehingga timbul rasa mual. Termasuk mual akibat mabok perjalanan.
- Jahe juga mengandung antioksidan yang membantu menetralkan efek merusak yang disebabkan oleh radikal bebas di dalam tubuh.

2.4 Respon Penggunaan Campuran Kunyit dan Jahe Dalam Pakan

Berdasarkan hasil penelitian Supriadi (2001) fungsi kunyit dalam meningkatkan kerja organ pencernaan unggas adalah merangsang dinding kantong empedu mengeluarkan cairan empedu dan merangsang keluarnya getah pankreas yang mengandung enzim amilase, lipase dan protease yang berguna untuk meningkatkan pencernaan bahan pakan seperti karbohidrat, lemak dan protein. Sutinah (2009) menyatakan fungsi enzim dalam tubuh ayam adalah memudahkan mencerna dan meningkatkan kapasitas daya cerna. Protease merupakan enzim pencernaan yang berfungsi memecah protein yang dapat dinaikkan aktivitasnya dengan enzim tambahan yang berasal dari pakan.

Komponen utama kunyit adalah pati dengan jumlah antara 40 – 50 % dari berat kering. Kandungan utama dalam rimpang kunyit yaitu minyak atsiri, kurkumin, resin, oleoresin, desmetoksikurkumin, bidesmetoksikurkumin, damar, gom, lemak, protein, kalsium, fosfor dan besi (Parinussa dan Timotius, 2006).

Hasil penelitian Kristiyono (2005) menyatakan perlakuan pakan dengan penambahan kunyit 0,5 % dan jahe 0,5 % mampu meningkatkan retensi protein. Retensi protein menggambarkan jumlah protein yang mampu diserap oleh tubuh. Biasanya dihitung berdasarkan jumlah protein yang ada dalam pakan dikurangi

protein yang keluar dari tubuh yang ikut terbawa dalam ekskreta. Senyawa aktif dalam kunyit dan jahe yaitu kurkumin dan oleoresin bekerja dengan optimal sehingga mempengaruhi peningkatan kerja organ pencernaan yaitu pankreas dan usus halus dalam mencerna dan menyerap protein. Optimalnya fungsi pankreas, menyebabkan produksi getah pankreas yang akan dialirkan ke usus halus akan banyak. Getah pankreas adalah cairan yang mengandung enzim amilase, protease dan lipase.

Hasil penelitian Winarsih (2002) menyatakan bahwa penambahan tepung kunyit (*Curcuma domestika*) pada pakan ayam arab jantan umur 2 minggu sampai 6 minggu dengan level penambahan 0,8 %, 1 % dan 1,2 % memberikan pengaruh terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase. Hasil penelitian Prihantoro (2003) menyatakan bahwa penambahan tepung jahe (*Zingiber officinale*) pada pakan ayam jantan starter dengan level penambahan 3 %, 6 % dan 9 % memberikan peningkatan terhadap enzim amilase.

Kertosapoetro (1992) menyatakan bahwa jahe mengandung 0,5 – 5,6 % minyak atsiri dan mengandung pati 20 – 60 %, asam organik, oleoresin dan gingerol. Pemberian asam organik tunggal menunjukkan peningkatan penampilan pertumbuhan ayam pedaging (Skinner *et al.* 1991).

Menurut Samadi (2004) bahwa penambahan minyak essensial dan sejenisnya dalam pakan ternak dapat meningkatkan produktivitas ternak. Peningkatan produksi ayam pedaging terjadi melalui penciptaan lingkungan yang serasi bagi perkembangan bakteri menguntungkan. Lingkungan yang menguntungkan bagi pertumbuhan bakteri tertentu dapat mengaktifkan serta

merangsang enzim – enzim *endogenous* dan berakibat meningkatkan pencernaan zat makanan dan konsumsi pakan untuk pertumbuhan, produksi dan reproduksi.

Minyak atsiri bekerja yaitu dengan mempengaruhi sistem syaraf, pencernaan, metabolisme, dan kekebalan tubuh. Bau harum yang dihasilkan minyak atsiri adalah berasal dari zingiberen dan zingiberol. Minyak atsiri menyebabkan aroma harum, sehingga konsumsi minyak atsiri yang dicampurkan dalam pakan ternak menstimulasi sistem syaraf pusat yang akhirnya menghasilkan peningkatan nafsu makan. Minyak atsiri selanjutnya menstimulasi produksi cairan pencernaan yang berguna mengontrol pH yang sesuai untuk enzim pencernaan. Pada waktu yang bersamaan terjadi peningkatan aktivitas enzim pencernaan amilase, protease dan lipase dan pengaturan aktivitas mikroba (Kristiyono, 2005).

Minyak atsiri memiliki pH netral yaitu 7 dengan pH yang netral minyak atsiri membantu saluran pencernaan terutama usus halus dalam menetralkan keasaman *chyme* (Yuliani, 2005). Minyak atsiri yang mengontrol asam lambung agar tidak berlebihan dan kekurangan asam lambung menyebabkan isi lambung tidak terlalu asam, sehingga apabila isi lambung masuk ke duodenum maka kerja pankreas yang disekresikan ke duodenum untuk menurunkan keasaman *chyme* semakin cepat dan mengubahnya ke keadaan pH yang sesuai untuk diteruskan ke usus halus untuk diserap (Frandsen, 1992). Pengontrolan asam lambung dimaksudkan agar tercipta suasana optimal pada saluran pencernaan. Kelebihan HCL atau biasa disebut asam lambung akan menimbulkan iritasi pada dinding lambung karena suasana yang terlalu asam. Kekurangan asam lambung akan menyebabkan bakteri pathogen dapat masuk ke dalam usus. Bakteri pathogen umumnya tidak tahan pada keadaan asam (Anonymous, 2005).

Priyanti (2006) menyatakan adanya penggunaan aditif pakan yang mempunyai kandungan bahan mudah menguap dalam bentuk terenkapsulasi akan sangat menguntungkan bagi bakteri non pathogen dan akan menurunkan jumlah bakteri pathogen sehingga pH akan turun dan dapat mengaktifkan serta merangsang produksi enzim *endogenous* yang berakibat meningkatkan kecernaan zat makanan seperti karbohidrat, protein dan lemak. Zhang *et al.*, (2005) menambahkan bahwa penggunaan minyak essensial yang terenkapsulasi 0,1 % dalam pakan dapat menurunkan konversi pakan. Penurunan konversi pakan terjadi karena pakan mampu dimanfaatkan secara optimal untuk produksi dan reproduksi. Peningkatan produksi disebabkan penyerapan zat makanan yang baik karena proses pencernaan meningkat akibat adanya peningkatan aktivitas enzim pencernaan seperti amilase, protease dan lipase.

2.5 Enkapsulasi

Enkapsulasi adalah proses dimana satu atau lebih material dilapisi oleh material lain, baik material yang dilapisi maupun yang melapisi kebanyakan berupa cairan, tapi bisa juga berupa pertikel gas (Risch, 1995). Enkapsulasi bertujuan untuk melindungi komponen bahan pakan yang sensitif, mengurangi kehilangan nutrisi, merubah komponen bahan pakan bentuk cair ke bentuk padat yang lebih mudah ditangani (Dziezak, 1988).

Enkapsulasi berpotensi mengubah bentuk cairan ke bentuk tepung yang stabil dan bersifat *free flowing*, sehingga mudah untuk ditangani dan dimasukkan dalam sistem bahan pangan (Wagner and Wathersen, 1995). Menurut Versic (2000) enkapsulasi dapat melindungi *flavor* dan aroma serta dapat meningkatkan

kelarutan. Enkapsulasi merupakan teknik proteksi yang sangat penting untuk melindungi senyawa penting dan sensitif didalam suatu bahan (Edris and Bergnstahl, 2001).

Teknik enkapsulasi sudah banyak diaplikasikan dalam industri pangan, farmasi, bioteknologi dan industri kimia (Bhandari and D'Arey, 1996). Berdasarkan ukuran bahan aktif, proses enkapsulasi terbagi atas makro enkapsulasi (ukuran bahan lebih besar dari 5000 mikrometer), mikro enkapsulasi (ukuran bahan 0,2 - 5000 mikrometer), dan nano enkapsulasi (ukuran bahan lebih kecil dari 0,2 mikrometer) (Risch, 1995). Bahan atau material yang dilapisi disebut bahan aktif atau bahan inti sedang bahan yang melapisi disebut kulit bahan pembawa atau enkapsulan (Dziezak, 1988). Bahan aktif bisa berupa *flavor*, minyak, mikroorganisme, vitamin, enzim, zat warna dan lain - lain (Bhandari and D'Arey, 1996).

Beberapa metode enkapsulasi sudah cukup banyak dilakukan antara lain *spray drying* atau *extrusion* (Reineccius, 1991) metode lain yang dikembangkan antara lain adalah *coacervation*, *molecular induction via beta cyclodextrin*, *fat encapsulation* dan *cocrystallization*. Setiap proses memberikan hasil yang berbeda pada produk akhirnya. Penggunaan teknik enkapsulasi itu tergantung pada pemanfaatan produk yang dienkapsulasi tersebut dan kondisi proses yang diinginkan (Bhandari and D'Arey, 1996). Versic (2000) menyatakan dalam proses enkapsulasi bahan dilapisi dengan menggunakan teknik tertentu antara lain *spray coating*, *annularjet*, *spinning disc*, *spray cooling*, *spray chilling*, *spray drying*. Metode lain yang dilakukan adalah pengeringan vakum (*vacuum drying*).

Enkapsulasi bertujuan untuk melindungi komponen bahan pakan yang sensitif terhadap kerusakan karena proses oksidasi, mengurangi kehilangan nutrisi dan merubah komponen bahan pakan cair ke bentuk padat yang lebih mudah ditangani, melindungi pigmen dan meningkatkan kelarutan (Shelke, 2006). Bahan enkapsulan yang banyak digunakan adalah maltodekstrin karena bersifat larut dalam air (Rahayuningdyah, 2004), mengalami proses suspensi yang cepat, sifat browning rendah, mampu menghambat kristalisasi dan memiliki daya ikat yang baik (Hui, 1992).

2.6 Aktivitas Enzim Ayam Pedaging

Enzim merupakan katalisator organik yang dihasilkan oleh sel hidup, dimana dalam sel hidup terdapat enzim pencernaan yang dihasilkan oleh mikroorganisme seperti amilase, protease dan lipase (Tilman *dkk.*, 1984). Enzim mempunyai sifat - sifat yang spesifik, dalam hal ini aktivitas enzim dipengaruhi oleh suhu, pH, konsentrasi enzim, substrat dan aktivator (Dwijosapetro, 1984).

Setiaji (1989) menyatakan aktivator berperan mengaktifkan kompleks enzim - substrat, aktivator tersebut diantaranya besi, kalium, kalsium, magnesium, phosphor. Muchtadi *dkk.*, (1992) menyatakan kalsium yang berikatan dengan molekul enzim amilase membuat enzim amilase relatif tahan terhadap suhu, dan perubahan pH yang ekstrim. Kalsium dibutuhkan oleh enzim amilase untuk konformasi optimum bagi aktivitas dan stabilitas maksimumnya. Logam yang dapat mengaktifkan enzim protease diantaranya adalah Mg, Zn, Co, Fe, Hg, Cu, Cd dan Ni (Yamamoto, 1975).

pH saluran pencernaan terutama jejunum sampai ileum juga memberikan pengaruh terhadap aktivitas enzim. Aktivitas enzim amilase dan protease maksimal diperoleh pada pH optimal dengan pH 6 - 7 (Anonymous, 2009). Aktivitas enzim amilase dan protease dapat optimal ketika berada pada pH yang sesuai. pH pada jejunum ayam pedaging adalah 6,5 – 7 dan ileum 7 – 7,5 (Gauthier, 2002).

pH dapat mempengaruhi kerja enzim karena pH akan menyebabkan perubahan struktur intramolekuler enzim dan apabila perubahan terlalu besar dapat terjadi denaturasi, sehingga enzim akan kehilangan aktivitasnya.

Sifat - sifat enzim lipase adalah:

- a. Bergantung asal substratnya, pH dan suhu. Lipase mempunyai pH optimum antara 7 - 9 tergantung pada substratnya.
- b. Keaktifan lipase juga bergantung pada senyawa pengemulsi yang digunakan dan ada tidaknya garam dalam substrat.
- c. Suhu optimum lipase pada umumnya berkisar antara 30 °C sampai 40 °C.
- d. Adanya garam sangat mempengaruhi keaktifan enzim, misalnya adanya garam NaCl, selain itu garam kalsium juga meningkatkan keaktifan enzim lipase dan membantu meningkatkan daya tahan enzim terhadap panas.
- e. Enzim lipase terdapat pada berbagai jaringan seperti pankreas. Lipase juga dapat diperoleh dari biji - bijian, mikroba, kacang - kacang, dan lain - lain. (Anonymous, 1995).

Aktivitas enzim adalah jumlah mol substrat yang diubah oleh enzim per menit per gram atau jumlah berat tertentu bahan yang digunakan untuk enzim. Aktivitas enzim spesifik dapat didefinisikan sebagai jumlah mol substrat yang

diubah per menit per milligram protein enzim (Winarno, 1983). Aktivitas enzim merupakan nilai yang menunjukkan reaksi katalis enzim, dan dapat mengubah substrat menjadi produk (Kemppainen, 2002). Terdapat banyak substrat yang dipakai untuk media pertumbuhan mikroorganisme yang menghasilkan enzim dalam jumlah besar. Substrat - substrat yang dipakai antara lain: ampas tebu, kulit gandum, kulit beras, serbuk tanaman merambat, dan rimpang kunyit, serta jahe. (Pandey, 2008).

Penguraian komponen zat makanan kompleks menjadi komponen zat makanan yang lebih sederhana oleh enzim pencernaan untuk dapat diabsorpsi usus halus, dapat ditingkatkan melalui produk - produk enzim yang ditambahkan dalam pakan yang diberikan kepada ternak ayam (Shin, 1998). Fungsi enzim dalam tubuh ayam adalah memudahkan mencerna dan meningkatkan kapasitas daya cerna. Protease merupakan enzim pencernaan yang berfungsi memecah protein dan lipase berfungsi memecah lemak (Sutinah, 2009) yang dapat dinaikkan aktivitasnya dengan enzim tambahan yang berasal dari pakan.

Hasil penelitian Loffler (1986) menyatakan bahwa protease merupakan enzim proteolitik yang membutuhkan substrat protein untuk aktivitasnya dan pada umumnya titik serangnya adalah ikatan peptida. Enzim lipase bekerja secara spesifik bagi substrat yang memiliki gugus ester dan mengkatalisis hidrolisis dan sintesis bentuk ester dari gliserol dan asam lemak rantai panjang.

Aktivitas enzim pencernaan pada umumnya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor lain antara lain genetis, komposisi pakan dan intake. Intake lebih berpengaruh terhadap produksi dan aktivitas enzim pencernaan. Jumlah pakan dalam saluran pencernaan yang dapat berubah menjadi *chyme* yang mempunyai

kontribusi terhadap kegiatan enzimatis. Keberadaan jumlah *chyme* sebagai perangsang mekanis bagi alat pencernaan berhubungan langsung dengan sintesis dan sekresi enzim (Suthama dan Ardinarsasi, 2006).



BAB III

MATERI DAN METODE

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian percobaan *in vivo* pada ayam pedaging dilaksanakan selama 35 hari mulai tanggal 28 Juli sampai 2 September 2009 di Laboratorium Lapang Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya di Desa Sumber Sekar, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Pembuatan enkapsulasi dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Ternak Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. Analisis proksimat bahan pakan dan pakan dilakukan di Laboratorium Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya Malang. Analisis aktivitas enzim amilase, protease dan lipase dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Muhammadiyah Malang.

3.2 Materi Penelitian

3.2.1 Ayam Pedaging

Ayam pedaging yang digunakan adalah strain *Loghman MB Platinum* produksi PT. Multibreeder Adhirama Indonesia umur 1 hari dengan bobot badan rata – rata $45,15 \pm 3,96$ g/ekor dan memiliki koefisien keragaman 8,77 % (Lampiran 3) sebanyak 160 ekor dan dipelihara selama 35 hari. Ayam pedaging yang dipelihara tidak dibedakan jenis kelaminnya (*unsex*).

3.2.2 Kandang dan Peralatan

Kandang yang digunakan untuk penelitian ini adalah kandang baterai kelompok dengan setiap petak berisi 4 ekor ayam. Tiap petak dilengkapi dengan tempat pakan, tempat minum dan pemanas lampu listrik.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- a) Timbangan O'haus kapasitas 1200 gram dengan ketelitian 0,05 gram yang digunakan untuk menimbang DOC.
- b) Higrometer untuk mengukur suhu dan kelembaban dalam kandang.
- c) Timbangan digital kapasitas 5 kg yang digunakan untuk menimbang pakan dan ayam mulai umur 4 minggu.
- d) Plastik untuk menyimpan sampel pakan.
- e) Peralatan kebersihan meliputi: sapu, lap, ember.
- f) Peralatan analisis proksimat bahan pakan.
- g) Peralatan analisa aktivitas enzim.

3.2.3 Aditif Pakan

Aditif pakan yang digunakan adalah aditif pakan alami yang berasal dari campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi. Bahan enkapsulan yang digunakan adalah maltodekstrin dan kasein dengan perbandingan 75 %: 25 % sebesar 10 % dari penambahan campuran kunyit dan jahe. BHT (*Butylated Hydroxy Toluene*) sebesar 0,075 % ditambahkan dalam campuran kunyit dan jahe adalah sebagai bahan antioksidan untuk menghambat oksidasi lemak. Proses pembuatan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi dapat dilihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2.

3.2.4 Pakan Penelitian

Pakan yang digunakan pada penelitian adalah pakan basal dan ditambah aditif pakan alami sesuai perlakuan. Pakan basal ayam pedaging disesuaikan kebutuhan per fase. Pemberian pakan dan air minum dilakukan secara *adlibitum*. Komposisi pakan basal ayam pedaging periode *starter* dan *finisher* dapat dilihat pada Tabel 3. Kandungan zat makanan pakan basal berdasarkan 100 % BK dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Komposisi pakan basal *starter* dan *finisher*.

Bahan pakan	<i>Starter</i> (%)	<i>Finisher</i> (%)
Jagung	60,00	60,00
Konsentrat	40,00	30,00
Bekatul	-	10,00

Tabel 4. Kandungan zat makanan pakan basal berdasarkan 100 % BK

Kandungan zat makanan	<i>Starter</i> (%)	<i>Finisher</i> (%)
Energi metabolis (Kkal/kg)	3022	3058
Protein kasar (%)	24,05	19,79
Lemak kasar (%)	4,77	5,63
Serat kasar (%)	3,74	3,64
Abu (%)	7,27	5,34

Keterangan: Berdasarkan hasil analisis proksimat dari laboratorium Nutrisi dan Makanan Ternak Universitas Brawijaya Malang

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah percobaan tersarang dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini terdiri dari dua faktor yaitu bentuk campuran kunyit dan jahe serta level penggunaan campuran kunyit dan jahe, bentuk campuran kunyit dan jahe ada dua, yaitu bentuk tepung dan terenkapsulasi. Level penggunaan campuran kunyit dan jahe sebesar 0,2 % : 0,4 % : 0,6 % : dan 0,8 % yang tersarang pada bentuk campuran kunyit dan jahe. Perlakuan yang digunakan ada 10 perlakuan terdiri dari 5 perlakuan pakan dengan penambahan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung serta 5

perlakuan pakan dengan penambahan campuran kunyit dan jahe terenkapsulasi.

Setiap perlakuan diulang 4 kali dan setiap ulangan digunakan 4 ekor ayam.

Adapun pakan perlakuan selengkapnya adalah sebagai berikut:

B₀L₀: Pakan basal tanpa penambahan tepung (kunyit - jahe)

B₀L₁: Pakan basal + tepung (kunyit - jahe) 0,2 %

B₀L₂: Pakan basal + tepung (kunyit - jahe) 0,4 %

B₀L₃: Pakan basal + tepung (kunyit - jahe) 0,6 %

B₀L₄: Pakan basal + tepung (kunyit - jahe) 0,8 %

B₁L₀: Pakan basal tanpa penambahan enkapsulasi (kunyit - jahe)

B₁L₁: Pakan basal + enkapsulasi (kunyit - jahe) 0,2 %

B₁L₂: Pakan basal + enkapsulasi (kunyit - jahe) 0,4 %

B₁L₃: Pakan basal + enkapsulasi (kunyit - jahe) 0,6 %

B₁L₄: Pakan basal + enkapsulasi (kunyit - jahe) 0,8 %

3.3.1 Pengambilan *Chyme* Usus Halus

Ayam pada setiap ulangan dari masing – masing perlakuan dipilih dan dipotong berdasarkan rata – rata bobot badan yang hampir sama. Jumlah total ayam yang dipotong adalah 40 ekor. Digesta (*chyme*) usus dari setiap ulangan dari masing - masing perlakuan diambil untuk dianalisa aktivitas enzim amilase, protease dan lipase. Kandungan usus diambil dari usus halus bagian duodenum hingga ileum. Sampel digesta disimpan langsung pada suhu -70 °C hingga digunakan. Sampel ditimbang \pm 1 g dan ditambahi *Phosphate Buffer Saline* (PBS) 8 ml, dihomogenkan dan dibiarkan selama 1 jam pada suhu 4 °C. Langkah selanjutnya sentrifugasi pada 3000 rpm selama 10 menit (menggunakan sentrifuse

suhu -4°C), bagian *supernatant* dipindahkan untuk dianalisa. *Supernatant* yang diperoleh merupakan enzim ekstrak kasar yang selanjutnya digunakan untuk dianalisa aktivitas enzim amilase, protease dan lipase.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah:

Aktivitas enzim yang dihasilkan (amilase, protease dan lipase) pada usus halus ayam pedaging dihitung berdasarkan jumlah substrat yang dihidrolisa enzim per gram sampel dan dinyatakan dalam unit per gram (Kroghal and Shell, 1989).

1. Aktivitas enzim amilase ayam pedaging

Rumus penentuan aktivitas enzim amilase dengan metode spektrofotometer UV - VIS menurut Rehardani (2003):

$$\text{Aktivitas amilase (unit/dl)} = \frac{\text{Absorbansi} \times F}{F = 213}$$

2. Aktivitas enzim protease ayam pedaging

Rumus penentuan aktivitas enzim protease dengan metode spektrofotometer UV - VIS menurut Puspitarini (2002):

$$\text{Aktivitas protease (unit/l)} = \frac{\text{Absorbansi} \times F}{F = 3361}$$

3. Aktivitas enzim lipase ayam pedaging

Rumus penentuan aktivitas enzim lipase dengan metode spektrofotometer UV - VIS menurut Rehardani (2003):

$$\text{Aktivitas lipase (unit/l)} = \frac{\text{Absorbansi} \times F}{F = 3971}$$

Prosedur uji aktivitas enzim amilase, protease dan lipase dapat dilihat pada Lampiran 4.

3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ditabulasi dengan program excel. Data dianalisis dengan analisis varian (ANOVA) dari Rancangan Acak Lengkap Pola Tersarang. Apabila terdapat perbedaan antar perlakuan dilakukan Uji Jarak Berganda Duncan's.

Model Matematik Rancangan Acak Lengkap Pola Tersarang menurut Steel dan Torrie (1992) adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j(i) + \epsilon_k(ij)$$

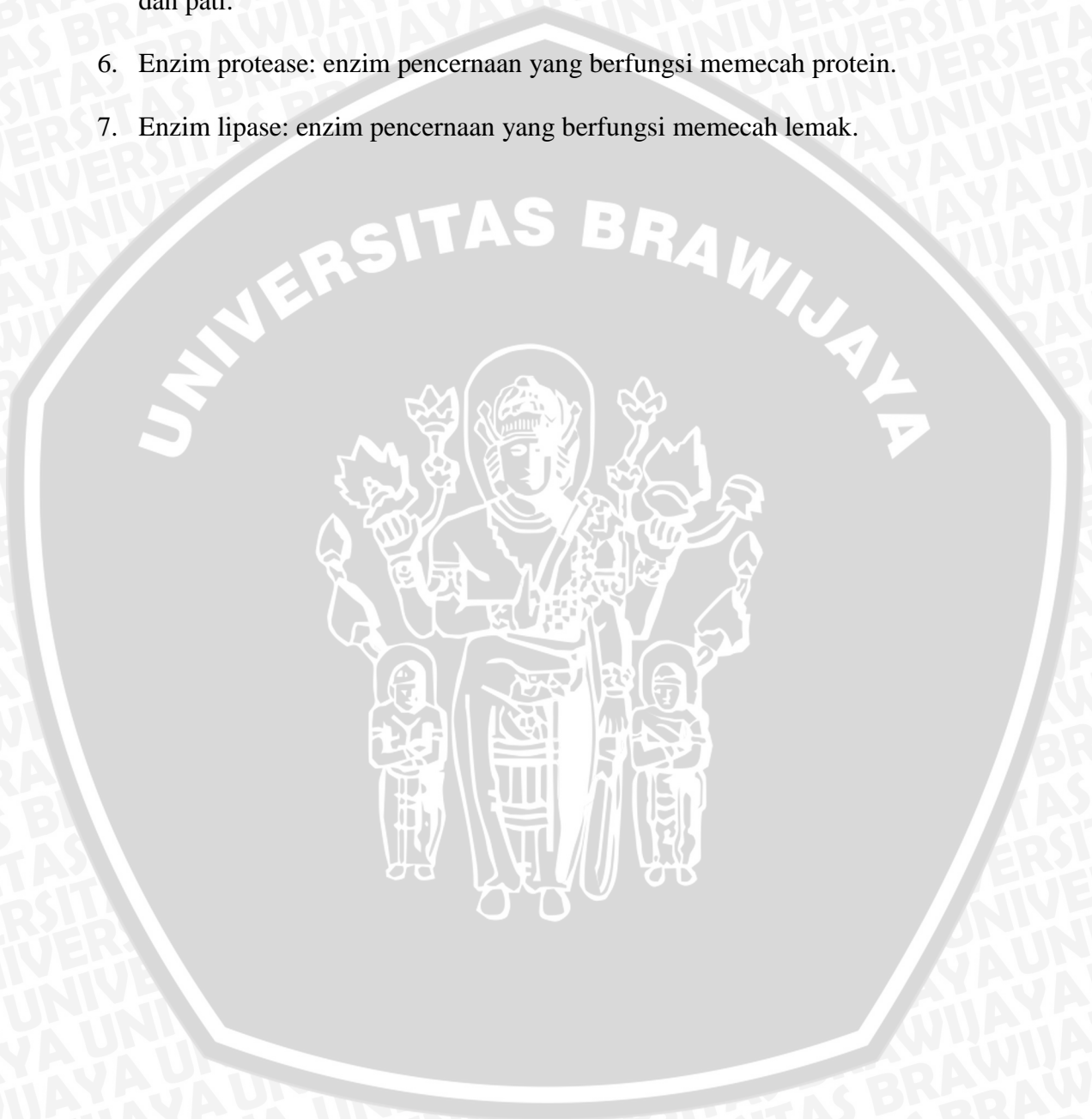
Dimana:

Y_{ijk}	= Hasil pengamatan pada perlakuan
μ	= Nilai tengah umum
α_i	= Pengaruh perlakuan bentuk campuran kunyit dan jahe
$\beta_j(i)$	= Pengaruh perlakuan level penggunaan campuran kunyit dan jahe
$\epsilon_k(ij)$	= Galat percobaan
i	= 1, 2
j	= 1,2,..5
k	= 1,2,3,4

3.6 Batasan Istilah

1. Kunyit: merupakan tanaman jenis jamu – jamuan yang mengandung senyawa kimia yaitu minyak atsiri dan kurkumin.
2. Jahe: salah satu tanaman herbal yang mengandung minyak atsiri, oleoresin beberapa jenis lipida, protein, asam amino dan enzim protease.
3. Enkapsulasi: suatu cara untuk melindungi bahan dari pengaruh lingkungannya, misalnya untuk melindungi bahan dari reaksi oksidasi.

4. Aditif pakan: bahan yang tidak termasuk zat makanan yang ditambahkan dalam jumlah sedikit bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pakan.
5. Enzim amilase: enzim pencernaan yang berfungsi memecah karbohidrat dan pati.
6. Enzim protease: enzim pencernaan yang berfungsi memecah protein.
7. Enzim lipase: enzim pencernaan yang berfungsi memecah lemak.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim

Data hasil penelitian pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi sebagai aditif pakan terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase usus halus ayam pedaging dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil penelitian pengaruh bentuk campuran kunyit dan jahe terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase usus halus ayam pedaging

Perlakuan	Variabel yang diukur		
	Aktivitas enzim amilase (unit/g)	Aktivitas enzim protease (unit/g)	Aktivitas enzim lipase (unit/g)
B ₀	75,47 ± 10,77	312,02 ± 0,84	217,50 ± 3,19
B ₁	80,24 ± 0,43	325,78 ± 4,07	229,56 ± 1,11

4.1.1 Pengaruh Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim Amilase

Rata - rata aktivitas enzim amilase berdasarkan Tabel 5 menunjukkan penggunaan campuran kunyit dan jahe bentuk terenkapsulasi ($80,24 \pm 0,43$ unit/g) cenderung lebih tinggi daripada bentuk tepung ($75,47 \pm 10,77$ unit/g). Untuk mengetahui pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim amilase dilakukan analisis statistik.

Hasil analisis statistik pada Lampiran 11 menunjukkan bahwa penggunaan campuran kunyit dan jahe bentuk tepung dan terenkapsulasi dalam pakan memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap aktivitas enzim amilase. Hal ini dikarenakan komposisi pakan yang diberikan antar perlakuan adalah sama terutama kandungan karbohidrat dan pati. Suthama dan Ardiningsasi (2006)

menyatakan bahwa aktivitas enzim pencernaan pada umumnya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor lain antara lain genetis, komposisi pakan dan intake.

Karbohidrat dan pati dapat menjadi substrat untuk aktivitas enzim amilase. Jumlah substrat yang hampir sama pada bentuk tepung dan terenkapsulasi menyebabkan aktivitas enzim dalam memecah substrat karbohidrat diantara keduanya juga sama. Aktivitas enzim merupakan nilai yang menunjukkan reaksi katalis enzim, dan dapat mengubah substrat menjadi produk (Kempainen, 2002).

Secara numerik terlihat perbedaan aktivitas enzim amilase yaitu pada penggunaan campuran kunyit dan jahe bentuk tepung ($75,47 \pm 10,77$ unit/g) dan penggunaan campuran kunyit dan jahe terenkapsulasi ($80,24 \pm 0,43$ unit/g). Penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi memberikan aktivitas enzim amilase yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung. Kecenderungan tersebut mengindikasikan bahwa bentuk terenkapsulasi dapat dimanfaatkan secara optimal oleh sistem pencernaan ayam pedaging terutama pada usus halus, karena tidak mengalami degradasi sebelumnya. Degradasi karbohidrat baru akan terjadi pada usus halus dikarenakan adanya bahan enkapsulan seperti maltodekstrin yang mempunyai kandungan karbohidrat di dalamnya, sehingga yang tercerna sebelum sampai ke usus halus bukanlah substrat karbohidrat dan zat bioaktif yang terdapat dalam pakan dan campuran kunyit dan jahe melainkan maltodekstrin. Bahan yang mengandung karbohidrat di antaranya dekstrin, maltodekstrin dan gum arab. Bahan yang mengandung protein adalah gelatin, kasein, isolat protein kedele dan whey protein isolat (Montesqrit, 2008).

Penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung tanpa dilakukan proses enkapsulasi komponen pati, senyawa aktif (kurkumin dan oleoresin), dan minyak essential (minyak atsiri) yang terdapat pada campuran kunyit dan jahe lebih banyak hilang karena penguapan, oksidasi dan rekasi kimia yang mungkin terjadi saat *processing*. Hal ini menyebabkan bentuk tepung tidak optimal jika dibandingkan dengan bentuk terenkapsulasi dalam membantu kerja aktivitas enzim amilase jika dibandingkan dalam bentuk terenkapsulasi. Kandungan minyak atsiri campuran kunyit dan jahe bentuk tepung jika dibandingkan bentuk terenkapsulasi lebih rendah yaitu 0,14 %. Kandungan minyak atsiri bentuk terenkapsulasi sebesar 0,34 %. Kandungan kurkumin bentuk tepung sebesar 1,14 %, sedangkan pada bentuk terenkapsulasi didapatkan kandungan kurkumin yaitu 3,17 %. Kandungan oleoresin tepung campuran kunyit dan jahe adalah sebesar 0,22 %, dan pada bentuk enkapsulasi yaitu 0,40 % (Soewignyo, 2009).

Minyak atsiri bekerja yaitu dengan mempengaruhi sistem syaraf, pencernaan, metabolisme, dan kekebalan tubuh. Bau harum yang dihasilkan minyak atsiri adalah berasal dari zingiberen dan zingiberol. Minyak atsiri menyebabkan aroma harum, sehingga konsumsi minyak atsiri yang dicampurkan dalam pakan ternak menstimulasi sistem syaraf pusat yang akhirnya menghasilkan peningkatan nafsu makan. Minyak atsiri selanjutnya menstimulasi produksi cairan pencernaan yang berguna mengontrol pH yang sesuai untuk enzim pencernaan. Pada waktu yang bersamaan terjadi peningkatan aktivitas enzim pencernaan amilase, protease dan lipase dan pengaturan aktivitas mikroba (Kristiyono, 2005).

Minyak atsiri pada campuran kunyit dan jahe dapat mengontrol pH saluran pencernaan sehingga dapat menguntungkan bagi kehidupan bakteri non patogen dan dapat meningkatkan pencernaan zat makanan terutama pati karena enzim amilase sebagai enzim pencerna karbohidrat berada pada pH yang sesuai. pH usus halus pada ayam pedaging penelitian pada bentuk tepung yaitu 6,44 dan terenkapsulasi yaitu 6,63. Aktivitas enzim amilase dan protease maksimal diperoleh pada pH optimal dengan pH 6 - 7 (Anonymous, 2009).

Kurkumin dan oleoresin mengandung enzim amilase. Selain itu mampu merangsang dinding kantung empedu untuk mengeluarkan cairan empedu sehingga dapat memperlancar metabolisme karbohidrat dan pati. Hal ini menyebabkan keberadaan enzim amilase untuk mencerna karbohidrat akan semakin bertambah sehingga aktivitas enzim amilase akan meningkat. Shin (1998) menyatakan penguraian komponen zat makanan kompleks menjadi komponen zat makanan yang lebih sederhana oleh enzim pencernaan untuk dapat diabsorpsi usus halus, dapat ditingkatkan melalui produk - produk enzim yang ditambahkan dalam pakan yang diberikan kepada ternak ayam.

4.1.2 Pengaruh Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim Protease

Rata - rata aktivitas enzim protease berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bahwa penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi ($325,78 \pm 4,07$ unit/g) lebih tinggi daripada bentuk tepung ($312,02 \pm 0,84$ unit/g). Untuk mengetahui pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim protease dilakukan analisis statistik.

Hasil analisis statistik pada Lampiran 12 menunjukkan bahwa penggunaan campuran kunyit dan jahe bentuk tepung dan terenkapsulasi dalam pakan memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap aktivitas enzim protease. Hal ini dikarenakan kandungan zat makanan terutama protein dalam pakan yang diberikan antar perlakuan adalah sama. Wahyu (1997) menyatakan bahwa metabolisme protein dalam tubuh sangat erat hubungannya dengan kandungan protein pakan. Perombakan protein menjadi asam amino dilakukan oleh enzim pemecah protein yaitu protease.

Substrat protein yang hampir sama pada bentuk tepung dan terenkapsulasi menyebabkan aktivitas enzim protease dalam memecah substrat protein diantara keduanya juga sama. Aktivitas enzim merupakan nilai yang menunjukkan reaksi katalis enzim, dan dapat mengubah substrat menjadi produk (Kempainen, 2002).

Secara numerik terlihat perbedaan aktivitas enzim protease yaitu pada penggunaan campuran kunyit dan jahe bentuk tepung ($312,02 \pm 0,84$ unit/g) dan penggunaan campuran kunyit dan jahe bentuk enkapsulasi ($325,78 \pm 4,07$ unit/g). Penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi cenderung meningkatkan aktivitas enzim protease jika dibandingkan dengan penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung. Hal ini disebabkan karena proses enkapsulasi mampu mengoptimalkan fungsi minyak atsiri dan kurkumin serta oleoresin yang berhubungan dengan proses pencernaan dan penyerapan protein dalam tubuh.

Kandungan minyak atsiri campuran kunyit dan jahe bentuk tepung jika dibandingkan dengan bentuk terenkapsulasi lebih rendah yaitu sebesar 0,14 %. Kandungan minyak atsiri bentuk terenkapsulasi sebesar 0,34 %. Kandungan

kurkumin bentuk tepung sebesar 1,14 %, sedangkan pada bentuk terenkapsulasi didapatkan kandungan kurkumin yaitu 3,17 %. Kandungan oleoresin tepung campuran kunyit dan jahe adalah sebesar 0,22 % dan pada bentuk terenkapsulasi yaitu 0,40 % (Soewignyo, 2009).

Rendahnya kandungan minyak atsiri campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung mungkin akibat pemanasan selama proses pengeringan yang menyebabkan penurunan kandungan minyak atsiri, kurkumin serta oleoresin. Sebagian besar senyawa volatil bersifat mudah menguap, mudah mengalami oksidasi dan rekasi kimia. Hal ini menyebabkan minyak atsiri yang mampu mengontrol pH saluran pencernaan, kurkumin dan oleoresin yang mengandung enzim amilase, protease dan lipase tidak mampu mempengaruhi kerja organ pencernaan secara optimal oleh karena itu aktivitas enzim protease juga tidak begitu meningkat. Sutinah (2009) menyatakan fungsi enzim dalam tubuh ayam adalah memudahkan mencerna dan meningkatkan kapasitas daya cerna. Protease merupakan enzim pencernaan yang berfungsi memecah protein yang dapat dinaikkan aktivitasnya dengan enzim tambahan yang berasal dari pakan.

Minyak atsiri memiliki berbagai peranan di dalam pakan unggas. Dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen dan juga berperan di dalam saluran pencernaan unggas. Minyak atsiri dapat mengontrol asam lambung agar tidak berlebihan dan tidak kekurangan, sehingga apabila isi lambung masuk ke duodenum maka kerja pankreas yang disekresikan ke duodenum untuk menurunkan keasaman *chyme* semakin cepat dan mengubahnya ke pH yang sesuai untuk diteruskan ke usus halus untuk diserap (Frandsen, 1992).

Prihantoro (2003) menyatakan kurkumin dan oleoresin dalam pakan dapat menyebabkan peningkatan sekresi pankreas yang berfungsi memecah atau menghidrolisis protein yang berada di *chyme*. Optimalnya fungsi pankreas menyebabkan produksi getah pankreas yang akan dialirkan ke usus halus akan meningkat. Getah pankreas adalah cairan yang mengandung enzim protease dan karboksi peptidase yang berfungsi meneruskan pencernaan protein. Enzim pemecah protein yang dialirkan ke usus halus semakin banyak maka proses pencernaan protein semakin meningkat akibat adanya peningkatan aktivitas enzim protease. Thompson *et al.*, (1973) menambahkan bahwa rimpang jahe juga merupakan enzim proteolitik yang termasuk golongan *thiol proteinase* yang mempunyai gugus *sulfidehidril* bebas, sedangkan secara umum fungsi enzim dalam tubuh ayam adalah mencerna dan meningkatkan kapasitas daya cerna sehingga dapat diperoleh zat pakan lebih banyak untuk bobot badan.

Zhang *et al.*, (2005) menyatakan bahwa penggunaan minyak essensial yang terenkapsulasi 0,1 % dalam pakan dapat menurunkan konversi pakan. Penurunan konversi pakan terjadi karena pakan mampu dimanfaatkan secara optimal untuk produksi dan reproduksi. Peningkatan produksi disebabkan penyerapan zat makanan yang baik karena proses pencernaan meningkat akibat adanya peningkatan aktivitas enzim pencernaan seperti amilase, protease dan lipase.

4.1.3 Pengaruh Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim Lipase

Rata - rata aktivitas enzim lipase berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bahwa penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi

($229,56 \pm 1,11$ unit/g) lebih tinggi daripada bentuk tepung ($217,50 \pm 3,19$ unit/g).

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim lipase dilakukan analisis statistik.

Hasil analisis statistik pada Lampiran 13 menunjukkan bahwa penggunaan campuran kunyit dan jahe bentuk tepung dan terenkapsulasi dalam pakan memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap aktivitas enzim lipase. Hal ini disebabkan selain jumlah pakan, kandungan substrat protease antar perlakuan adalah sama, campuran kunyit dan jahe adalah sebagai aditif pakan alami yang berasal dari tanaman herbal, yang mampu memberikan suasana optimal untuk aktivitas enzim lipase. Widodo (2002) menyatakan bahwa penggunaan ramuan herbal akan meningkatkan daya tahan tubuh karena mengandung zat bioaktif yaitu zat yang dapat memperbaiki kerja sistem hormonal khususnya metabolisme karbohidrat dan memetabolisir lemak dalam tubuh. Street (1983) yang disitasi Andajani *dkk.*, (1995) menyatakan bahwa tinggi rendahnya aktivitas enzim lipase sangat ditentukan oleh banyak sedikitnya substrat dan jenis maupun jumlah mikroorganisme penghasil enzim lipase.

Secara numerik terlihat perbedaan aktivitas enzim lipase yaitu pada penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung ($217,50 \pm 3,19$ unit/g) dan penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi ($229,56 \pm 1,11$ unit/g). Penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi cenderung meningkatkan aktivitas enzim lipase jika dibandingkan dengan penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung. Kandungan minyak atsiri campuran kunyit dan jahe bentuk tepung jika dibandingkan dengan bentuk terenkapsulasi lebih rendah yaitu sebesar 0,14 %. Kandungan minyak atsiri

bentuk terenkapsulasi sebesar 0,40 %. Kandungan kurkumin bentuk tepung sebesar 1,14 %, sedangkan pada bentuk terenkapsulasi didapatkan kandungan kurkumin yaitu 3,17 %. Kandungan oleoresin tepung campuran kunyit dan jahe adalah sebesar 0,22 %, dan pada bentuk terenkapsulasi yaitu 0,40 % (Soewignyo, 2009). Hal ini disebabkan campuran kunyit dan jahe mengandung zat bioaktif yang terlindungi oleh enkapsulan akan tepat terurai pada usus halus, tanpa mengalami peluruhan pada saluran pencernaan lain sebelumnya, sedangkan kunyit dan jahe bentuk tepung telah terdegradasi dan telah tercampur pakan lain sebelum sampai ke usus halus.

Substrat lemak yang terkandung dalam campuran kunyit dan jahe terenkapsulasi dapat langsung bekerja pada usus halus sehingga dapat menjadi substrat tambahan yang baik untuk aktivitas enzim lipase. Ini sesuai dengan pendapat Street (1983) yang disitasi Andajani *dkk.*, (1995) yang menyatakan bahwa tinggi rendahnya aktivitas enzim lipase sangat ditentukan oleh banyak sedikitnya substrat dan jenis maupun jumlah mikroorganisme penghasil enzim lipase.

Enkapsulasi campuran kunyit dan jahe dapat menjadi jawaban atas permasalahan penyerapan campuran kunyit dan jahe di dalam tubuh. Enkapsulasi dapat melindungi zat bioaktif dalam campuran kunyit dan jahe, dimana zat bioaktif dapat membantu usus halus dalam menciptakan suasana optimal bagi sistem pencernaan maka aktivitas enzim untuk memecah zat makanan bekerja lebih baik (Daniells, 2009).

Penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung telah mengalami *prosessing* yang memudahkan hilangnya kandungan minyak atsiri,

kurkumin dan oleoresin didalamnya karena tanpa dilakukan proses proteksi. Selain itu sebelum mencapai usus halus pada daerah proventrikulus dan gizzard minyak atsiri, kurkumin dan oleoresin telah terurai. Hal ini disebabkan pada daerah tersebut memiliki pH yang sangat rendah sehingga campuran kunyit dan jahe yang ditambahkan dalam pakan akan terlarut bersama HCL dan enzim yang dikeluarkan oleh proventrikulus sehingga akan mengurangi kerja dari campuran kunyit dan jahe yang mengandung enzim lipase. Proventrikulus dihasilkan asam klorida (HCL) yang memiliki pH rata – rata sekitar 1,8, sedangkan pada gizzard pH rata – rata sekitar 2,5 (Moran, 1982). Aktivitas enzim amilase dan protease maksimal diperoleh pada pH optimal dengan pH 6 - 7 (Anonymous, 2009).

Minyak atsiri bekerja yaitu dengan mempengaruhi sistem syaraf, pencernaan, metabolisme, dan kekebalan tubuh. Bau harum yang dihasilkan minyak atsiri adalah berasal dari zingiberen dan zingiberol. Minyak atsiri menyebabkan aroma harum, sehingga konsumsi minyak atsiri yang dicampurkan dalam pakan ternak menstimulasi sistem syaraf pusat yang akhirnya menghasilkan peningkatan nafsu makan. Minyak atsiri selanjutnya menstimulasi produksi cairan pencernaan yang berguna mengontrol pH yang sesuai untuk enzim pencernaan. Pada waktu yang bersamaan terjadi peningkatan aktivitas enzim pencernaan amilase, protease dan lipase dan pengaturan aktivitas mikroba (Kristiyono, 2005).

Minyak atsiri yang mengontrol asam lambung agar tidak berlebihan dan kekurangan asam lambung menyebabkan isi lambung tidak terlalu asam, sehingga apabila isi lambung masuk ke duodenum maka kerja pankreas yang disekresikan ke duodenum untuk menurunkan keasaman *chyme* semakin cepat dan mengubahnya ke keadaan pH yang sesuai untuk diteruskan ke usus halus untuk

diserap (Frandsen, 1992). Thomson *et al.*, (1973) menambahkan pada rimpang jahe mengandung vitamin A, B, C, lemak, protein, pati, asam organik, minyak volatil, fixwl oil, dan elemen mineral. Supriadi (2001) menyatakan fungsi kunyit dalam meningkatkan kerja organ pencernaan unggas adalah merangsang dinding kantong empedu mengeluarkan cairan empedu dan merangsang keluarnya getah pankreas yang mengandung enzim amilase, lipase dan protease.

4.2 Pengaruh Level Tersarang pada Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim

Data hasil penelitian pengaruh level penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim amilase, aktivitas enzim protease dan aktivitas enzim lipase usus halus ayam pedaging ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil penelitian pengaruh level tersarang pada bentuk campuran kunyit dan jahe terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase usus halus ayam pedaging

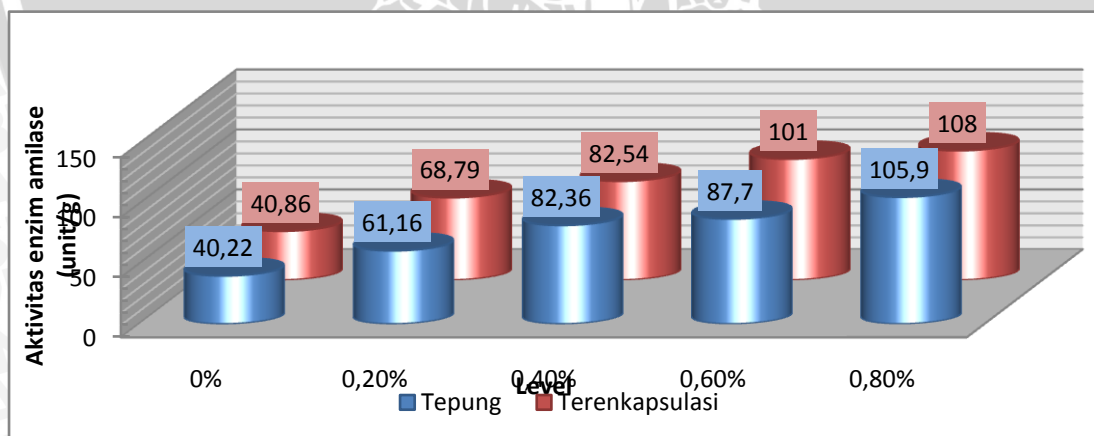
Perlakuan	Variabel		
	Aktivitas enzim amilase (unit/g)	Aktivitas enzim protease (unit/g)	Aktivitas enzim lipase (unit/g)
B ₀ L ₀	40,22 ± 0,68 ^a	199,21 ± 7,92 ^a	145,51 ± 10,11 ^a
B ₀ L ₁	61,16 ± 1,15 ^b	258,10 ± 7,47 ^b	204,56 ± 7,84 ^b
B ₀ L ₂	82,36 ± 1,34 ^c	297,14 ± 9,17 ^c	229,85 ± 3,95 ^c
B ₀ L ₃	87,70 ± 25,13 ^c	384,21 ± 8,33 ^d	247,30 ± 1,99 ^d
B ₀ L ₄	105,90 ± 1,05 ^d	421,42 ± 6,96 ^e	260,27 ± 5,71 ^e
B ₁ L ₀	40,86 ± 1,40 ^a	200,88 ± 2,73 ^a	147,37 ± 5,11 ^a
B ₁ L ₁	68,79 ± 0,74 ^b	272,03 ± 3,38 ^b	222,02 ± 5,00 ^b
B ₁ L ₂	82,54 ± 1,53 ^b	318,36 ± 6,58 ^c	238,24 ± 3,19 ^c
B ₁ L ₃	101,00 ± 1,21 ^c	403,77 ± 11,31 ^d	263,35 ± 2,75 ^d
B ₁ L ₄	108,00 ± 0,54 ^c	433,84 ± 0,99 ^e	276,84 ± 4,79 ^e

Keterangan: Superskrip yang berbeda (a - e) pada kolom dan bentuk yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda sangat nyata (P<0,01)

4.2.1 Pengaruh Level Tersarang pada Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim Amilase

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa aktivitas enzim amilase tertinggi pada perlakuan B₁L₄ dengan level 0,8 % ($108,00 \pm 0,54$ unit/g) dan yang terendah pada perlakuan B₀L₀ dengan level 0 % ($40,22 \pm 0,68$ unit/g). Untuk mengetahui pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim amilase dilakukan analisis statistik.

Analisis statistik pada Lampiran 11 menunjukkan bahwa level penggunaan campuran kunyit dan jahe tersarang dalam bentuk tepung maupun terenkapsulasi memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap aktivitas enzim amilase. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi level penggunaan campuran kunyit dan jahe baik dalam bentuk tepung maupun terenkapsulasi maka semakin tinggi pula aktivitas enzim amilase. Grafik pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung maupun terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim amilase dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe level tersarang pada bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim amilase

Berdasarkan Gambar 1 untuk setiap peningkatan level penggunaan campuran kunyit dan jahe didapatkan aktivitas enzim amilase yang semakin

meningkat pula baik pada bentuk terenkapsulasi maupun tepung. Hal ini disebabkan kandungan minyak atsiri, kurkumin, ataupun oleoresin meningkat jumlahnya dengan semakin bertambahnya level. Prosentase kandungan zat bioaktif pada campuran kunyit dan jahe untuk setiap level perlakuan dapat dilihat pada Lampiran 14.

Aktivitas enzim amilase tertinggi pada perlakuan dengan penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung yaitu pada perlakuan B₀L₄, diikuti oleh B₀L₃, B₀L₂, B₀L₁ dan yang terendah pada perlakuan tanpa penggunaan campuran kunyit dan jahe B₀L₀. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi level penggunaan campuran kunyit dan jahe maka semakin tinggi pula aktivitas enzim amilase. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Winarsih (2002) yang menyatakan bahwa penambahan tepung kunyit (*Curcuma domestika*) pada pakan ayam arab jantan umur 2 minggu sampai 6 minggu dengan level penambahan 0,8 %, 1 % dan 1,2 % memberikan pengaruh terhadap aktivitas enzim amilase, protease dan lipase. Hasil penelitian Prihantoro (2003) menyatakan bahwa penambahan tepung jahe (*Zingiber officinale*) pada pakan ayam jantan starter dengan level penambahan 3 %, 6 % dan 9 % memberikan peningkatan terhadap enzim amilase.

Aktivitas enzim amilase tertinggi pada perlakuan penggunaan campuran kunyit dan jahe terenkapsulasi yaitu pada B₁L₄, diikuti oleh B₁L₃, B₁L₂, B₁L₁ dan yang terendah pada perlakuan tanpa penggunaan campuran kunyit dan jahe B₁L₀. Semakin tinggi level penggunaan campuran kunyit dan jahe maka semakin tinggi pula aktivitas enzim amilase. Peningkatan aktivitas enzim amilase yang berbeda pada setiap level penggunaan campuran kunyit dan jahe disebabkan jumlah

minyak atsiri, kurkumin dan oleoresin yang berbeda pula sesuai dengan peningkatan level penggunaan campuran kunyit dan jahe.

Adanya minyak atsiri terenkapsulasi pada campuran kunyit dan jahe mampu memberikan suasana optimal pada kondisi pH usus halus ayam pedaging penelitian karena tidak tercampur dengan bahan pakan lain dimana di daerah mulut sudah terjadi reaksi mekanik yang kemudian dilanjutkan pada daerah gizzard dan proventrikulus yang sudah terjadi reaksi enzimatik sehingga akan mengurangi kerja minyak atsiri untuk dapat mengoptimalkan aktivitas enzim amilase. Degradasi karbohidrat baru akan terjadi pada usus halus dikarenakan adanya bahan enkapsulan seperti maltodekstrin yang mempunyai kandungan karbohidrat di dalamnya, sehingga yang tercerna sebelum sampai ke usus halus bukanlah substrat karbohidrat dan zat bioaktif yang terdapat dalam pakan dan campuran kunyit dan jahe melainkan maltodekstrin. Montesqrit (2008) menyatakan bahan yang mengandung karbohidrat di antaranya dekstrin, maltodekstrin dan gum arab. Bahan yang mengandung protein adalah gelatin, kasein, isolat protein kedele dan whey protein isolat. Dinding enkapsulan didesain dapat mengontrol pelepasan bahan yang dienkapsulasi pada suatu kondisi tertentu yang diinginkan.

pH usus halus ayam pedaging penelitian bentuk terenkapsulasi yaitu antara 6,63 yang sesuai untuk aktivitas enzim amilase. Perbaikan jumlah substrat pati dan enzim amilase yang terdapat pada kurkumin dan oleoresin dengan adanya teknologi enkapsulasi dapat mempengaruhi aktivitas enzim amilase karena akan tepat terurai pada usus halus. Shin (1998) menyatakan bahwa penguraian komponen zat makanan kompleks menjadi komponen zat makanan yang lebih sederhana oleh enzim pencernaan untuk dapat diabsorpsi usus halus, dapat

ditingkatkan melalui produk - produk enzim yang ditambahkan dalam pakan yang diberikan kepada ternak ayam.

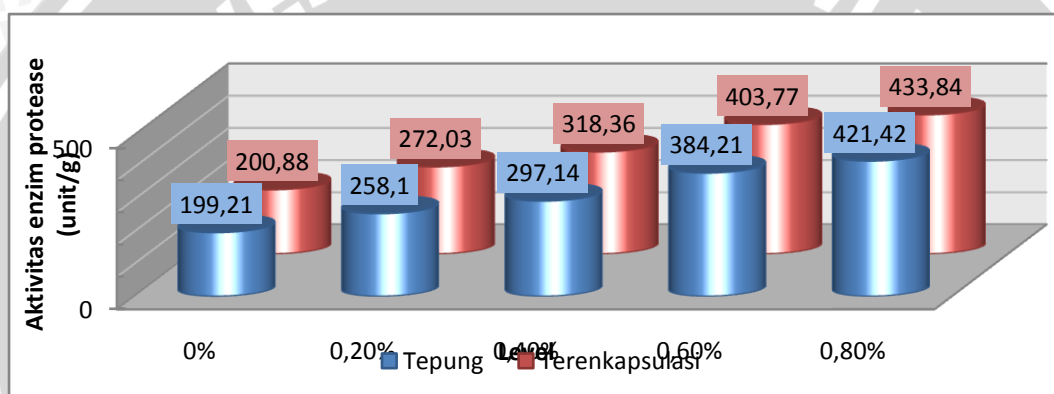
Minyak atsiri pada jahe berkhasiat untuk mengatur keluarnya asam lambung agar tidak berlebihan dan mengurangi pekerjaan usus yang terlalu berat dalam mencerna zat makanan (Darwis *et al.*, 1991). Minyak atsiri yang mengontrol asam lambung agar tidak berlebihan dan kekurangan asam lambung menyebabkan isi lambung tidak terlalu asam, sehingga apabila isi lambung masuk ke duodenum maka kerja pankreas yang disekresikan ke duodenum untuk menurunkan keasaman *chyme* semakin cepat dan mengubahnya ke keadaan pH yang sesuai untuk diteruskan ke usus halus untuk diserap (Frandsen, 1992).

Priyanti (2006) menyatakan adanya penggunaan aditif pakan yang mempunyai kandungan bahan yang mudah menguap dalam bentuk terenkapsulasi akan sangat menguntungkan bagi bakteri non pathogen dan akan menurunkan jumlah bakteri pathogen sehingga pH akan turun dan dapat mengaktifkan serta merangsang produksi enzim – enzim *endogenous* yang berakibat meningkatkan pencernaan zat makanan seperti karbohidrat, protein dan lemak.

4.2.2 Pengaruh Level Tersarang pada Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim Protease

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa aktivitas enzim protease tertinggi pada perlakuan B₁L₄ dengan level 0,8 % ($433,84 \pm 0,99$ unit/g) dan terendah pada perlakuan B₀L₀ dengan level 0 % ($199,21 \pm 7,92$ unit/g). Untuk mengetahui pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim protease dilakukan analisis statistik.

Analisis statistik pada Lampiran 12 menunjukkan bahwa level penggunaan campuran kunyit dan jahe tersarang dalam bentuk tepung maupun terenkapsulasi memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap aktivitas enzim protease. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi level penggunaan campuran kunyit dan jahe baik dalam bentuk tepung maupun terenkapsulasi semakin tinggi pula aktivitas enzim protease. Grafik pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe bentuk tepung maupun terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim protease dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe level tersarang pada bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim protease

Berdasarkan Gambar 2 untuk setiap peningkatan level pemberian campuran kunyit dan jahe didapatkan aktivitas enzim protease yang semakin meningkat pula baik pada bentuk enkapsulasi maupun tepung. Hal ini disebabkan kandungan minyak atsiri, kurkumin, ataupun oleoresin meningkat jumlahnya dengan semakin bertambahnya level. Prosentase kandungan zat bioaktif pada campuran kunyit dan jahe untuk setiap level perlakuan dapat dilihat pada Lampiran 14.

Aktivitas enzim protease tertinggi pada perlakuan penggunaan campuran kunyit dan jahe bentuk tepung yaitu pada perlakuan B₀L₄, diikuti oleh B₀L₃, B₀L₂,

B₀L₁ dan yang terendah pada perlakuan tanpa penggunaan campuran kunyit dan jahe B₀L₀. Semakin tinggi level penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung maka semakin tinggi pula aktivitas enzim protease nya. Hal ini sesuai dengan pendapat Herwintono (2000) yang menyatakan bahwa penambahan tepung kunyit dan jahe dalam jumlah yang tepat mempunyai keterkaitan secara langsung maupun tidak langsung terhadap proses pencernaan baik secara fisik, kimiawi, ataupun biologis karena hal ini akan melibatkan sekresi enzim protease.

Aktivitas enzim protease tertinggi pada perlakuan penggunaan campuran kunyit dan jahe terenkapsulasi yaitu pada perlakuan B₁L₄, diikuti oleh B₁L₃, B₁L₂, B₁L₁ dan yang terendah pada perlakuan tanpa penggunaan campuran kunyit dan jahe B₁L₀. Semakin tinggi level penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi maka semakin tinggi pula aktivitas enzim protease. Hal ini disebabkan karena campuran kunyit dan jahe yang terproteksi kandungan protein, senyawa aktif, minyak atsiri, kurkumin dan oleoresin serta kandungan lain yang terdapat dalam campuran kunyit dan jahe mampu diarsorbsi oleh usus halus dalam jumlah yang lebih banyak, karena tidak hilang pada waktu *prosessing* dan tidak ikut mengalami pencernaan sebelum usus halus, sehingga akan dapat bekerja optimal pada usus halus.

Senyawa aktif dan minyak atsiri yang terdapat dalam campuran kunyit dan jahe dapat menurunkan keasaman *chyme* pada pH yang sesuai sehingga aktivitas protease dapat meningkat karena kondisi yang tidak terlalu asam. Suthama dan Ardiningsasi (2006) menyatakan aktivitas enzim pencernaan pada umumnya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor lain antara lain genetis, komposisi ransum dan intake. Intake lebih berpengaruh terhadap produksi dan aktivitas enzim

pencernaan. Jumlah pakan dalam saluran pencernaan yang dapat berubah menjadi *chyme* yang mempunyai kontribusi terhadap kegiatan enzimatik. Keberadaan jumlah *chyme* sebagai perangsang mekanis bagi alat pencernaan berhubungan langsung dengan sintesis dan sekresi enzim. Anonymous (2009) menyatakan aktivitas enzim amilase dan protease maksimal diperoleh pada pH optimal dengan pH 6 – 7. pH *chyme* yang tidak terlalu asam maka aktivitas enzim protease untuk mencerna protein yang terdapat pada *chyme* dapat optimal.

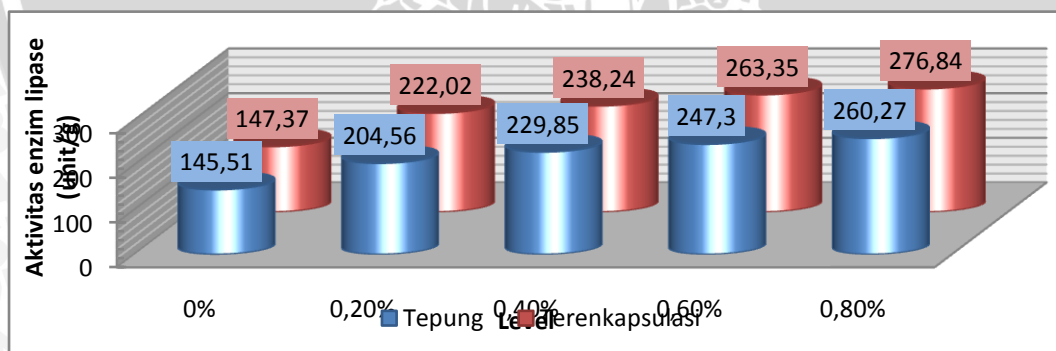
Minyak atsiri bekerja yaitu dengan mempengaruhi sistem syaraf, pencernaan, metabolisme, dan kekebalan tubuh. Bau harum yang dihasilkan minyak atsiri adalah berasal dari zingiberen dan zingiberol. Minyak atsiri menyebabkan aroma harum, sehingga konsumsi minyak atsiri yang dicampurkan dalam pakan ternak menstimulasi sistem syaraf pusat yang akhirnya menghasilkan peningkatan nafsu makan. Minyak atsiri selanjutnya menstimulasi produksi cairan pencernaan yang berguna mengontrol pH yang sesuai untuk enzim pencernaan. Pada waktu yang bersamaan terjadi peningkatan aktivitas enzim pencernaan amilase, protease dan lipase dan pengaturan aktivitas mikroba (Kristiyono, 2005).

Adanya proses enkapsulasi maka diharapkan kandungan nutrient yang ada pada suatu bahan tidak hilang walaupun mengalami *processing*, sehingga akan tepat terurai pada usus halus (Priyanti, 2002). Gauthier (2002) menyatakan bahwa penggunaan minyak esensial yang diproteksi dapat memperbaiki aktivitas enzim protease sehingga proses pencernaan dapat meningkat.

4.2.3 Pengaruh Level Tersarang pada Bentuk Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Aktivitas Enzim Lipase

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa aktivitas enzim lipase tertinggi pada perlakuan B₁L₄ dengan level 0,8 % ($276,84 \pm 4,79$ unit/g) dan terendah pada perlakuan B₀L₀ dengan level 0 % ($145,51 \pm 10,11$ unit/g). Untuk mengetahui pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim lipase dilakukan analisis statistik.

Analisis statistik pada Lampiran 13 menunjukkan bahwa level penggunaan campuran kunyit dan jahe tersarang dalam bentuk tepung maupun terenkapsulasi memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap aktivitas enzim lipase. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi level penggunaan campuran kunyit dan jahe baik dalam bentuk tepung maupun terenkapsulasi semakin tinggi pula aktivitas enzim lipase. Grafik pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung maupun terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim lipase dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik pengaruh penggunaan campuran kunyit dan jahe level tersarang pada bentuk tepung dan terenkapsulasi terhadap aktivitas enzim lipase

Berdasarkan Gambar 3 untuk setiap peningkatan level pemberian campuran kunyit dan jahe didapatkan aktivitas enzim lipase yang semakin meningkat pula baik pada bentuk enkapsulasi maupun tepung. Hal ini disebabkan

kandungan minyak atsiri, kurkumin, ataupun oleoresin meningkat jumlahnya dengan semakin bertambahnya level. Prosentase kandungan zat bioaktif pada campuran kunyit dan jahe untuk setiap level perlakuan dapat dilihat pada Lampiran 14.

Aktivitas enzim lipase tertinggi pada perlakuan dengan penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung yaitu pada perlakuan B₀L₄, diikuti oleh perlakuan B₀L₃, B₀L₂, B₀L₁ dan yang terendah pada perlakuan tanpa penggunaan campuran kunyit dan jahe B₀L₀. Semakin tinggi level penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk tepung maka semakin tinggi pula aktivitas enzim lipase. Hal ini sesuai dengan pendapat Samadi (2004) bahwa penambahan minyak esensial dan sejenisnya dalam pakan ternak dapat meningkatkan produktivitas ternak. Peningkatan produksi ayam pedaging terjadi melalui penciptaan lingkungan yang serasi bagi perkembangan bakteri menguntungkan. Lingkungan yang menguntungkan bagi pertumbuhan bakteri tertentu dapat mengaktifkan serta merangsang enzim – enzim *endogenous* seperti enzim amilase, protease dan lipase yang berakibat meningkatkan pencernaan zat makanan dan konsumsi pakan untuk pertumbuhan, produksi dan reproduksi.

Aktivitas enzim lipase tertinggi pada perlakuan penggunaan campuran kunyit dan jahe terenkapsulasi yaitu pada perlakuan B₀L₄, diikuti oleh perlakuan B₀L₃, B₀L₂, B₀L₁ dan yang terendah pada perlakuan tanpa penggunaan campuran kunyit dan jahe B₀L₀. Semakin tinggi level penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi maka semakin tinggi pula aktivitas enzim lipase nya. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk terenkapsulasi maka enzim lipase yang terdapat pada kurkumin dan oleoresin, serta minyak atsiri akan tepat terurai dan

bekerja pada usus halus dengan jumlah yang lebih banyak, dengan jumlah yang semakin banyak diharapkan dapat menjadi enzim tambahan untuk peningkatan aktivitas enzim lipase. Minyak atsiri mampu menurunkan keasaman *chyme*. Hal ini sesuai dengan pendapat Shin (1998) yang menyatakan bahwa penguraian komponen zat makanan kompleks menjadi komponen zat makanan yang lebih sederhana oleh enzim pencernaan untuk dapat diabsorpsi usus halus, dapat ditingkatkan melalui produk-produk enzim yang ditambahkan dalam pakan yang diberikan kepada ternak ayam.

Rismunandar (1988) menyatakan bahwa pada rimpang jahe mengandung enzim lipase yaitu enzim yang berperan dalam merombak lemak yang ada dalam pakan. Menurut Supriadi (2001) fungsi kunyit dalam meningkatkan kerja organ pencernaan unggas adalah merangsang dinding kantong empedu mengeluarkan cairan empedu dan merangsang keluarnya getah pankreas yang mengandung enzim amilase, lipase dan protease.

Minyak atsiri dapat mengontrol asam lambung agar tidak berlebihan dan tidak kekurangan, sehingga apabila isi lambung masuk ke duodenum maka kerja pankreas yang disekresikan ke duodenum untuk menurunkan keasaman *chime* semakin cepat dan mengubahnya ke pH yang sesuai untuk diteruskan ke usus halus untuk diserap (Frandsen, 1992). Enkapsulasi campuran kunyit dan jahe dapat menjadi jawaban atas permasalahan penyerapan campuran kunyit dan jahe di dalam tubuh karena dengan enkapsulasi maka aktivitas enzim yang bekerja untuk memecah zat makanan meningkat karena proses pencernaan yang meningkat (Daniells, 2009).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan campuran kunyit dan jahe sebagai aditif pakan dalam bentuk terenkapsulasi lebih baik jika dibandingkan dengan bentuk tepung dalam meningkatkan aktivitas enzim amilase, protease dan lipase ayam pedaging.
2. Penggunaan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi pada level 0.8 % memberikan hasil terbaik terhadap peningkatan aktivitas enzim amilase, protease dan lipase ayam pedaging.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan aktivitas enzim amilase, protease dan lipase ayam pedaging disarankan menggunakan campuran kunyit dan jahe dalam bentuk terenkapsulasi dengan level 0.8 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L. 2006. *Penggunaan Ramuan Herbal Sebagai Feed Additive Untuk Meningkatkan Performans Broiler*. **Error! Hyperlink reference not valid..** Diakses 4 Agustus 2009.
- Andajani, S. Susanto, M. M. Ardhana dan B. S. Sumitro. 1995. *Kajian Tentang Kualitas Produk, Model Aktivitas dan Manfaat Penggunaan Kultur Khamir Dalam Pakan Ternak Ayam*. Laporan Penelitian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Anonymous. 1995. *Teknik Analisa Biokimiawi*. Liberty. Yogyakarta.
- Anonymous. 2000. *Kunyit (Curcuma domestica)*. <http://www.pusri.co.id/budidaya/obat/kunyit.pdf>. Diakses 4 Agustus 2009.
- Anonymous. 2001. *Kunyit*. <http://pkukm.web.ukm.my/~Ahmad/tugasan/S2-99/a62720.htm>. Diakses 4 Desember 2009.
- Anonymous. 2005. *Agar Asam Lambung Tak Melambung*. www.blog.press.co.id. Diakses 17 Februari 2010.
- Anonymous. 2008. *Uji Aktivitas Enzim Selulase dan Lipase pada Mikrofungi Selama Proses Dekomposisi Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Pengujian Kultur Murni*. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung (UNILA). Lampung.
- Anonymous. 2009. *Enzim*. [www. Blog at WordPress.com](http://www.blog.wordpress.com). Diakses 2 Desember 2009.
- Anonymous. 2010. *Pemanfaatan Enzim pada Industri Pakan*. www.dit/nyak.co.id/. Diakses 17 Februari 2010.
- Bhandari, B.R. and B.R. D'Are. 1996. *Microencapsulation of Flavor Compounds Technical*. Review of Food Australia 4892: 547-551.
- Daniells, S. 2009. *Nano Curcumin and Oleoresin Could Boost Spice's Health Benefits*. Journal of Agricultural and Food Chemistry Volume 57. Pages 9141–9146, doi:10.1021/jf9013923.
- Darwis, S.N., A.B.D. Madjo, dan S. Hasiyali. 1991. *Tanaman Obat Famili Zingiberaceae*. Badan Penelitian dan Pengembangan. Jakarta.
- Dwidjosepoetra, D. 1984. *Mikrobiological Studiest of Indonesian Ragi Nature*. 188 (4750): 1236-1239.

- Dziezak, J.D. 1988. *Microencapsulation and Encapsulated Ingridients*. Food Technology. April 1988: 136-138.
- Edris, A. and Bergnstahl. 2001. *Encapsulation of Orange Oil in A Spray Dried Double Emultion*. J. Nahrung vol. 45, n^o2, pp. 133-137.
- Entong. 2007. *Khasiat Jahe Bagi Kesehatan Tubuh*. <http://kotakediri.2.forumer.com/khasiat-jahe-bagi-kesehatan-tubuh.post.392.htm>. Diakses 26 Agustus 2009.
- Effendi, Z. 2003. *Peranan Leukosit Sebagai Anti Inflamasi Alergik Dalam Tubuh*. Fakultas Kedokteran. Universitas Sumatera Utara. **Error! Hyperlink reference not valid..** Diakses 4 Desember 2009.
- Frandsen, R.D. 1992. *Anatomi dan Fisiologi*. Edisi Keempat. Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Gauthier, R. 2002. *Intestinal Health. The Key to Productivity*. Convencion Aneka-wpdc. Puerto Vallarta, Jal. Mexico.
- Herwintono. 2000. *Potensi Extractum Curcumae (Curcuma xanthoriza Roxb) Dalam Peningkatan Produktivitas dan Kualitas Ayam Pedaging*. Disertasi. UNAIR. Surabaya.
- Hui, Y.H. 1992. *Encyclopedia of Food Science and Technology*. Vol 2. A Wiley Interscience Publication. John Wiley and Sons. Inc. New York. USA.
- Kemppainen, A. L, 2002. *Renin Activity*. [www. Brokscole. com](http://www.Brokscole.com). Diakses 4 Desember 2009.
- Kertosapoetro, G. 1992. *Budidaya Tanaman Berkhasiat Obat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Kristiyono, Y. 2005. *Efek Penambahan Tepung Kunyit dan Jahe Dalam Pakan Terhadap Prosentase Karkas, Lemak Abdominal, dan Berat Organ Pencernaan Ayam Pedaging*. Skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Koentjoko. 1978. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pakan dan Formulasi Ransum*. Brawijaya Pers. Malang.
- Koswara, S. 1995. *Jahe dan Hasil Olahannya*. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- _____.2000. *Teknologi Enkapsulasi Flavor Rempah-Rempah*. <http://www.ebookpangan.com/ARTIKEL/TEKNOLOGI%20ENKAPSULASI%20FLAVOR%20REMPAH.pdf> Diakses 4 November 2009.

_____. 2009. *Jahe, Rimpang Dengan Sejuta Khasiat*. <http://www.ebookpangan.com/ARTIKEL/JAHE,%20RIMPANG%20DENGAN%20BERBAGAI%20KHASIAT.pdf>. Diakses 4 Agustus 2009.

Kroghal, A and J.L, Shell. 1989. *Influence of Age on Lipase, Amylase and Protease Activities in Pancreatic Tissue and Intestinal Contents of Young Turkeys*. Poultry Science. 68: 1561 -1568.

Loffler, A. 1986. *Proteolytic Enzyme, Source and Application*. Food technology. 40: 63 -70.

Montesqrit. 2008. *Penggunaan Bahan Pakan Berdasarkan Imbangan Karbohidrat dan Protein yang Dikandungnya Sebagai Bahan Penyalut dalam Mikroenkapsulasi Minyak ikan*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008. Universitas Lampung. Lampung.

Moran, E.T. 1982. *Comparative Nutrition of Fowl and Swine, The Gastrointestinal Systems*. Ontario Agriculture College. University of Guelph.

Muchtadi, D., Nurheni., A. Made. 1992. *Enzim Dalam Industri Pangan*. IPB. Bogor.

Pandey. 2008. *Sold State Fermentation for The Production of Industrial Enzymes*. <http://www.people.oregonstate.Edu>. Diakses 4 Desember 2009.

Parinussa, T. M. S dan K. H. Timotius. 2006. *Pengaruh Penambahan Asam Terhadap Aktivitas Antioksidan Kurkumin Trully M. S. Parinussa dan Kris H. Timotius*. http://fisika.brawijaya.ac.id/bss-ub/proceeding/pdf%20file/bbs_194_1.pdf. Diakses 4 November 2009.

Prihantoro, T. S. 2003. *Pengaruh Aras Penambahan Tepung Jahe Pada Pakan Terhadap Kinerja Ayam Jantan Starter Galur Orbor Acres*. Skripsi. Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. Malang.

Priyanti, R. 2006. *Pengaruh Penggunaan Asam Laktat Cair dan Terenkapsulasi Sebagai Aditif Pakan Terhadap Penampilan Produksi Ayam Pedaging*. Skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Brawijaya. Malang.

Puspitarini, D. A. 2002. *Pengaruh Penambahan Konsentrasi Zn^{2+} Terhadap Aktivitas Enzim Protease Hasil Isolasi Dari *Bacillus laterosporus**. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Brawijaya. Malang.

- Rahayuningdyah, W. 2004. *Pengaruh Penambahan Dekstrin Terhadap Kualitas Sari Wortel Instan*. <http://library.gunadarma.ac.id>. Diakses 4 November 2009.
- Rehardeni. 2003. *Uji Aktivitas Amilase Kasar Pada Ekstrak Kecambah Kacang Hijau (Vigna munga)*. Fakultas Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Reineccius, G.A. 1991. *Carbohydrate for Flavour Encapsulation*. Food Technology. March 1991 : 144-146.
- Risch, J.H. 1995. *Encapsulation : Overview of Uses and Techniques in Encapsulation and Cotrolled Release of Food Ingredients*. Acs Symposium Series 590. Washington D.C.
- Rismunandar. 1988. *Rempah-rempah*. Cetakan Pertama. Penerbit CV. Sinar Baru. Bandung.
- Rustam, H dan Hariyanto. 2007. *Petunjuk Bertanam dan Kegunaan Kunyit*. Karya Anda. Surabaya.
- Samadi. 2004. *Feed Quality for Food Safety*. <http://io.ppi-jepang.org/files/inovasiVol.2> XVI November 2004. Diakses tanggal 4 November 2009.
- Sangat, H. dan Rumantyo. 1989. Etnobotani Kunyit (*Curcuma domestica* Val). Kongres Nasional Biologi IX. Universitas Andalas, Padang.
- Sastroamidjojo, S. 2001. *Obat Asli Indonesia*. Cetakan keenam. Dian Rakyat, Jakarta.
- Setiaji, B. 1989. *Biokimia Pangan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Shelke, K. 2006. *Hidden Ingredients Take Cover in A Capsule*. <http://www.foodprocessing.com>. Diakses 4 November 2009.
- Shin, H. T., 1998. *Partical Uses of Yeast Culture in Swine and Poultry Rations*. College of Agriculture. Sun Kyun Kwan University. Suwon. Korea.
- Skinner, J.T., A.L. Izat and P.W. Waldroup. 1991. *Fumaric Acid Enhances Performance of Broiler Chickens*. Poultry Science. Vol. 70. P 1444-1447.
- Soewignyo, A. 2009. *Pengaruh Level Penambahan BHT dalam Proses Enkapsulasi Campuran Kunyit dan Jahe Terhadap Kandungan Zat Aktif dan Uji Zona Hambatan Bakteri*. Skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Brawijaya. Malang.

- Steel, R. G. D. dan J. H. Torrie. 1992. *Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometri*. Gramedia. Jakarta.
- Sukanto, P. 2005. *Strategi Pembibitan yang Dilaksanakan di RRMC Kabupaten Garut Provinsi Jawa Barat*. Lokakarya Nasional Inovasi Teknologi Dalam Mendukung Usahaternak Unggas Berdayasaing. Bogor. Diakses 4 Desember 2009.
- Sunarso dan Cristiyanto. 2000. *Manajemen Pakan*. <download/MANAJEMEN%20PAKAN.pdf>. Diakses tanggal 20 November 2009.
- Supriadi. 2001. *Tumbuhan Obat Indonesia : Penggunaan dan Khasiatnya*. Pustaka Populer Obor. Jakarta.
- Suthama, N. dan S. M. Ardiningsasi. 2006. *Perkembangan Fungsi Fisiologis Saluran Pencernaan Ayam Kedu Periode Starter*. <http://ejournal.unud.ac.id/abstrak/n.%20suthama%2009>. Diakses 4 Agustus 2009.
- Sutinah. 2009. *Sehatkan Badan Lewat Khasiat Jahe*. <http://cilacap-online.com/kesehatan/91-sehatkan-badan-lewat-khasiat-jahe.pdf>. Diakses 4 Agustus 2009.
- Taryono, E.M. dan A. Sardini. 1987. *Plasma Nutfah Tanaman Temu – temuan*. Dalam Pengembangan dan Penelitian Plasma Nutfah Tanaman Rempah dan Obat. Edisi khusus Vol III No I Juni 1987. Balitro.
- Thompson, E.H, L.D. Wolf and C.E. Allen. 1973. *Ginger Rhizome : A New Sources of Proteolytic Enzym*. J. of Food Sci. 38 : 625 – 655.
- Tilman, A. D., H. Hartadi., S. Reksohadiprojo., S. Prawirokusumo dan S. Lebdoesoekojo. 1984. *Ilmu Makanan Ternak Dasar*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Versic, R.J. 2000. *Flavour Encapsulation an Overview*. <http://www.rtdodge.com/fl-olsvw>. Diakses 4 Agustus 2009.
- Wagner, L.A. and J.J. Watherson. 1995. *Stability of Spray Dried Encapsulated Carrot Carotenes*. Food Science. 60 (5) : 1048-1053.
- Wahju, J. 1997. *Ilmu Nurisi unggas*. UGM Press. Yogyakarta.
- Widodo, W. 2002. *Nutrisi dan Pakan Unggas Kontekstual*. Proyek Peningkatan Penelitian Pendidikan Tinggi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Winarno, F.G. 1983. *Enzim Pangan*. Gramedia. Jakarta.

Winarsih. 2002. *Pengaruh Aras Pemberian Tepung Kunyit Pada Pakan Terhadap Kinerja Ayam Arab Jantan Umur 2 Minggu Samapai 6 Minggu*. Skripsi. Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. Malang.

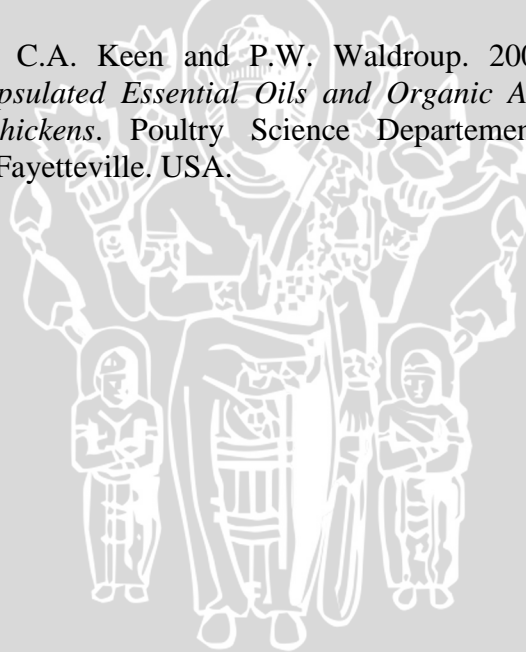
Winarto, W. P. 2003. *Khasiat dan Manfaat Kunyit*. Agromedia Pustaka. Jakarta.

Yamamoto. 1975. *Proteolytic Enzymes*. Academic Press. New York.

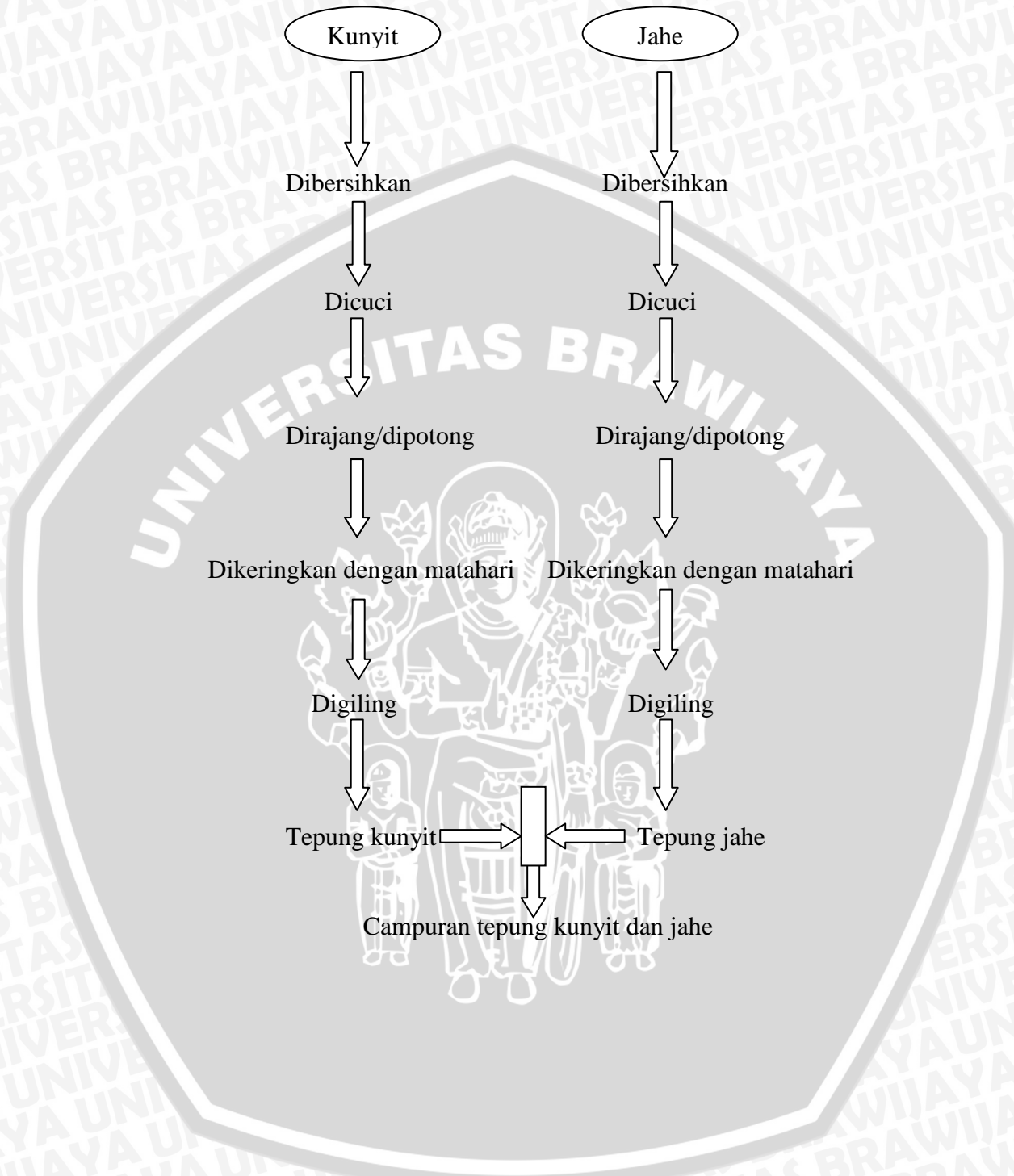
Yuliani. 2005. *Formulasi Gel Repelan Minyak Atsiri Tanaman Akar Wangi (Vetivera zizanioidesi (L) Nogh): Optimasi Komposisi Carbopol 3% b/v – Propilenglikol*. Majalah Farmasi Indonesia. 16(4), 197 – 203 2005.

Zainuddin, D dan W. Puastuti. 2007. *Pengaruh Suplementasi Tepung Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb) dalam Ransum Ayam Ras Terhadap Kualitas Telur, Kadar Kolesterol Telur dan Feses*. Prosiding Seminar Nasional XIX Tumbuhan Obat Indonesia. Kerjasama POKJANAS Tumbuhan Obat Indonesia dengan Puslit Perkebunan. Bogor.

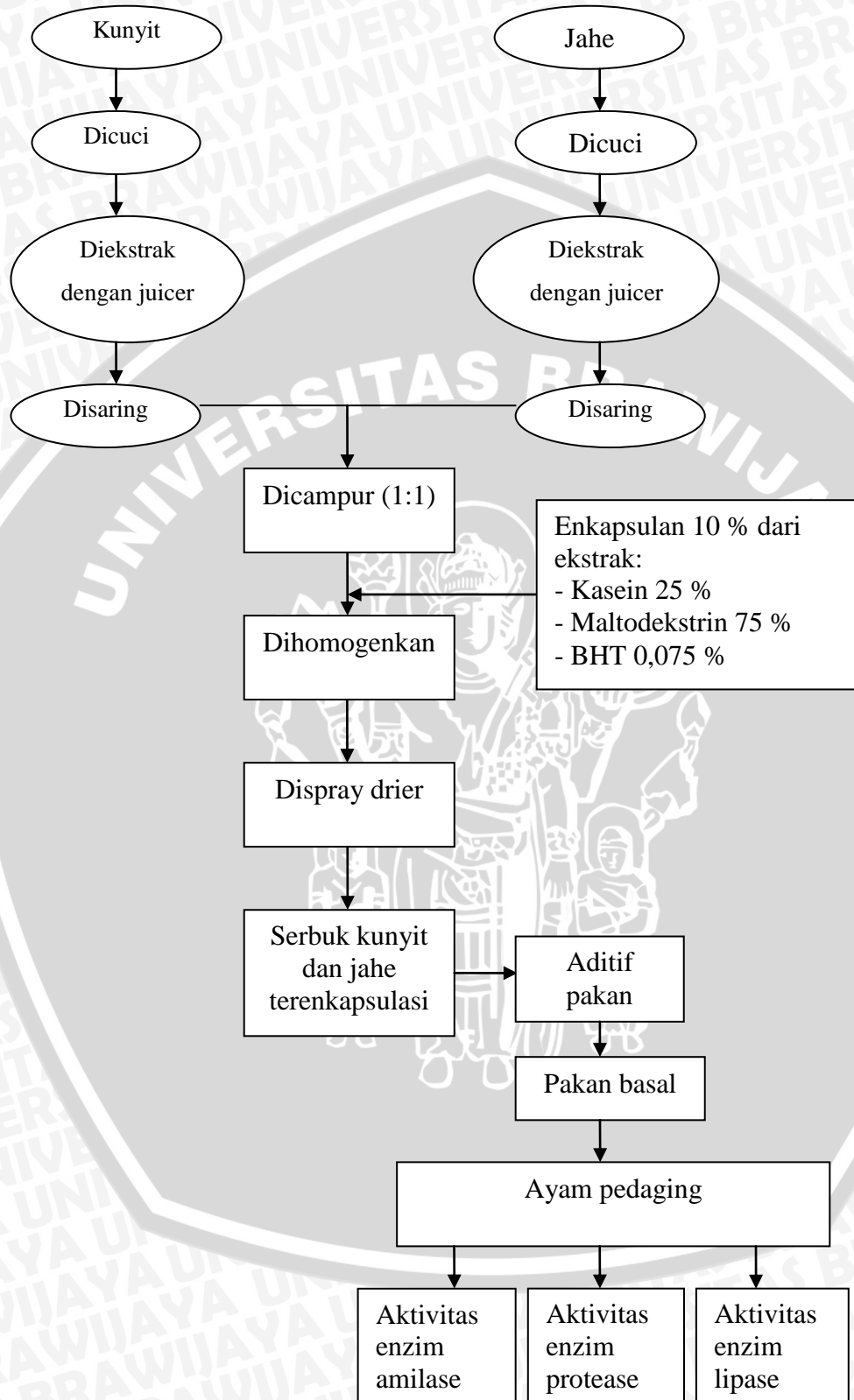
Zhang K.Y., F Yan, C.A. Keen and P.W. Waldroup. 2005. *Evaluation of Microencapsulated Essential Oils and Organic Acids in Diets For Broiler Chickens*. Poultry Science Departement, University of Arkansas, Fayetteville. USA.



Lampiran 1. Proses pembuatan tepung campuran kunyit dan jahe



Lampiran 2. Proses pembuatan enkapsulasi campuran kunyit dan jahe



Lampiran 3. Koefisien keragaman bobot badan (g/ekor) ayam pedaging umur 1 hari yang digunakan selama penelitian

Ayam perlakuan	Bobot badan (g)	$(x - \bar{x})$	$(x - \bar{x})^2$	
TEPUNG	L ₀ U ₁	42,10	-3,05	9,30
		44,30	-0,85	0,72
		42,10	-3,05	9,30
		52,00	6,85	46,93
	L ₀ U ₂	44,80	-0,35	0,12
		49,00	3,85	14,83
		44,60	-0,55	0,30
		44,90	-0,25	0,06
	L ₀ U ₃	44,20	-0,95	0,90
		49,90	4,75	22,57
		42,40	-2,75	7,56
		44,80	-0,35	0,12
	L ₀ U ₄	40,20	-4,95	24,50
		44,10	-1,05	1,10
		47,70	2,55	6,51
		36,40	-8,75	76,55
	L ₁ U ₁	39,80	-5,35	28,62
		48,20	3,05	9,31
		51,00	5,85	34,23
		39,40	-5,75	33,06
	L ₁ U ₂	41,80	-3,35	11,22
		45,50	0,35	0,12
		41,50	-3,65	13,32
		37,00	-8,15	66,41
	L ₁ U ₃	43,40	-1,75	3,06
		42,80	-2,35	5,52
		43,80	-1,35	1,82
		42,90	-2,25	5,06
	L ₁ U ₄	38,70	-6,45	41,59
		45,10	-0,05	0,00
		48,20	3,05	9,31
		46,00	0,85	0,72
	L ₂ U ₁	49,90	4,75	22,57
		43,90	-1,25	1,56
		47,60	2,45	6,01
		46,60	1,45	2,10

L ₂ U ₂	42,60	-2,55	6,50
	40,70	-4,45	19,80
	43,50	-1,65	2,72
	50,30	5,15	26,53
L ₂ U ₃	40,20	-4,95	24,50
	47,30	2,15	4,63
	47,50	2,35	5,53
	44,50	-0,65	0,42
L ₂ U ₄	42,90	-2,25	5,06
	43,40	-1,75	3,06
	49,20	4,05	16,41
	44,50	-0,65	0,42
L ₃ U ₁	38,90	-6,25	39,05
	44,40	-0,75	0,56
	47,60	2,45	6,01
	43,70	-1,45	2,10
L ₃ U ₂	50,80	5,65	31,93
	43,50	-1,65	2,72
	40,00	-5,15	26,52
	49,40	4,25	18,07
L ₃ U ₃	50,70	5,55	30,81
	45,80	0,65	0,42
	49,10	3,95	15,61
	54,20	9,05	81,91
L ₃ U ₄	44,30	-0,85	0,72
	49,40	4,25	18,07
	36,70	-8,45	71,39
	46,30	1,15	1,32
L ₄ U ₁	45,00	-0,15	0,02
	39,40	-5,75	33,06
	47,70	2,55	6,51
	42,80	-2,35	5,52
L ₄ U ₂	49,00	3,85	14,83
	44,30	-0,85	0,72
	44,40	-0,75	0,56
	43,30	-1,85	3,42
L ₄ U ₃	45,00	-0,15	0,02
	49,50	4,35	18,93
	45,40	0,25	0,06
	42,40	-2,75	7,56
L ₄ U ₄	42,50	-2,65	7,02

		47,70	2,55	6,51
		43,70	-1,45	2,10
		44,40	-0,75	0,56
ENKAPSULASI				
		44,30	-0,85	0,72
	L_0U_1	45,60	0,45	0,20
		42,60	-2,55	6,50
		40,20	-4,95	24,50
		55,30	10,15	103,04
	L_0U_2	42,50	-2,65	7,02
		47,50	2,35	5,53
		39,80	-5,35	28,62
		45,90	0,75	0,56
	L_0U_3	38,40	-6,75	45,55
		43,50	-1,65	2,72
		48,50	3,35	11,23
		42,90	-2,25	5,06
	L_0U_4	37,00	-8,15	66,41
		44,50	-0,65	0,42
		52,00	6,85	46,93
		40,50	-4,65	21,62
	L_1U_1	43,60	-1,55	2,40
		46,90	1,75	3,06
		41,70	-3,45	11,90
		48,80	3,65	13,33
	L_1U_2	44,80	-0,35	0,12
		44,30	-0,85	0,72
		46,20	1,05	1,10
		55,60	10,45	109,22
	L_1U_3	47,50	2,35	5,53
		42,00	-3,15	9,92
		45,80	0,65	0,42
		51,70	6,55	42,91
	L_1U_4	46,90	1,75	3,06
		42,90	-2,25	5,06
		45,10	-0,05	0,00
		44,40	-0,75	0,56
	L_2U_1	40,90	-4,25	18,06
		42,50	-2,65	7,02

	52,70	7,55	57,01
	44,00	-1,15	1,32
L ₂ U ₂	40,00	-5,15	26,52
	41,30	-3,85	14,82
	43,90	-1,25	1,56
L ₂ U ₃	48,00	2,85	8,13
	43,90	-1,25	1,56
	47,30	2,15	4,63
	48,20	3,05	9,31
L ₂ U ₄	55,20	10,05	101,02
	54,00	8,85	78,33
	43,50	-1,65	2,72
	48,50	3,35	11,23
L ₃ U ₁	43,70	-1,45	2,10
	45,40	0,25	0,06
	41,90	-3,25	10,56
	49,10	3,95	15,61
L ₃ U ₂	47,00	1,85	3,42
	43,60	-1,55	2,40
	42,40	-2,75	7,56
	45,90	0,75	0,56
L ₃ U ₃	38,30	-6,85	46,91
	39,10	-6,05	36,59
	38,70	-6,45	41,59
	44,90	-0,25	0,06
L ₃ U ₄	44,90	-0,25	0,06
	50,90	5,75	33,07
	45,80	0,65	0,42
	46,00	0,85	0,72
L ₄ U ₁	48,30	3,15	9,93
	46,90	1,75	3,06
	52,00	6,85	46,93
	44,50	-0,65	0,42
L ₄ U ₂	48,00	2,85	8,13
	42,40	-2,75	7,56
	37,00	-8,15	66,41
	49,80	4,65	21,63
L ₄ U ₃	48,90	3,75	14,07
	45,70	0,55	0,30
	48,00	2,85	8,13
L ₄ U ₃	52,90	7,75	60,07

		44,40	-0,75	0,56
	L_4U_4	48,00	2,85	8,13
		46,70	1,55	2,40
		45,20	0,05	0,003
Jumlah		7223,90		2475,76
Rataan		45,15		
Sd		3,96		

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{2475,76}{159}}$$

$$= 3,96$$

Koefisien Keragaman (KK)

$$KK = \frac{Sd \text{ rata-rata}}{X \text{ rata-rata}} \times 100\%$$

$$= \frac{3,96}{45,15} \times 100\%$$

$$= 8,77\%$$

Kesimpulan: dari hasil koefisien keragaman (KK) dapat disimpulkan bahwa materi yang digunakan dapat dikatakan seragam karena mempunyai KK kurang dari 10 %.

Lampiran 4. Prosedur uji aktivitas enzim amilase, protease dan lipase menurut
United States Patent.

Uji aktivitas enzim amilase:

Pengambilan sampel: Sampel usus halus merupakan sampel padat yang kemudian diubah menjadi cair (Bab III anak sub bab yaitu 3.3.1 pengambilan *chyme* usus halus).

Reagen 1: Terdiri dari 20 mM 4 -nitrophenyl-a-D-glucopyranoside yang dicampur 1,0 ml dari 0,1 M phosphate buffer (pH 7) kemudian campuran dipanaskan pada suhu 37° C selama 5 menit.

Reagen 2: Terdiri dari GOD – PAP Reagen, Buffer fosfat (pH 7) 250 mmol/l, Glucose oxidase 10 ku/l, Fenol 5 mmol/l, Peroksidase 10 ku/l, 4 Aminoantipirin 0,5 mmol/l.

Prosedur 1: 1 ml reagen R1 ditambahkan dalam 0,5 ml sampel enzim dan reaksi dilakukan pada suhu 37° C selama 30 menit kemudian 0,25 ml R2 yang terdiri dari GOD - PAP ditambahkan, kemudian campuran larutan dihomogenisasi dan dibiarkan selama 20 menit pada suhu ruang. Selanjutnya ditentukan nilai absorbansinya dari perubahan warna yang ditunjukkan sampai warna merah spectrophotometer menunjukkan 400 nm.

Prosedur 2: Setelah pengujian aktivitas enzim amilase dalam satuan unit/dl langkah selanjutnya merubah kedalam unit/g karena sampel usus halus awalnya adalah sampel padat dengan perhitungan aktivitas amilase

dalam unit/dl x 2 ml (dilakukan pengenceran karena substrat yang terlalu pekat): jumlah sampel: m sampel: 100.

Lampiran 4 (lanjutan)

Uji aktivitas enzim protease:

Pengambilan sampel: Sampel usus halus merupakan sampel padat yang kemudian diubah menjadi cair (Bab III anak sub bab yaitu 3.3.1 pengambilan *chyme* usus halus).

Reagen substrat solution (R1): Berisi 25 mg azokasein dan 5 mg Na - bikarbonat per ml yang disiapkan dengan cara melarutkan 2,5 g azokasein dalam 50 ml larutan NaHCO_3 1 % (pH 8,3) yang diaduk pada suhu 60°C dan larutan diencerkan hingga 100 ml dengan aquades. Substrat disimpan pada suhu 0°C .

Reagen sulfanilamide azokasein (R2): Terdiri dari Reagen A dan Reagen B dengan perbandingan 1:1.

Reagen A: Berisi 50 g kasein bebas lemak yang dilarutkan dalam 1 liter aquades dan 10 g NaHCO_3 .

Reagen B: Berisi 5 g sulfanilamide dalam 200 ml aquades dan berisi 6 ml NaOH 5 N dan 2,2 g NaNO_2 . Setelah pengadukan kemudian ditambah 18 ml HCl 5 N.

Prosedur 1: 1 ml substrat solution (R1) ditambahkan 100 mikroliter sampel, dihomogenkan dan ditunggu selama 30 menit pada suhu 37°C . Kemudian ditambahkan 250 mikroliter reagen R2 setelah itu dihomogenkan dan ditunggu selama 5 menit. Setelah itu diukur warna ungu yang terjadi pada panjang gelombang 546 nm.

Lampiran 4 (lanjutan)

Prosedur 2: Setelah pengujian aktivitas enzim protease dalam satuan unit/l langkah selanjutnya merubah kedalam unit/g karena sampel usus halus awalnya adalah sampel padat dengan perhitungan aktivitas protease dalam unit/l x 2 ml (dilakukan pengenceran karena substrat yang terlalu pekat): jumlah sampel: m sampel: 1000.

Uji aktivitas enzim lipase:

Pengambilan sampel: Sampel usus halus merupakan sampel padat yang kemudian diubah menjadi cair (Bab III anak sub bab yaitu 3.3.1 pengambilan *chyme* usus halus).

Reagen 1: Terdiri dari campuran Buffer - Tris (pH 8,8) yaitu 0,12 Molar Sodium Dodecyl Sulfate 2 mM (millimolar), DTNB 0,3 mM, PMSF 0,4 mM, Eserine Salicylate 0,03 mM, albumin 7,0 mg/ml, BALB 3,0 mM,

Reagen 2: Terdiri dari 0,6 – 0,8 % Triton X - 100 dalam 16,5 mM hydrochloric acid.

Prosedur 1: 1 mililiter reagen R1 ditambahkan 20 mikroliter sampel. Inkubasi dilakukan pada suhu 37 °C selama 20 - 30 menit, selanjutnya reaksi dihentikan menggunakan 0,2 mililiter R2 kemudian absorbansi diukur pada panjang gelombang 367 nm.

Prosedur 2: Setelah pengujian aktivitas enzim lipase dalam satuan unit/l langkah selanjutnya merubah kedalam unit/g karena sampel usus halus awalnya adalah sampel padat dengan perhitungan aktivitas lipase

dalam unit/l x 2 ml (dilakukan pengenceran karena substrat yang terlalu pekat): jumlah sampel: m sampel: 1000.

Lampiran 5. Hasil perhitungan (duplo) aktivitas enzim amilase dalam bentuk tepung

Sampel	Ulangan	m sampel	Absorbansi	Amilase (unit/dl)	Amilase (unit/g)
L ₀ U ₁	1	0,202	0,233	198,516	39,310
	2	0,203	0,235	200,220	39,452
L ₀ U ₂	1	0,201	0,243	207,036	41,201
	2	0,202	0,242	206,184	40,829
L ₀ U ₃	1	0,201	0,238	202,776	40,353
	2	0,205	0,239	203,628	39,732
L ₀ U ₄	1	0,203	0,242	206,184	40,627
	2	0,204	0,241	205,332	40,261
L ₁ U ₁	1	0,206	0,355	302,460	58,730
	2	0,203	0,363	309,276	60,941
L ₁ U ₂	1	0,201	0,362	308,424	61,378
	2	0,202	0,364	310,128	61,411
L ₁ U ₃	1	0,201	0,371	316,092	62,904
	2	0,202	0,369	314,388	62,255
L ₁ U ₄	1	0,205	0,365	310,980	60,679
	2	0,203	0,363	309,276	60,941
L ₂ U ₁	1	0,204	0,475	404,700	79,353
	2	0,201	0,483	411,516	81,894
L ₂ U ₂	1	0,202	0,493	420,036	83,175
	2	0,205	0,492	419,184	81,792
L ₂ U ₃	1	0,203	0,500	426,000	83,941
	2	0,202	0,497	423,444	83,850
L ₂ U ₄	1	0,202	0,493	420,036	83,175
	2	0,205	0,491	418,332	81,626
L ₃ U ₁	1	0,204	0,578	492,456	96,560
	2	0,202	0,583	496,716	98,360
L ₃ U ₂	1	0,202	0,594	506,088	100,215
	2	0,203	0,592	504,384	99,386
L ₃ U ₃	1	0,201	0,597	508,644	101,223
	2	0,202	0,602	512,904	101,565
L ₃ U ₄	1	0,202	0,603	513,756	101,734
	2	0,201	0,601	512,052	101,901
L ₄ U ₁	1	0,205	0,625	532,500	103,902
	2	0,203	0,628	535,056	105,430
L ₄ U ₂	1	0,202	0,633	539,316	106,795
	2	0,204	0,631	537,612	105,414
L ₄ U ₃	1	0,202	0,628	535,056	105,952
	2	0,203	0,629	535,908	105,598
L ₄ U ₄	1	0,201	0,632	538,464	107,157
	2	0,202	0,636	541,872	107,301

Lampiran 6. Hasil perhitungan (duplo) aktivitas enzim amilase dalam bentuk terenkapsulasi

Sampel	Ulangan	m sampel	Absorbansi	Amilase (unit/dl)	Amilase (unit/g)
L ₀ U ₁	1	0,205	0,243	207,036	40,397
	2	0,203	0,227	193,404	38,109
L ₀ U ₂	1	0,204	0,243	207,036	40,595
	2	0,202	0,235	200,220	39,648
L ₀ U ₃	1	0,203	0,252	214,704	42,306
	2	0,201	0,248	211,296	42,049
L ₀ U ₄	1	0,202	0,251	213,852	42,347
	2	0,205	0,249	212,148	41,395
L ₁ U ₁	1	0,201	0,403	343,356	68,330
	2	0,202	0,402	342,504	67,823
L ₁ U ₂	1	0,203	0,411	350,172	68,999
	2	0,204	0,409	348,468	68,327
L ₁ U ₃	1	0,202	0,406	345,912	68,497
	2	0,201	0,405	345,060	68,669
L ₁ U ₄	1	0,201	0,412	351,024	69,856
	2	0,203	0,416	354,432	69,839
L ₂ U ₁	1	0,205	0,493	420,036	81,958
	2	0,206	0,493	420,036	81,560
L ₂ U ₂	1	0,204	0,492	419,184	82,193
	2	0,202	0,489	416,628	82,501
L ₂ U ₃	1	0,203	0,485	413,220	81,423
	2	0,204	0,486	414,072	81,191
L ₂ U ₄	1	0,201	0,502	427,704	85,115
	2	0,202	0,500	426,000	84,356
L ₃ U ₁	1	0,203	0,589	501,828	98,882
	2	0,202	0,593	505,236	100,047
L ₃ U ₂	1	0,204	0,602	512,904	100,569
	2	0,202	0,601	512,052	101,396
L ₃ U ₃	1	0,201	0,599	510,348	101,562
	2	0,203	0,600	511,200	100,729
L ₃ U ₄	1	0,202	0,605	515,460	102,071
	2	0,201	0,606	516,312	102,749
L ₄ U ₁	1	0,202	0,642	546,984	108,314
	2	0,202	0,643	547,836	108,482
L ₄ U ₂	1	0,203	0,647	551,244	108,620
	2	0,202	0,643	547,836	108,482
L ₄ U ₃	1	0,201	0,635	541,020	107,666
	2	0,202	0,639	544,428	107,808
L ₄ U ₄	1	0,204	0,646	550,392	107,920
	2	0,205	0,643	547,836	106,895

Lampiran 7. Hasil perhitungan (duplo) aktivitas enzim protease dalam bentuk tepung

Sampel	Ulangan	m sampel	Absorbansi	Protease (unit/l)	Protease (unit/g)
L ₀ U ₁	1	0,202	0,282	1895,604	187,684
	2	0,203	0,286	1922,492	189,408
L ₀ U ₂	1	0,201	0,298	2003,156	199,319
	2	0,202	0,302	2030,044	200,994
L ₀ U ₃	1	0,201	0,315	2117,430	210,690
	2	0,205	0,312	2097,264	204,611
L ₀ U ₄	1	0,203	0,301	2023,322	199,342
	2	0,204	0,306	2056,932	201,660
L ₁ U ₁	1	0,206	0,378	2540,916	246,691
	2	0,203	0,385	2587,970	254,972
L ₁ U ₂	1	0,201	0,393	2641,746	262,860
	2	0,202	0,391	2628,302	260,228
L ₁ U ₃	1	0,201	0,402	2702,244	268,880
	2	0,202	0,398	2675,356	264,887
L ₁ U ₄	1	0,205	0,381	2561,082	249,862
	2	0,203	0,387	2601,414	256,297
L ₂ U ₁	1	0,204	0,453	3045,066	298,536
	2	0,201	0,449	3018,178	300,316
L ₂ U ₂	1	0,202	0,435	2924,070	289,512
	2	0,205	0,431	2897,182	282,652
L ₂ U ₃	1	0,203	0,462	3105,564	305,967
	2	0,202	0,466	3132,452	310,144
L ₂ U ₄	1	0,202	0,448	3011,456	298,164
	2	0,205	0,445	2991,290	291,833
L ₃ U ₁	1	0,204	0,573	3851,706	377,618
	2	0,202	0,572	3844,984	380,691
L ₃ U ₂	1	0,202	0,583	3918,926	388,012
	2	0,203	0,579	3892,038	383,452
L ₃ U ₃	1	0,201	0,562	3777,764	375,897
	2	0,202	0,567	3811,374	377,364
L ₃ U ₄	1	0,202	0,594	3992,868	395,333
	2	0,201	0,591	3972,702	395,294
L ₄ U ₁	1	0,205	0,633	4255,026	415,124
	2	0,203	0,629	4228,138	416,565
L ₄ U ₂	1	0,202	0,642	4315,524	427,280
	2	0,204	0,637	4281,914	419,795
L ₄ U ₃	1	0,202	0,625	4201,250	415,965
	2	0,203	0,628	4221,416	415,903
L ₄ U ₄	1	0,201	0,647	4349,134	432,750
	2	0,202	0,643	4322,246	427,945

Lampiran 8. Hasil perhitungan (duplo) aktivitas enzim protease dalam bentuk terenkapsulasi

Sampel	Ulangan	m sampel	Absorbansi	Protease (unit/l)	Protease (unit/g)
L ₀ U ₁	1	0,205	0,302	2030,044	198,053
	2	0,203	0,297	1996,434	196,693
L ₀ U ₂	1	0,204	0,301	2023,322	198,365
	2	0,202	0,309	2077,098	205,653
L ₀ U ₃	1	0,203	0,301	2023,322	199,342
	2	0,201	0,301	2023,322	201,326
L ₀ U ₄	1	0,202	0,302	2030,044	200,994
	2	0,205	0,315	2117,430	206,579
L ₁ U ₁	1	0,201	0,398	2675,356	266,205
	2	0,202	0,402	2702,244	267,549
L ₁ U ₂	1	0,203	0,422	2836,684	279,476
	2	0,204	0,416	2796,352	274,152
L ₁ U ₃	1	0,202	0,409	2749,298	272,208
	2	0,201	0,412	2769,464	275,569
L ₁ U ₄	1	0,201	0,405	2722,410	270,887
	2	0,203	0,408	2742,576	270,205
L ₂ U ₁	1	0,205	0,483	3246,726	316,754
	2	0,206	0,489	3287,058	319,132
L ₂ U ₂	1	0,204	0,482	3240,004	317,647
	2	0,202	0,479	3219,838	318,796
L ₂ U ₃	1	0,203	0,496	3334,112	328,484
	2	0,204	0,493	3313,946	324,897
L ₂ U ₄	1	0,201	0,468	3145,896	313,024
	2	0,202	0,463	3112,286	308,147
L ₃ U ₁	1	0,203	0,596	4006,312	394,711
	2	0,202	0,603	4053,366	401,323
L ₃ U ₂	1	0,204	0,588	3952,536	387,504
	2	0,202	0,593	3986,146	394,668
L ₃ U ₃	1	0,201	0,613	4120,586	410,009
	2	0,203	0,618	4154,196	409,280
L ₃ U ₄	1	0,202	0,625	4201,250	415,965
	2	0,201	0,623	4187,806	416,697
L ₄ U ₁	1	0,202	0,648	4355,856	431,273
	2	0,202	0,653	4389,466	434,601
L ₄ U ₂	1	0,203	0,655	4402,910	433,784
	2	0,202	0,652	4382,744	433,935
L ₄ U ₃	1	0,201	0,647	4349,134	432,750
	2	0,202	0,652	4382,744	433,935
L ₄ U ₄	1	0,204	0,662	4449,964	436,271
	2	0,205	0,662	4449,964	434,143

Lampiran 9. Hasil perhitungan (duplo) aktifitas enzim lipase dalam bentuk tepung

Sampel	Ulangan	m sampel	Absorbansi	Lipase (unit/l)	Lipase (unit/g)
L ₀ U ₁	1	0,202	0,068	270,028	133,677
	2	0,203	0,069	273,999	134,975
L ₀ U ₂	1	0,201	0,073	289,883	144,220
	2	0,202	0,069	273,999	135,643
L ₀ U ₃	1	0,201	0,079	313,709	156,074
	2	0,205	0,076	301,796	147,218
L ₀ U ₄	1	0,203	0,082	325,622	160,405
	2	0,204	0,078	309,738	151,832
L ₁ U ₁	1	0,206	0,099	393,129	190,839
	2	0,203	0,102	405,042	199,528
L ₁ U ₂	1	0,201	0,106	420,926	209,416
	2	0,202	0,103	409,013	202,482
L ₁ U ₃	1	0,201	0,102	405,042	201,513
	2	0,202	0,104	412,984	204,448
L ₁ U ₄	1	0,205	0,109	432,839	211,141
	2	0,203	0,111	440,781	217,133
L ₂ U ₁	1	0,204	0,116	460,636	225,802
	2	0,201	0,115	456,665	227,197
L ₂ U ₂	1	0,202	0,118	468,578	231,969
	2	0,205	0,120	476,520	232,449
L ₂ U ₃	1	0,203	0,114	452,694	223,002
	2	0,202	0,117	464,607	230,003
L ₂ U ₄	1	0,202	0,121	480,491	237,867
	2	0,205	0,119	472,549	230,512
L ₃ U ₁	1	0,204	0,125	496,375	243,321
	2	0,202	0,127	504,317	249,662
L ₃ U ₂	1	0,202	0,128	508,288	251,628
	2	0,203	0,127	504,317	248,432
L ₃ U ₃	1	0,201	0,126	500,346	248,928
	2	0,202	0,125	496,375	245,730
L ₃ U ₄	1	0,202	0,124	492,404	243,764
	2	0,201	0,125	496,375	246,953
L ₄ U ₁	1	0,205	0,129	512,259	249,882
	2	0,203	0,131	520,201	256,257
L ₄ U ₂	1	0,202	0,132	524,172	259,491
	2	0,204	0,134	532,114	260,840
L ₄ U ₃	1	0,202	0,134	532,114	263,423
	2	0,203	0,132	524,172	258,213
L ₄ U ₄	1	0,201	0,135	536,085	266,709
	2	0,202	0,136	540,056	267,354

Lampiran 10. Hasil perhitungan (duplo) aktivitas enzim lipase dalam bentuk terenkapsulasi

Sampel	Ulangan	m sampel	Absorbansi	Lipase (unit/l)	Lipase (unit/g)
L ₀ U ₁	1	0,205	0,073	289,883	141,406
	2	0,203	0,071	281,941	138,887
L ₀ U ₂	1	0,204	0,073	289,883	142,100
	2	0,202	0,079	313,709	155,301
L ₀ U ₃	1	0,203	0,076	301,796	148,668
	2	0,201	0,075	297,825	148,172
L ₀ U ₄	1	0,202	0,076	301,796	149,404
	2	0,205	0,080	317,680	154,966
L ₁ U ₁	1	0,201	0,113	448,723	223,245
	2	0,202	0,111	440,781	218,208
L ₁ U ₂	1	0,203	0,109	432,839	213,221
	2	0,204	0,112	444,752	218,016
L ₁ U ₃	1	0,202	0,115	456,665	226,072
	2	0,201	0,113	448,723	223,245
L ₁ U ₄	1	0,201	0,116	460,636	229,172
	2	0,203	0,115	456,665	224,958
L ₂ U ₁	1	0,205	0,123	488,433	238,260
	2	0,206	0,121	480,491	233,248
L ₂ U ₂	1	0,204	0,119	472,549	231,642
	2	0,202	0,122	484,462	239,833
L ₂ U ₃	1	0,203	0,122	484,462	238,651
	2	0,204	0,123	488,433	239,428
L ₂ U ₄	1	0,201	0,124	492,404	244,977
	2	0,202	0,122	484,462	239,833
L ₃ U ₁	1	0,203	0,132	524,172	258,213
	2	0,202	0,134	532,114	263,423
L ₃ U ₂	1	0,204	0,135	536,085	262,787
	2	0,202	0,132	524,172	259,491
L ₃ U ₃	1	0,201	0,135	536,085	266,709
	2	0,203	0,135	536,085	264,081
L ₃ U ₄	1	0,202	0,136	540,056	267,354
	2	0,201	0,134	532,114	264,733
L ₄ U ₁	1	0,202	0,139	551,969	273,252
	2	0,202	0,141	559,911	277,184
L ₄ U ₂	1	0,203	0,139	551,969	271,906
	2	0,202	0,142	563,882	279,150
L ₄ U ₃	1	0,201	0,145	575,795	286,465
	2	0,202	0,143	567,853	281,115
L ₄ U ₄	1	0,204	0,141	559,911	274,466
	2	0,205	0,140	555,940	271,190

Lampiran 11. Analisis statistik aktivitas enzim amilase

Bentuk	Level	Ulangan				Total	Rataan	Sd
		1	2	3	4			
B ₀	L ₀	39,38	41,02	40,04	40,44	160,88	40,22	0,68
	L ₁	59,84	61,40	62,58	60,81	244,62	61,16	1,15
	L ₂	80,62	82,48	83,90	82,40	329,40	82,36	1,34
	L ₃	97,46	50,11	101,39	101,80	350,78	87,70	25,13
	L ₄	104,70	106,10	105,78	107,20	423,77	105,90	1,05
Total						1509,45	377,35	
B ₁	L ₀	39,25	40,12	42,18	41,87	163,42	40,86	1,40
	L ₁	68,08	68,66	68,58	69,85	275,17	68,79	0,74
	L ₂	81,76	82,35	81,31	84,74	330,15	82,54	1,53
	L ₃	99,46	101,00	101,15	102,40	404,00	101,00	1,21
	L ₄	108,40	108,60	107,74	107,40	432,09	108,00	0,54
Total						1604,83	401,20	
						3114,28	778,55	

Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{\left(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r \right)^2}{a \times b \times r}$$

$$= \frac{3114,28^2}{2 \times 5 \times 4}$$

$$= 242471,1$$

Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{ijk}^2 - FK$$

$$= (39,38^2 + \dots + 107,41^2) - 242471,11$$

$$= 24009,46$$

Lampiran 11 (lanjutan)

Jumlah Kuadrat Bentuk (JKB)

$$\begin{aligned} \text{JK Bentuk} &= \frac{\sum_{i=1}^a \left(\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{ijk} \right)^2}{b \times r} - \text{FK} \\ &= \frac{(1509,45^2 + 1604,83^2)}{5 \times 4} - 242471,11 \\ &= 227,42 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Level (JKL >> Tepung)

$$\begin{aligned} \text{JK (L >> Tepung)} &= \frac{\sum_{j=1}^b \left(\sum_{k=1}^r y_{(ij)k} \right)^2}{r} - \frac{\left(\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{(ij)k} \right)^2}{b \times r} \\ &= \frac{(160,88^2 + 244,62^2 + 329,40^2 + 350,78^2 + 423,77^2)}{4} - \frac{1509,45^2}{5 \times 4} \\ &= 10291,44 \end{aligned}$$

JL Kuadrat Level (JKL >> Terenkapsulasi)

$$\begin{aligned} \text{JK (L >> Terenkap)} &= \frac{\sum_{j=1}^b \left(\sum_{k=1}^r y_{(ij)k} \right)^2}{r} - \frac{\left(\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{(ij)k} \right)^2}{b \times r} \\ &= \frac{(163,42^2 + 275,17^2 + 330,15^2 + 404,00^2 + 432,09^2)}{4} - \frac{1604,83^2}{5 \times 4} \\ &= 11561,43 \end{aligned}$$

JK (L >> Bentuk) = JK (L >> Tepung) + JK (L >> Terenkapsulasi)

$$\begin{aligned} &= 10291,44 + 11561,43 \\ &= 21852,87 \end{aligned}$$

JK Galat = JK Total – JK Bentuk – JK (L >> Bentuk)

$$\begin{aligned} &= 24009,46 - 227,42 - 21852,87 \\ &= 1929,17 \end{aligned}$$

Lampiran 11 (lanjutan)

Tabel sidik ragam

SK	db	JK	KT	F Hit	F Tab 5 %	F Tab 1 %
Bentuk	1	227,42	227,42	0,08*	4,17	7,56
(L >> B)	8	21852,87	2731,61	42,48**	2,27	3,17
Galat	30	1929,17	64,31			
Total	39	24009,46				

Keterangan: *F Hit < F 5 % berarti bentuk memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata (P>0,05)

**F 5 % < F Hit < F 1 % berarti level tersarang pada bentuk memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata (P<0,01)

Uji Jarak Berganda Duncan's L >> B

$$SE = \sqrt{\frac{KTG}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{64,31}{4}}$$

$$= 4,01$$

Tabel JND dan JNT

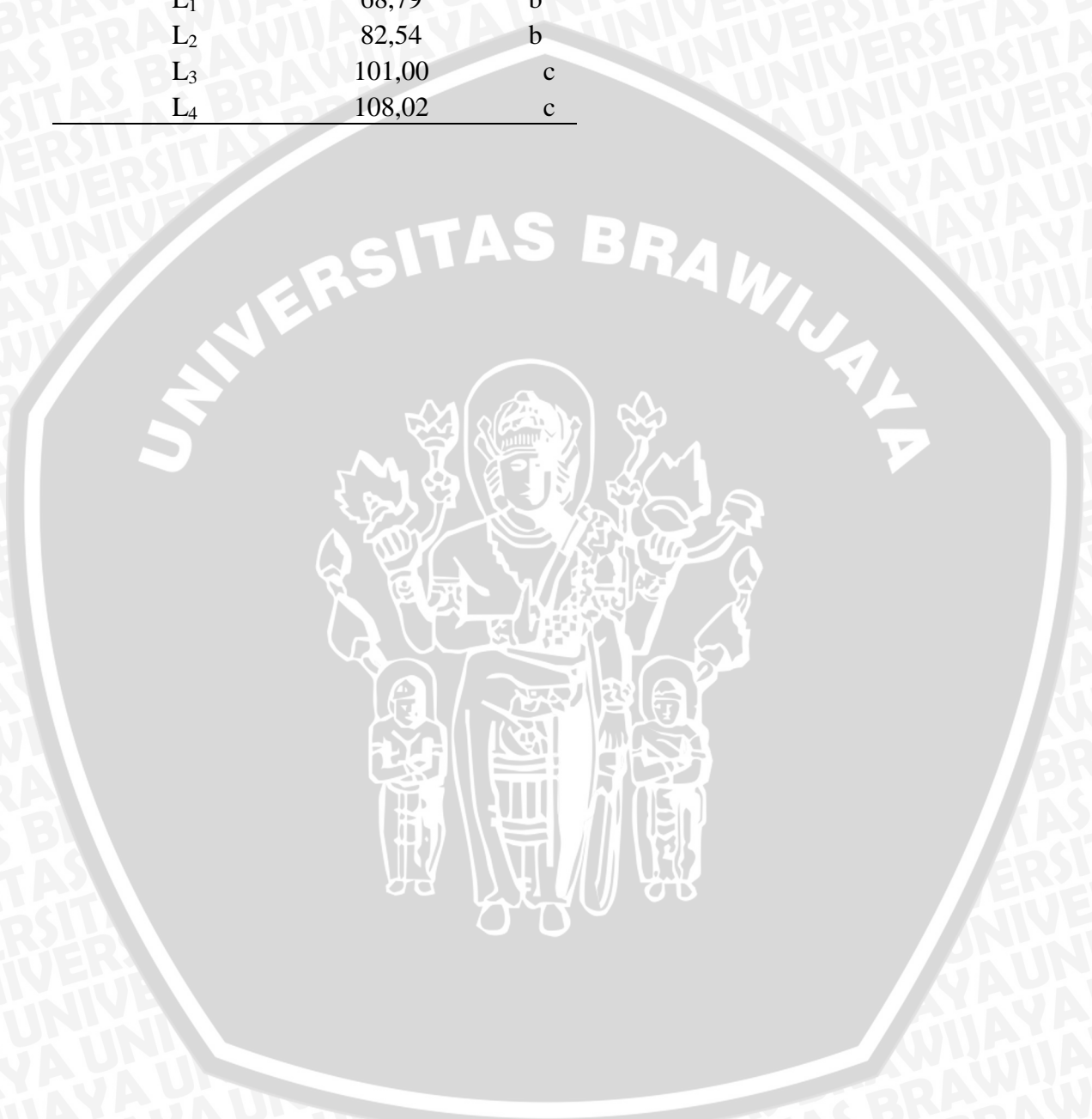
	2	3	4
JND 1 %	3,89	4,06	4,16
JNT 1 %	15,60	16,28	16,68

Notasi

L >> Tepung	Rataan	Notasi
L ₀	40,22	a
L ₁	61,16	b
L ₂	82,35	c
L ₃	87,69	c
L ₄	105,94	d

Lampiran 11 (lanjutan)

Notasi		
L >> Terenkapsulasi	Rataan	Notasi
L ₀	40,86	a
L ₁	68,79	b
L ₂	82,54	b
L ₃	101,00	c
L ₄	108,02	c



Lampiran 12. Analisis statistik aktivitas enzim protease

Bentuk	Level	Ulangan				Total	Rataan	Sd
		1	2	3	4			
B ₀	L ₀	188,55	200,16	207,70	200,50	796,91	199,21	7,92
	L ₁	250,83	261,54	266,90	253,08	1032,35	258,10	7,47
	L ₂	299,43	286,08	308,10	295,00	1188,61	297,14	9,17
	L ₃	379,20	385,73	376,63	395,31	1536,87	384,21	8,33
	L ₄	415,84	423,54	415,93	430,35	1685,66	421,42	6,96
Total						6240,40	1560,08	
B ₁	L ₀	197,37	202,01	200,33	203,79	803,50	200,88	2,73
	L ₁	266,88	276,81	273,89	270,55	1088,12	272,03	3,38
	L ₂	317,94	318,22	326,69	310,59	1273,44	318,36	6,58
	L ₃	398,22	391,09	409,64	416,33	1615,08	403,77	11,31
	L ₄	432,94	433,86	433,34	435,21	1735,35	433,84	0,99
Total						6515,49	1628,88	
						12755,89	3188,96	

Faktor Koreksi (FK)

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= \frac{\left(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r \right)^2}{a \times b \times r} \\
 &= \frac{12755,89^2}{2 \times 5 \times 4} \\
 &= 4067722,89
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned}
 \text{JKT} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{ijk}^2 - \text{FK} \\
 &= (188,55^2 + \dots + 435,21^2) - 4067722,89 \\
 &= 280802,28
 \end{aligned}$$

Lampiran 12 (lanjutan)

Jumlah Kuadrat Bentuk (JKB)

$$\begin{aligned} \text{JK Bentuk} &= \frac{\sum_{i=1}^a \left(\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{ijk} \right)^2}{b \times r} - \text{FK} \\ &= \frac{(6240,40^2 + 6515,49^2)}{5 \times 4} - 4067722,89 \\ &= 1893,96 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Level (JKL >> Tepung)

$$\begin{aligned} \text{JK (L >> Tepung)} &= \frac{\sum_{j=1}^b \left(\sum_{k=1}^r y_{(ij)k} \right)^2}{r} - \frac{\left(\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{(ij)k} \right)^2}{b \times r} \\ &= \frac{(796,91^2 + 1032,35^2 + 1188,61^2 + 1536,87^2 + 1685,66^2)}{4} - \frac{6240,40^2}{5 \times 4} \\ &= 132137,20 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Level (JKL >> Terenkapsulasi)

$$\begin{aligned} \text{JK (L >> Terenkap)} &= \frac{\sum_{j=1}^b \left(\sum_{k=1}^r y_{(ij)k} \right)^2}{r} - \frac{\left(\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{(ij)k} \right)^2}{b \times r} \\ &= \frac{(803,50^2 + 1088,12^2 + 1273,44^2 + 1615,08^2 + 1735,35^2)}{4} - \frac{6515,49^2}{5 \times 4} \\ &= 145214,67 \end{aligned}$$

Lampiran 12 (lanjutan)

$$JK (L \times B) = JK (L \times T) + JK (L \times R)$$

$$= 132137,20 + 145214,67$$

$$= 277351,88$$

$$JK Galat = JK Total - JK Bentuk - JK (L \times B)$$

$$= 280802,28 - 1893,96 - 277351,88$$

$$= 1556,44$$

Tabel sidik ragam

SK	db	JK	KT	F Hit	F Tab 5 %	F Tab 1 %
Bentuk	1	1893,96	1893,96	0,06*	4,17	7,56
(L x B)	8	277351,88	34668,98	668,24**	2,27	3,17
Galat	30	1556,44	51,88			
Total	39	280802,28				

Keterangan: *F Hit < F 5% berarti bentuk memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata (P>0,05)

**F 5 % < F Hit < F 1 % berarti level tersarang pada bentuk memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata (P<0,01)

Uji Jarak Berganda Duncan's L x B

$$SE = \sqrt{\frac{KTG}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{51,88}{4}}$$

$$= 3,60$$

Lampiran 12 (lanjutan)

Tabel JND dan JNT

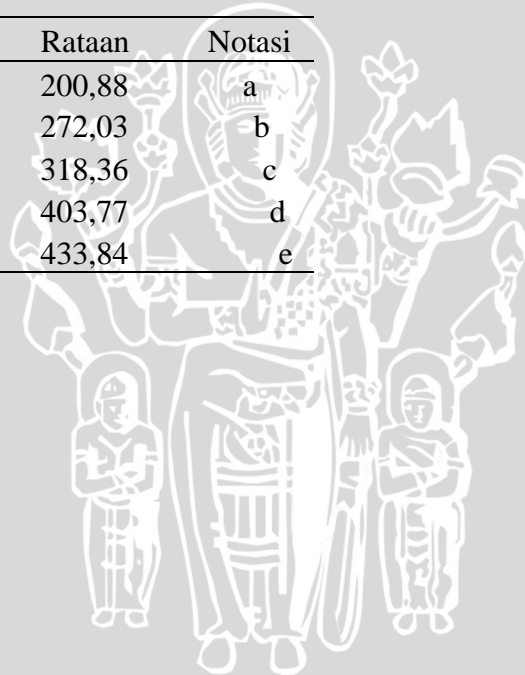
	2	3	4
JND 1 %	3,89	4,06	4,16
JNT 1 %	14,00	14,62	14,98

Notasi

L >< Tepung	Rataan	Notasi
L ₀	199,21	a
L ₁	258,08	b
L ₂	297,14	c
L ₃	384,21	d
L ₄	421,42	e

Notasi

L >< Terenkapsulasi	Rataan	Notasi
L ₀	200,88	a
L ₁	272,03	b
L ₂	318,36	c
L ₃	403,77	d
L ₄	433,84	e



Lampiran 13. Analisis statistik aktivitas enzim lipase

Bentuk	Level	Ulangan				Total	Rataan	Sd
		1	2	3	4			
B ₀	L ₀	134,33	139,93	151,65	156,12	582,03	145,51	10,11
	L ₁	195,18	205,95	202,98	214,14	818,25	204,56	7,84
	L ₂	226,50	232,21	226,50	234,19	919,40	229,85	3,95
	L ₃	246,49	250,03	247,33	245,36	989,21	247,30	1,99
	L ₄	253,07	260,17	260,82	267,03	1041,09	260,27	5,71
Total						4349,98	1087,49	
B ₁	L ₀	140,15	148,70	148,42	152,19	589,46	147,37	5,11
	L ₁	220,73	215,62	224,66	227,07	888,08	222,02	5,00
	L ₂	235,75	235,74	239,04	242,41	952,94	238,24	3,19
	L ₃	260,82	261,14	265,40	266,04	1053,40	263,35	2,75
	L ₄	275,22	275,53	283,79	272,83	1107,37	276,84	4,79
Total						4591,25	1147,82	
						8941,23	2235,31	

Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{\left(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r \right)^2}{axbxr}$$

$$= \frac{8941,23^2}{2 \times 5 \times 4}$$

$$= 1998618,70$$

Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{ijk}^2 - FK$$

$$= (134,33^2 + \dots + 272,83^2) - 1998618,70$$

$$= 76322,54$$

Lampiran 13 (lanjutan)

Jumlah Kuadrat Bentuk (JKB)

$$\begin{aligned} \text{JK Bentuk} &= \frac{\sum_{i=1}^a \left(\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{ijk} \right)^2}{b \times r} - \text{FK} \\ &= \frac{(4349,98^2 + 4591,25^2)}{5 \times 4} - 1998618,70 \\ &= 1455,04 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Level (JKL >> Tepung)

$$\begin{aligned} \text{JK (L >> Tepung)} &= \frac{\sum_{j=1}^b \left(\sum_{k=1}^r y_{(ij)k} \right)^2}{r} - \frac{\left(\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{(ij)k} \right)^2}{b \times r} \\ &= \frac{(582,03^2 + 818,25^2 + 919,40^2 + 989,21^2 + 1041,09^2)}{4} - \frac{4349,98^2}{5 \times 4} \\ &= 32882,60 \end{aligned}$$

JL Kuadrat Level (JKL >> Terenkapsulasi)

$$\begin{aligned} \text{JK (L >> Terenkapsulasi)} &= \frac{\sum_{j=1}^b \left(\sum_{k=1}^r y_{(ij)k} \right)^2}{r} - \frac{\left(\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r y_{(ij)k} \right)^2}{b \times r} \\ &= \frac{(589,46^2 + 888,08^2 + 952,94^2 + 1053,40^2 + 1107,37^2)}{4} - \frac{4591,25^2}{5 \times 4} \\ &= 41062,67 \end{aligned}$$

Lampiran 13 (lanjutan)

$$JK (L \times B) = JK (L \times T) + JK (L \times R)$$

$$= 32882,60 + 41062,67$$

$$= 73945,25$$

$$JK Galat = JK Total - JK Bentuk - JK (L \times B)$$

$$= 76322,54 - 1455,04 - 73945,25$$

$$= 922,25$$

Tabel sidik ragam

SK	db	JK	KT	F Hit	F Tab 5 %	F Tab 1 %
Bentuk	1	1455,04	1455,04	0,16*	4,17	7,56
(L x B)	8	73945,25	9243,16	300,67**	2,27	3,17
Galat	30	922,25	30,74			
Total	39	76322,54				

Keterangan: *F Hit < F 5% berarti bentuk memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata (P>0,05)

**F 5 % < F Hit < F 1 % berarti level tersarang pada bentuk memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata (P<0,01)

Uji Jarak Berganda Duncan's L x B

$$SE = \sqrt{\frac{KTG}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{30,74}{4}}$$

$$= 2,77$$

Tabel JND dan JNT

	2	3	4
JND 1 %	3,89	4,06	4,16
JNT 1 %	10,78	11,25	11,52

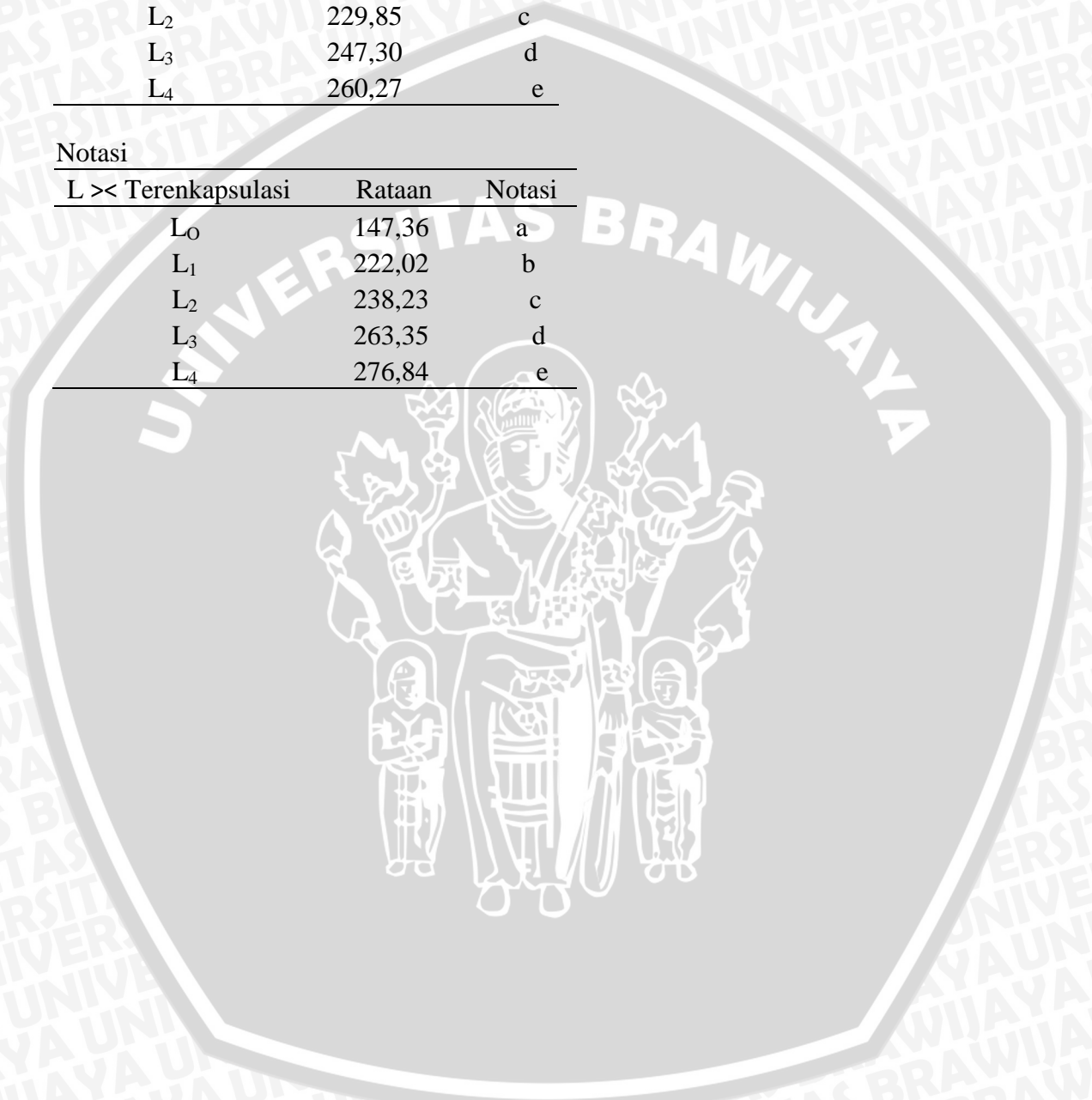
Lampiran 13 (lanjutan)

Notasi

L >> Tepung	Rataan	Notasi
L ₀	145,51	a
L ₁	204,56	b
L ₂	229,85	c
L ₃	247,30	d
L ₄	260,27	e

Notasi

L >> Terenkapsulasi	Rataan	Notasi
L ₀	147,36	a
L ₁	222,02	b
L ₂	238,23	c
L ₃	263,35	d
L ₄	276,84	e



Lampiran 14. Kandungan zat bioaktif level tersarang pada bentuk sumbangan campuran kunyit dan jahe

Tepung	Level				
	0 %	0,20 %	0,40 %	0,60 %	0,80 %
Minyak atsiri	0 %	0,03 %	0,06 %	0,08 %	0,11 %
Kurkumin	0 %	0,23 %	0,46 %	0,68 %	0,91 %
Oleoresin	0 %	0,04 %	0,09 %	0,13 %	0,18 %

Enkapsulasi	Level				
	0 %	0,20 %	0,40 %	0,60 %	0,80 %
Minyak atsiri	0 %	0,07 %	0,14 %	0,20 %	0,27 %
Kurkumin	0 %	0,63 %	1,27 %	1,90 %	2,54 %
Oleoresin	0 %	0,08 %	0,16 %	0,24 %	0,32 %

Sumber: Soewignyo (2009).

