

Biofarmasi

Journal of Natural Products Biochemistry

**VOLUME 7
NOMOR 1
FEBRUARI 2009
ISSN: 1693-2242**

PENERBIT:

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta

ALAMAT PENERBIT/REDAKSI:

Laboratorium Pusat MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126
Tel. & Fax. +62-271-663375
E-mail: unsjournals@yahoo.com
Online: <http://biosains.mipa.uns.ac.id/C/index.htm>

TERBIT PERTAMA TAHUN:

2003

ISSN:

1693-2242

PEMIMPIN REDAKSI/PENANGGUNGJAWAB:

S u t a r n o

SEKRETARIS REDAKSI:

Ahmad Dwi Setyawan

PENYUNTING PELAKSANA:

Djoko Santoso
Ratna Setyaningsih
Solichatun
Suratman
Tetri Widiyani

PENYUNTING AHLI:

Prof. Dr. Dayar Arbain – Universitas Andalas Padang
Prof. Dr. dr. Santosa, M.S. – Universitas Sebelas Maret Surakarta
Prof. Dr. Syamsul Arifin Achmad – Institut Teknologi Bandung
Prof. Drs. Suranto, M.Sc., Ph.D. – Universitas Sebelas Maret Surakarta
Dr. Chaerul, Apt. – Pusat Penelitian Biologi LIPI Bogor
Dr. C.J. Sugiharjo, Apt. – Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
Dr. Ir. Supriyadi, M.Sc. – Balai Penelitian Tanaman Obat dan Rempah Bogor

Biofarmasi, Journal of Natural Products Biochemistry

mempublikasikan tulisan ilmiah, baik hasil penelitian asli maupun telaah pustaka (*review*) dalam lingkup ilmu-ilmu farmasi dan biologi, dengan tema khusus biokimia bahan alam (*natural product biochemistry*). Setiap naskah yang dikirimkan akan ditelaah oleh redaktur pelaksana, redaktur ahli, dan redaktur tamu yang diundang secara khusus sesuai bidangnya. Dalam rangka menyongsong pasar bebas, penulis sangat dianjurkan menuliskan karyanya dalam Bahasa Inggris, meskipun tulisan dalam Bahasa Indonesia yang baik dan benar tetap sangat dihargai. Hingga nomor ini, jurnal dikirimkan kepada institusi-institusi yang meminta tanpa biaya pengganti, sebagai bentuk pertukaran pustaka demi mendorong penelitian, pengembangan, dan pemanfaatan bahan alam. Jurnal ini terbit dua kali setahun, setiap bulan Pebruari dan Agustus.

Kajian kadar asam fitat dan kadar protein selama pembuatan tempe kara benguk (*Mucuna pruriens*) dengan variasi pengecilan ukuran dan lama fermentasi

Study of phytic acid and protein contents during velvet beans (*Mucuna pruriens*) tempe production with variation of size reduction and fermentation time

LAELA NUR ROKHMAH, CHOIRUL ANAM, SRI HANDAJANI, DIAN RACHMAWATI

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126, Jawa Tengah

Manuskrip diterima: 11 September 2008. Revisi disetujui: 8 Desember 2008.

Abstract. Rokhmah LN, Anam C, Handajani S, Rachmawati D. 2009. Study of phytic acid and protein contents during velvet beans (*Mucuna pruriens*) tempe production with variation of size reduction and fermentation time. *Biofarmasi* 7: 1-9. Velvet bean is one species of Leguminosae containing phytic acid. The advantage of phytic acid is for antioxidant. Nevertheless, phytic acid has shortage, i.e. antinutritional. Phytic acid has characteristic that it can be provided from protein to form insoluble complex of phytate and protein. The formation of phytate-protein complex causes decreasing protein availability for human body so reducing the nutrition value of the food product. The aims of this research were to determine the influence of size reduction of velvet beans seed (*Mucuna pruriens*) and the fermentation time on the contents of phytic acid and soluble protein on the production of velvet bean (*Mucuna pruriens*) tempe. This research is a factorial experiment that arranged in a Randomized Complete Design (RCD) with two experimental factors including size reduction (3 kinds) and the time of fermentation (5 kinds). Every 12 hours fermentation time for three kinds of velvet beans seed size, the lowest phytic acid and the highest soluble protein were showed by velvet bean tempe from grinded seeds. On the fermentation time of 36 hours for three kinds of seeds size resulted in a lowest phytic acid during fermentation, i.e. 3.32 mg/g, 1.98 mg/g, and 1.16 mg/g, respectively. The contents of highest soluble protein during fermentation obtained on fermentation for 36 hours were 19.51 mg/g, 23.73 mg/g, and 24.89 mg/g. The fermentation time and the size of velvet bean seeds affected on phytic acid and soluble protein contents of velvet bean tempe. The longer fermentation time of velvet bean tempe caused a lower phytic acid content and a higher soluble protein content. The smaller size of velvet bean seeds on tempe caused a lower phytic acid content and a higher soluble protein content. The velvet bean tempe of grinded seeds with 36 hours fermentation had the lowest of phytic acid content and the highest of soluble protein content of all samples with the variation of reducing size and the duration of fermentation. The optimally time fermentation was recommended at 36 hours prior to solid texture, and the soluble protein and the phytic acid content on 48 fermentation were not significant.

Keywords: Fermentation time, phytic acid contents, size reduction, soluble protein contents, velvet bean

PENDAHULUAN

Salah satu sumber gizi yang dibutuhkan oleh manusia adalah protein. Protein mempunyai fungsi utama sebagai zat pembangun dan pengatur. Sebagai zat pembangun, protein merupakan bahan pembentuk jaringan-jaringan tubuh baru yang selalu berlangsung dalam tubuh. Selain itu, protein juga berfungsi sebagai bahan bakar apabila kebutuhan energi tubuh tidak terpenuhi oleh ketersediaan karbohidrat dan lemak. Terdapat dua jenis sumber protein yaitu hewani dan nabati. Meskipun pada umumnya sumber protein hewani lebih tinggi nilainya, terdapat beberapa protein nabati yang tergolong sumber protein yang tinggi nilainya, yaitu berkisar antara 16-33%, misalnya pada kacang-kacangan dan biji-bijian (Soedarmo dan Sediaoetama 1973).

Protein nabati lebih banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena harganya yang lebih terjangkau oleh masyarakat menengah ke bawah. Tempe merupakan salah satu sumber protein nabati yang sering dikonsumsi dan

pada umumnya berbahan baku kedelai. Akan tetapi, akhir-akhir ini harga tempe cenderung naik karena harga kedelai sebagai bahan baku naik hingga 100%, yaitu mencapai Rp7.500,00 per kg (awal Januari 2008) yang sebelumnya hanya Rp3.800,00 per kg (Agustus-September 2007). Bahan baku tempe selama ini masih diimpor dari Amerika, rata-rata 40%, karena produksi kedelai lokal terus mengalami penurunan (5,2%) dan tidak dapat memenuhi kebutuhan kedelai dalam negeri yang terus meningkat (1,8% tiap tahun) (Pitojo 2003), sedangkan tingkat impor kedelai terus meningkat.

Kenaikan harga kedelai yang berimbas pada kenaikan harga tempe mengakibatkan penurunan konsumsi tempe sebagai salah satu sumber protein oleh masyarakat. Oleh karena itu, perlu alternatif bahan baku tempe yang harganya relatif murah, sehingga kebutuhan masyarakat akan sumber protein dapat terpenuhi.

Kara benguk merupakan salah satu jenis anggota Leguminosae yang dapat digunakan sebagai salah satu alternatif bahan baku sumber protein non kedelai yang

dapat diolah menjadi tempe. Meskipun kadar protein kara benguk lebih rendah dari kedelai (28,7% kara benguk dan 40,4% kedelai), harga kara benguk lebih murah dibandingkan dengan kedelai (kara benguk Rp2.000,00 per kg), sehingga tempe kara benguk dapat terjangkau oleh masyarakat. Selain itu, kara benguk diproduksi secara lokal, sehingga tidak terpengaruh oleh biaya masuk impor.

Asam fitat yang terkandung dalam kara benguk memiliki keuntungan yaitu sebagai senyawa antioksidan. Meskipun demikian, asam fitat juga memiliki kekurangan yaitu sebagai senyawa antigizi. Tingginya kadar asam fitat dalam kara benguk dapat berikatan dengan logam dan protein membentuk kompleks senyawa tidak larut, sehingga menyebabkan turunnya ketersediaan mineral dan protein bagi tubuh, dengan demikian dapat menurunkan nilai gizi produk pangan yang bersangkutan. Dalam penelitian ini akan dikaji mengenai kandungan asam fitat sebagai zat antigizi. Kandungan HCN dalam kara benguk memang juga sangat tinggi sehingga dapat menyebabkan keracunan, bahkan kematian (dosis 0,5-3,5 mg HCN/kg berat badan) (Winarno 2002). Kerasnya biji kara benguk juga merupakan kelemahan. Akan tetapi, kekurangan-kekurangan tersebut dapat diatasi dengan proses yang baik dan benar, salah satunya dengan dibuat tempe, sehingga akan dihasilkan produk yang aman dan layak untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya untuk mengatasi kerasnya produk tempe kara benguk yaitu dengan melakukan pengecilan ukuran. Diduga perubahan ukuran kara benguk akan berpengaruh terhadap kadar asam fitat dan protein terlarut.

Tujuan penelitian ini adalah: 1) Mengetahui pengaruh pengecilan ukuran biji kara benguk (*Mucuna pruriens*) dan lama fermentasi terhadap kadar asam fitat pada pembuatan tempe kara benguk, serta 2) Mengetahui pengaruh pengecilan ukuran biji kara benguk dan lama fermentasi terhadap kadar protein pada pembuatan tempe kara benguk.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penelitian dilaksanakan mulai Maret-Juni 2008.

Alat dan bahan

Bahan yang digunakan yaitu kara benguk yang diperoleh dari pasar Legi Surakarta yang berasal dari Madura, air, ragi tempe merek "RAPRIMA" produksi Bandung yang diperoleh dari Koperasi "Makmur" Mojosongo, Surakarta, plastik, dan *aluminium foil*. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini berkualitas pro-analisis, seperti HNO_3 0,5 M, HNO_3 0,5 N, FeCl_3 , amil alkohol, amonium tiosianat, natrium fitat (Na-fitat), akuades, larutan Lowry A (larutan folin ciocalteau dan akuades, 1:1), Lowry B (campuran larutan 2% Na_2CO_3

dalam NaOH 1 N dengan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan Na-K-tartrat 2%), dan larutan standar BSA atau kasein.

Sementara itu, alat yang digunakan yaitu spektrofotometer (Model Shimadzu UV Mini 1240), spektrofotometer (Model Termo Electron Corporation 20D+), oven (merek Memmert UNM 400), sentrifuse, *waterbath*, kompor, panci, alat perajang, blender, baskom, timbangan mekanik, pengaduk, kertas saring, penggiling daging, tabung reaksi, gelas ukur, erlenmeyer, pipet ukur, pipet tetes, tabung reaksi, botol timbang, *magnetic stirrer*, *hot plate*, *stopwatch*, dan termometer.

Rancangan penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian hubungan fungsional yang pendekatan variabelnya dilakukan melalui suatu eksperimen dengan memakai sampel tempe kara benguk dan rancangan dasar berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri dari dua faktor, yaitu variasi pengecilan ukuran (3 macam) serta variasi lama fermentasi (5 macam). Rancangan percobaan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengamatan parameter/peubah

Peubah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut. Variabel bebas untuk uji kadar asam fitat di laboratorium adalah variasi lama fermentasi dan variasi pengecilan ukuran kara benguk. Variabel terikat utama adalah kadar asam fitat pada kara benguk dan tempe kara benguk. Variabel bebas untuk uji protein terlarut di laboratorium adalah variasi lama fermentasi dan variasi pengecilan ukuran kara benguk. Variabel terikat utama adalah kadar protein pada kara benguk dan tempe kara benguk.

Cara kerja

Persiapan bahan dan sortasi, Kara benguk disortasi dari cemaran fisik, kemudian ditimbang dan dicuci terlebih dahulu sebelum diproses ke tahap berikutnya.

Perendaman 1, Masing-masing sebanyak 1,5 kg kara benguk direndam selama 24 jam. Perbandingan air dan kara benguk adalah 4:1.

Perebusan, Kara benguk yang telah direndam, kemudian direbus selama 30 menit. Perbandingan air dan kara benguk adalah 4:1. Setelah dingin, kulit kara benguk dikupas.

Perendaman 2, Kara benguk yang telah dikupas kulitnya direndam kembali dalam air dengan perbandingan air dan kara benguk 4:1 selama 24 jam.

Tabel 1. Rancangan percobaan

Lama fermentasi	Perlakuan		
	Kara utuh	Kara belah	Kara giling
0 jam	P ₁ U	P ₁ B	P ₁ G
12 jam	P ₂ U	P ₂ B	P ₂ G
24 jam	P ₃ U	P ₃ B	P ₃ G
36 jam	P ₄ U	P ₄ B	P ₄ G
48 jam	P ₅ U	P ₅ B	P ₅ G

Perendaman 3, Setelah 24 jam, diganti dengan air yang baru dan dilakukan perendaman lagi selama 24 jam dengan perbandingan air:biji kara benguk 4:1.

Perlakuan pengecilan ukuran, Kara benguk dibagi menjadi 3 (tiga) bagian yang sama banyak, 1 bagian untuk kontrol (utuh), 1 bagian dibelah (1 lembaga dibelah menjadi 3), dan 1 bagian digiling.

Pengukusan, Pengukusan dilakukan selama 25 menit dengan api sedang. Selanjutnya, biji kara benguk ditiriskan dengan menggunakan saringan dan didinginkan pada suhu kamar dan udara terbuka.

Inokulasi, Inokulasi dilakukan dengan menggunakan ragi tempe dengan perbandingan 2 gr ragi tempe dalam 1 kg kara benguk, selanjutnya keduanya dicampur secara homogen. Kemudian kara benguk yang telah dicampur dengan ragi tempe dimasukkan ke dalam kantong plastik yang telah dilubangi dengan ujung jarum berdiameter kecil dan berjarak $1 \times 1 \text{ cm}^2$.

Fermentasi, Inkubasi dilakukan dengan menempatkan plastik yang sudah diisi dengan sampel, dengan ditata di atas rak pada suhu kamar selama 0, 12, 24, 36, dan 48 jam.

Analisis laboratorium

Uji kadar asam fitat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar asam fitat dalam tempe kara benguk. Pengujian kadar asam fitat dilakukan dengan menggunakan metode Davies dan Nightingale (1975). Prinsip metode ini adalah ion ferri yang membentuk kompleks dengan fitat tidak lagi dapat bereaksi dengan io-ion tiosianat untuk membentuk kompleks warna merah. Dengan adanya amil alkohol, densitas optik larutan yang diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang (λ) 465 nm berbanding terbalik dengan konsentrasi fitat. Semakin banyak jumlah asam fitat pada bahan, absorbansinya akan semakin rendah (Davies dan Nightingale 1975).

Sebelum dianalisis, tempe dari tiap-tiap perlakuan pengecilan ukuran dioven pada suhu 100°C selama 2 jam. Setelah itu, bahan dihaluskan dengan menggunakan blender hingga melewati ayakan 80 mesh. Semua bahan yang telah halus disimpan dalam botol kering, ditutup rapat untuk selanjutnya dianalisis.

Uji kadar protein

Uji kadar protein dilakukan dengan menggunakan metode Lowry. Metode Lowry digunakan untuk menganalisis kadar protein terlarut dalam bahan makanan. Prinsip uji Lowry ini yaitu adanya reaksi antara Cu^{2+} dengan ikatan peptida dan reduksi asam fosfomolibdat dan asam fosfotungstat oleh tirosin dan triptofan (merupakan residu protein) akan menghasilkan warna biru. Kadar protein terlarut ditentukan dengan menggunakan persamaan kurva standar (Apriyantono et al. 1989).

Penentuan kadar protein pada setiap tahap pembuatan tempe kara benguk dilakukan dengan menggunakan kurva standar BSA (*Bovine Serum Albumin*). Hasil pembuatan kurva baku menghasilkan persamaan garis regresi $y=a+bx$, dimana y adalah absorbansi dan x adalah kadar protein (mg/ml).

Analisis data

Pengujian statistik untuk parameter asam fitat dan protein terlarut dianalisis dengan mengaplikasikan *software* SPSS 11.0 menggunakan analisis variansi (ANAVA) pada $\alpha=5\%$, kemudian dilanjutkan dengan pengujian *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air

Kara benguk merupakan salah satu jenis kacang-kacangan yang dapat dimanfaatkan untuk diolah menjadi tempe sebagai alternatif sumber protein. Selama fermentasi tempe, mikroorganisme mencerna substrat dan menghasilkan air, karbon dioksida, dan sejumlah besar energi (ATP). Air sebagai salah satu hasil metabolisme, sangat berpengaruh terhadap komponen-komponen lain, termasuk pertumbuhan kapang sebagai mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi tempe. Dalam penelitian ini, dengan variabel variasi lama fermentasi dan variasi pengecilan ukuran, air yang dihasilkan dihitung sebagai kadar air dalam bahan yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 2. Kadar air digunakan untuk menghitung kadar asam fitat dan kadar protein terlarut dalam berat kering.

Berdasarkan data pada Tabel 2, kadar air tempe kara benguk dengan berbagai variasi lama fermentasi dan variasi pengecilan ukuran berkisar antara 6,94-27,48%. Pada fermentasi selama 0 jam pada tempe kara benguk dengan perlakuan belah (8,41%) dan giling (7,44%), masing-masing menunjukkan perbedaan yang nyata apabila dibandingkan dengan kara benguk biji utuh (27,48%), sedangkan antara tempe kara benguk biji belah dan giling tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini karena proses pengukusan yang dilakukan sebelum fermentasi. Proses pengukusan mengakibatkan penurunan kadar air karena panas yang dihasilkan akan menguapkan sebagian air dalam bahan. Kadar air tempe kara benguk dengan biji yang berukuran lebih kecil akan lebih rendah apabila dibandingkan pada tempe kara benguk dengan ukuran biji yang lebih besar. Dalam hal ini, kadar air pada tempe kara benguk biji utuh paling besar dibandingkan kara benguk biji belah dan giling, sedangkan pada kara benguk biji belah lebih besar dibandingkan biji giling. Selama proses pengukusan, panas yang dihasilkan dari proses pengukusan akan menguapkan air dalam bahan, sehingga semakin besar ukuran biji kara benguk maka air yang teruapkan semakin sedikit, karena uap panas sulit menembus biji karena luas permukaannya yang kecil. Sebaliknya, semakin kecil ukuran biji kara benguk maka kandungan air dalam biji kara yang teruapkan semakin banyak karena uap panas semakin mudah menguapkan air dalam biji kara. Perbedaan kadar air yang tidak berbeda nyata pada tempe kara benguk biji belah dan giling dikarenakan biji kara benguk yang digiling berukuran kecil, sehingga rongga antar biji kara benguk giling sempit dan menyebabkan uap air sulit teruapkan akibat air yang terperangkap.

Fermentasi selama 12 jam memberikan hasil kadar air yang berbeda nyata pada tempe kara benguk biji utuh, belah, dan giling. Air merupakan salah satu produk hasil

fermentasi aerob. Pada fermentasi selama 12 jam, ragi yang digunakan dalam fermentasi tempe sudah melakukan proses metabolisme dan merombak senyawa makromolekul pada biji kara bengkok menjadi senyawa yang lebih sederhana meskipun belum sempurna. Hal itu ditunjukkan dengan kenaikan kadar air pada tempe kara bengkok biji belah dan giling (dari 8,41% menjadi 15,87% pada kara bengkok biji belah dan dari 7,44% menjadi 11,23% pada kara bengkok biji giling), namun pada tempe kara bengkok utuh mengalami penurunan (dari 27,48% menjadi 21,00%). Sebenarnya pada tempe kara bengkok biji utuh juga dihasilkan air sebagai hasil metabolisme, namun jumlahnya tidak sebanyak yang dihasilkan oleh tempe kara bengkok biji belah dan giling. Hal ini dikarenakan ukuran biji pada tempe kara bengkok utuh besar, sehingga metabolisme ragi tidak sebesar pada tempe kara bengkok belah dan giling. Penurunan kadar air tersebut disebabkan sebagian air menguap akibat panas yang dihasilkan selama fermentasi, dan akibat kontak dengan udara meskipun sebagian air digunakan untuk pertumbuhan ragi. Hal ini sesuai dengan Rosningsih (2000) yang menyatakan bahwa kapang membutuhkan air untuk proses metabolisme.

Fermentasi selama 24 jam memberikan hasil yang berbeda nyata antara tempe kara bengkok biji belah dan giling (10,97% dan 10,06%) dibandingkan dengan kara bengkok utuh (8,77%), sedangkan antara tempe kara bengkok biji belah dan giling memberikan hasil yang tidak berbeda nyata. Fermentasi selama 24 jam untuk tempe kara bengkok biji utuh dan belah menunjukkan penurunan kadar air yang berbeda dengan fermentasi selama 12 jam. Penurunan kadar air pada kara bengkok biji utuh terjadi secara drastis yaitu dari 21,00% menjadi 8,77%, sedangkan pada tempe kara bengkok belah dari 15,87% menjadi 10,97%, tidak sedrastis pada tempe kara bengkok utuh. Hal ini diduga pada fermentasi selama 24 jam, aktivitas ragi mengalami penurunan, sehingga kadar air yang dihasilkan juga mengalami penurunan.

Kadar air pada fermentasi selama 36 jam untuk biji belah dan giling mengalami penurunan dibanding fermentasi selama 24 jam yang berbeda nyata, berturut-turut untuk kara bengkok biji belah dan giling menjadi 6,94% dan 7,62%. Pada fermentasi selama 36 jam ini, aktivitas kapang semakin mengalami penurunan. Penurunan aktivitas mikrobia secara eksponensial ini merupakan penurunan aktivitas yang terjadi secara garis lurus. Oleh karena aktivitas mikrobia menurun maka hasil metabolisme juga mengalami penurunan, termasuk air. Akan tetapi, terjadi kenaikan kadar air yang tidak berbeda nyata pada tempe kara bengkok utuh, belah, dan giling pada fermentasi selama 48 jam. Kenaikan kadar air pada akhir fermentasi ini terjadi akibat peningkatan kembali aktivitas ragi yang merupakan penyimpangan yang dialami oleh jamur benang. Hal ini sesuai dengan pendapat Wibowo (1990) yang menyatakan bahwa pertumbuhan jamur benang mudah mengalami penyimpangan dari hukum pertumbuhan logaritmik karena suplai oksigen menjadi pembatas pertumbuhan. Selain itu, kondisi tersebut terutama disebabkan oleh terjadinya perubahan lingkungan yang akan menyebabkan terjadinya perubahan konstituen biomassa.

Kadar asam fitat

Kara bengkok merupakan salah satu anggota Leguminosae sebagai sumber protein, namun mengandung asam fitat. Asam fitat, suatu heksafosfor dari mioinositol, adalah asam kuat yang membentuk garam tidak larut dengan beberapa mineral dan protein. Asam fitat dapat dikurangi salah satunya dengan diolah menjadi tempe. Pada fermentasi tempe kara bengkok digunakan ragi yang melibatkan berbagai jenis mikrobia yang dapat menghasilkan enzim fitase, sehingga pemecahan fitat berlangsung sangat cepat. Keberadaan mikroorganisme pada ragi mempunyai peranan penting, khususnya dalam membantu menurunkan asam fitat. Ragi tempe yang umumnya terbuat dari kapang *Rhizopus* menghasilkan enzim fitase yang merupakan salah satu enzim yang dapat menghidrolisis asam fitat menjadi inositol dan orthofosfat. Kadar asam fitat pada sampel dengan variasi lama fermentasi dan pengecilan ukuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Biji kara bengkok yang telah direndam, direbus, dan dikukus, diinokulasikan dengan ragi tempe, dibungkus dengan plastik yang dilubangi dengan jarum, dan diinkubasi pada suhu kamar (37°C) selama 0, 12, 24, 36, dan 48 jam. Pada fermentasi selama 0 jam, kadar asam fitat pada tempe kara bengkok biji utuh tidak berbeda nyata dengan tempe kara bengkok biji belah (masing-masing 5,11 mg/g dan 4,66 mg/g), namun berbeda nyata dengan tempe kara bengkok biji giling (4,04 mg/g). Akan tetapi, tempe kara biji belah tidak berbeda nyata dengan tempe kara bengkok biji giling. Perbedaan kadar asam fitat pada ketiga jenis biji kara bengkok pada fermentasi selama 0 jam dikarenakan proses pengukusan. Proses pengukusan dilakukan sebelum proses fermentasi. Panas yang dihasilkan selama proses pengukusan dapat menurunkan kadar asam fitat meskipun cara ini bukan merupakan cara yang efektif untuk mereduksi asam fitat, hal ini sesuai dengan pendapat Muchtadi dan Sugiyono (1992) yang menyebutkan bahwa asam fitat sangat tahan terhadap pemanasan selama pengolahan. Hal ini terbukti dari kadar asam fitat yang diperoleh selama penelitian. Dengan perbedaan ukuran biji kara dihasilkan kadar asam fitat yang tidak berbeda nyata antara tempe kara bengkok biji utuh dengan biji belah, namun berbeda nyata dengan tempe kara bengkok biji giling, sedangkan tempe kara bengkok biji belah tidak berbeda nyata dengan tempe kara bengkok biji giling. Penetrasi panas pada tempe kara bengkok biji giling lebih besar dibandingkan biji belah dan utuh. Semakin kecil ukuran biji maka penetrasi panas semakin mudah.

Pada fermentasi selama 12 jam, ragi sudah melakukan aktivitas metabolisme dan enzim fitase yang dihasilkan sudah mulai menghidrolisis asam fitat. Kadar asam fitat pada tempe kara bengkok biji utuh dan belah berbeda nyata dengan tempe kara bengkok biji giling (3,74 mg/g), sedangkan antara tempe kara bengkok biji utuh dan biji belah tidak berbeda nyata (5,06 mg/g dan 4,57 mg/g). Hal ini menunjukkan enzim fitase mudah menghidrolisis asam fitat pada biji kara bengkok yang berukuran lebih kecil karena hifa kapang lebih mudah menembus biji kara bengkok yang berukuran lebih kecil. Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan Apriadi (2008) bahwa pada pembuatan

tempe kedelai pecah bahwa tempe yang butiran bijinya pecah-pecah, kapang akan lebih mudah menembus kedelai. Kapang terdiri dari benang yang disebut hifa, kumpulan hifa ini dikenal sebagai miselium. Kapang tumbuh dengan cara memperpanjang hifa (Buckle 1985). Semakin kecil ukuran butiran biji tempe kara bengkok maka semakin mudah kapang menembus biji kara bengkok dan semakin banyak asam fitat yang diuraikan oleh enzim fitase yang dihasilkan oleh kapang.

Semakin lama waktu fermentasi, miselium jamur semakin tebal akibat pertumbuhan ragi yang semakin meningkat. Dengan pertumbuhan ragi dan semakin tebalnya miselium jamur maka enzim fitase yang diproduksi semakin meningkat dengan ditunjukkan semakin menurunnya kadar asam fitat. Pada fermentasi selama 24 jam, miselium jamur semakin tebal dibandingkan dengan fermentasi sebelumnya. Kadar asam fitat pada tempe kara bengkok biji utuh berbeda nyata dengan biji belah dan giling pada waktu fermentasi yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan jamur pada tempe kara bengkok biji belah dan giling relatif cepat dan seimbang apabila dibandingkan dengan tempe kara bengkok biji utuh karena hifa jamur lebih mudah menembus biji kara bengkok yang ukurannya semakin kecil.

Kadar asam fitat pada fermentasi selama 36 jam mengalami penurunan yang berbeda nyata antar perlakuan dengan fermentasi sebelumnya. Hal ini diduga pada fermentasi selama 36 jam merupakan fase puncak pertumbuhan ragi tempe. Pada fase tersebut, kapang yang telah beradaptasi terhadap kondisi baru akan tumbuh secara eksponensial sampai jumlah maksimum yang dapat didukung oleh kondisi lingkungan yang dicapai (Buckle et al. 1985). Dengan meningkatnya pertumbuhan ragi maka enzim fitase yang dihasilkan juga mengalami peningkatan, sehingga asam fitat yang terhidrolisis semakin banyak. Kadar asam fitat pada tempe kara bengkok biji utuh, belah, dan giling berturut-turut 3,32 mg/g, 1,98 mg/g, dan 1,16 mg/g. Penurunan kadar asam fitat yang signifikan ini selain disebabkan oleh kapang ragi tempe, juga dapat disebabkan oleh aktivitas bakteri yang tumbuh dengan baik. Sudarmadji (1975) mengamati pertumbuhan *Bacillus licheniformis* dan *Bacillus cereus* pada tempe setelah fermentasi selama 24 jam sampai 36 jam. Pangastuti dan Triwibowo (1996) melaporkan adanya aktivitas fitase pada bakteri *Bacillus subtilis*. Dengan demikian, turunnya kadar asam fitat selama fermentasi tidak hanya disebabkan oleh adanya jamur, tetapi diduga juga disebabkan oleh pertumbuhan bakteri selama pembuatan tempe.

Fermentasi selama 48 jam merupakan akhir fermentasi pada penelitian ini. Kadar asam fitat pada tempe kara bengkok biji belah dan giling tidak berbeda nyata, sedangkan tempe kara bengkok biji utuh dengan biji belah dan giling berbeda nyata, berturut-turut 3,08 mg/g, 1,44 mg/g, dan 1,05 mg/g untuk tempe kara bengkok biji utuh, belah, dan giling. Kadar asam fitat pada fermentasi selama 48 jam tidak berbeda nyata dengan fermentasi selama 36 jam untuk semua variasi pengecilan ukuran. Pada fermentasi tersebut diduga merupakan fase stasioner menuju tahap kematian karena penurunan kadar asam fitat

tidak berbeda nyata dengan fermentasi selama 36 jam, namun kadarnya mengalami penurunan.

Sejalan dengan lamanya fermentasi, semakin lama fermentasi maka kadar asam fitat semakin menurun. Untuk tempe kara bengkok biji utuh, pada awal fermentasi kadar asam fitat sebesar 5,11 mg/g dan mengalami penurunan pada akhir fermentasi menjadi 3,08 mg/g. Penurunan terjadi dari 71,87% menjadi 43,32% apabila dibandingkan dengan kadar asam fitat pada bahan mentah. Penurunan tersebut berbeda nyata pada kadar awal fermentasi dan akhir fermentasi. Kadar asam fitat tempe kara bengkok biji belah pada awal fermentasi dari 4,66 mg/g menjadi 1,44 mg/g pada akhir fermentasi. Penurunan terjadi dari 65,54% menjadi hanya sekitar 20,25%. Tempe kara bengkok biji giling pada awal fermentasi memiliki kadar asam fitat dari 4,04 mg/g menjadi 1,05 mg/g pada akhir fermentasi. Kadar asam fitat pada semua ukuran biji kara bengkok berbeda nyata pada awal fermentasi dengan akhir fermentasi. Hal ini berarti lama fermentasi berpengaruh dalam menurunkan kadar asam fitat tempe kara bengkok.

Di antara 4 (empat) waktu fermentasi, kadar asam fitat terendah diperoleh pada fermentasi selama 36 jam, baik tempe kara bengkok biji utuh (3,32 mg/g), kara bengkok biji belah (1,98 mg/g), dan kara bengkok biji giling (1,16 mg/g). Meskipun kadar asam fitat pada fermentasi selama 48 jam lebih rendah, nilainya tidak berbeda nyata dengan fermentasi selama 36 jam, sehingga apabila dilihat dari aspek kadar asam fitat, pada fermentasi selama 36 jam fermentasi dapat dihentikan karena kadarnya sudah rendah.

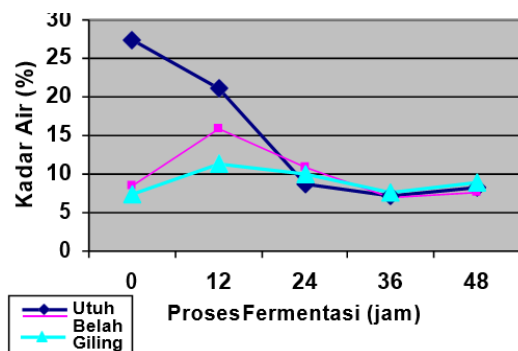
Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa variasi ukuran biji berpengaruh terhadap kadar asam fitat selama fermentasi dengan perlakuan penggilingan memiliki kadar asam fitat paling rendah diantara dua perlakuan lainnya. Hal ini diduga karena aktivitas fermentasi dilakukan oleh *Rhizopus oligosporus*, meskipun tidak murni, karena yang dalam penelitian ini digunakan ragi. Menurut Sutardi (1988), *Rhizopus oligosporus* merupakan salah satu jenis jamur yang dapat menghasilkan fitase yang dapat menghidrolisis asam fitat. Jenis jamur lain yang dapat menghasilkan fitase adalah *Aspergillus oryzae* NRRL 1988, *Rhizopus oligosporus* NRRL 3671, dan *Neurospora sitophilla* ATCC 14151 (Tranggono dan Hastuti 1993). Sebenarnya dalam kacang-kacangan dan sereal terdapat enzim fitase dalam jumlah yang sangat sedikit dan dalam kondisi terinhibisi oleh substrat (asam fitat) (Widowati 2008), sehingga diperlukan enzim fitase secara ekstraseluler yang dapat dilakukan melalui proses fermentasi.

Biji kara bengkok yang digiling lebih mudah ditembus oleh miselium jamur yang menghubungkan antara biji-biji tersebut. Hal ini terlihat dari tekstur tempe kara bengkok yang digiling lebih kompak. Semakin mudah biji kara bengkok ditembus oleh miselium jamur maka akan semakin tinggi aktivitas enzim fitase untuk menghidrolisis asam fitat yang terdapat dalam endosperm biji kara bengkok. Sebaliknya, kara bengkok utuh akan sulit ditembus bijinya oleh miselium jamur, sehingga asam fitat yang terhidrolisis oleh fitase tidak sebanyak pada kara bengkok giling. Pada penelitian pendahuluan diketahui bahwa asam fitat pada kara bengkok sebagian besar terkandung di dalam

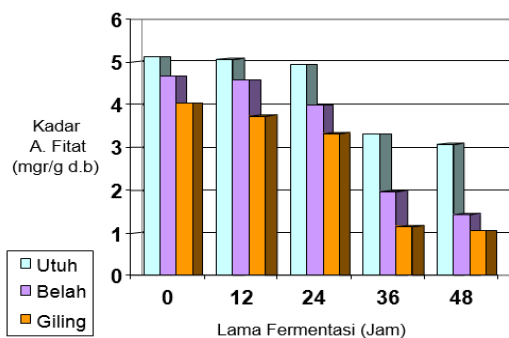
endosperm, karena penurunan kadar asam fitat secara signifikan terjadi ketika proses fermentasi dibandingkan proses pengupasan kulit yang diikuti dengan perendaman, yaitu dari 6,78 mg/g menjadi 5,66 mg/g. Hasil ini diperkuat dengan pendapat Arinanti (2005) bahwa asam fitat pada *dry bean* utuh dan dikupas mempunyai asam fitat yang berbeda. Jumlah asam fitat pada biji *dry bean* yang dikupas (dari berbagai varietas) meningkat 7-60% dibanding bentuk utuhnya. Hal ini berarti untuk produk kacang-kacangan, sebagian besar asam fitat terdapat pada bagian kotiledon, sedangkan pada produk sereal, asam fitat terbanyak terdapat pada aleuron (Reddy 1982; Arinanti 2005). Kadar asam fitat pada akhir fermentasi tempe kara benguk utuh paling tinggi apabila dibandingkan dengan kedua perlakuan lainnya yaitu sebesar 3,08 mg/g, apabila dibandingkan dengan kadar asam fitat pada biji kara benguk mentah,

asam fitat tinggal 43,22%. Kadar asam fitat pada tempe kara benguk biji belah pada akhir fermentasi sebesar 1,44 mg/g, apabila dibandingkan dengan kadar asam fitat kara mentah, asam fitat tinggal 20,25%. Kadar asam fitat pada tempe kara benguk biji giling pada akhir fermentasi sebesar 1,05 mg/g, apabila dibandingkan dengan kadar asam fitat kara mentah, kadar asam fitat tinggal 14,77%.

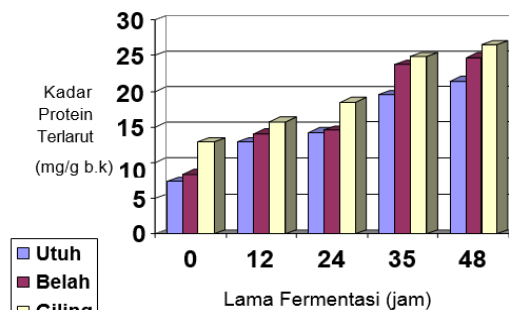
Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Tranggono dan Hastuti (1993), pembuatan tempe kara benguk biji utuh dengan variasi lama fermentasi 0, 12, 24, 36, dan 48 jam, kadar asam fitat dalam tempe kara benguk utuh sebesar 47,00%. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian ini yaitu sebesar 43,32%. Hal ini diduga karena perbedaan varietas kara benguk sebagai bahan baku pembuatan tempe dan alat yang digunakan berpengaruh terhadap perbedaan hasil yang diperoleh.



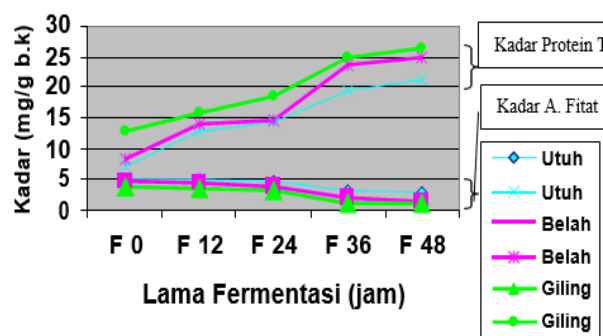
Gambar 1. Kadar air pada tempe kara benguk selama fermentasi



Gambar 2. Kadar asam fitat pada tempe kara benguk selama fermentasi



Gambar 3. Kadar protein terlarut pada tempe kara benguk selama fermentasi



Gambar 4. Hubungan asam fitat dan kadar protein pada tempe kara benguk selama fermentasi

Tabel 2. Kadar air, asam fitat dan protein pada tempe kara benguk dengan perlakuan lama fermentasi dan pengecilan ukuran biji

Proses fermentasi	Kadar air (%)			Kadar asam fitat (mg/g)			Kadar protein (mg/g)		
	Biji utuh	Biji belah	Biji giling	Biji utuh	Biji belah	Biji giling	Biji utuh	Biji belah	Biji giling
0 jam	27,48 ^a	8,41 ^{e,f,g}	7,44 ^{f,g}	5,11 ^a	4,66 ^{a,b}	4,04 ^{b,c,d}	7,32 ^g	8,39 ^g	12,92 ^f
12 jam	21,00 ^b	15,87 ^c	11,23 ^d	5,06 ^a	4,57 ^{a,b,c}	3,74 ^{d,e,f}	12,85 ^f	14,10 ^{e,f}	15,76 ^e
24 jam	8,77 ^{e,f}	10,97 ^d	10,06 ^{d,e}	4,93 ^a	3,97 ^{c,d,e}	3,33 ^{e,f}	14,27 ^{e,f}	14,59 ^{e,f}	18,48 ^d
36 jam	7,20 ^{f,g}	6,94 ^g	7,62 ^{f,g}	3,32 ^{e,f}	1,98 ^g	1,16 ^h	19,51 ^{c,d}	23,73 ^b	24,89 ^{a,b}
48 jam	8,17 ^{f,g}	7,66 ^{f,g}	8,88 ^{e,f}	3,08 ^f	1,44 ^{g,h}	1,05 ^h	21,44 ^c	24,78 ^{a,b}	26,53 ^a

Keterangan: Huruf di belakang angka yang berbeda menunjukkan berbeda nyata antar perlakuan ($p < 0,05$)

Kadar protein terlarut

Tempe merupakan salah satu makanan hasil fermentasi yang populer di Indonesia yang terbuat dari kacang-kacangan yang diinokulasikan dengan jamur *Rhizopus oligosporus* yang membentuk padatan kompak berwarna putih (Iswani 1996). Dibandingkan dengan bahan mentah yang digunakan yang umumnya berupa kedelai, tempe memiliki banyak keuntungan. Secara kimiawi, hal ini dapat dilihat dari kadar padatan terlarut, nitrogen terlarut, asam amino bebas, nilai cerna, nilai efisiensi protein, serta skor proteinnya.

Protein merupakan komponen utama dalam tempe karena tempe merupakan salah satu sumber protein nabati. Kara benguk merupakan salah satu anggota Leguminosae yang pada umumnya merupakan sumber protein nabati, sehingga pada penelitian pembuatan tempe dengan variasi pengecilan ukuran dan lama fermentasi ini dilakukan pengukuran kadar protein terlarut (kadar asam amino bebasnya). Data kadar protein terlarut pada tempe kara benguk dengan variasi lama fermentasi dan pengecilan ukuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, pada waktu fermentasi selama 0 jam, kadar protein terlarut pada tempe kara benguk biji utuh (7,32 mg/g) dan belah (8,39 mg/g) berbeda nyata dengan tempe kara benguk biji giling (12,92 mg/g), sedangkan antara tempe kara benguk biji utuh dan belah tidak berbeda nyata. Tempe kara benguk biji giling memiliki kadar protein terlarut yang lebih tinggi dibandingkan dua perlakuan ukuran biji yang lain. Hal ini disebabkan oleh proses pengukusan yang dilakukan sebelum fermentasi. Proses pengukusan dapat menyebabkan peningkatan pencernaan dan kelarutan protein. Semakin kecil ukuran biji kara benguk ditambah dengan proses pengukusan, semakin besar kadar protein terlarutnya.

Kadar protein pada fermentasi selama 12 jam berbeda nyata antara tempe kara benguk biji utuh dengan tempe kara benguk biji giling, sedangkan dengan tempe kara benguk biji belah tidak berbeda nyata. Kadar protein pada tempe kara benguk biji belah dan giling tidak berbeda nyata. Meskipun demikian, kadar protein pada tempe kara benguk biji giling lebih besar (15,76 mg/g) dibandingkan dengan dua ukuran yang lainnya (12,85 mg/g dan 14,10 mg/g). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kapang telah melakukan aktivitas metabolisme dan menghasilkan enzim proteinase, sehingga protein dipecah menjadi komponen yang lebih sederhana yaitu asam amino bebas (protein terlarut). Asam amino dihitung sebagai protein terlarut dengan pengujian metode Lowry karena adanya interaksi antara protein dan air, salah satunya terjadi melalui rantai cabang (gugus R) asam-asam amino (interaksi melalui ionisasi, polar, dan nonpolar) selain melalui ikatan peptida dalam rantai polipeptida (interaksi melalui dipol-dipol) (Marseno 1998).

Kadar protein pada fermentasi selama 24 jam berbeda nyata antara tempe kara benguk biji utuh dan belah dengan kara benguk biji giling, sedangkan antara tempe kara benguk biji utuh dan belah tidak berbeda nyata, dengan kadar protein pada biji utuh, belah, dan giling berturut-turut

yaitu 14,27 mg/g, 14,59 mg/g, dan 18,48 mg/g. Kandungan protein pada tempe kara benguk biji belah dan giling lebih mudah didegradasi oleh kapang karena ukurannya yang lebih kecil dibandingkan dengan tempe kara benguk biji utuh, sehingga kadar protein terlarutnya lebih besar pada biji belah dan giling. Kadar protein pada fermentasi selama 24 jam ini mengalami kenaikan yang berbeda nyata daripada fermentasi sebelumnya pada tempe kara benguk biji giling (Tabel 2), namun tidak untuk dua macam ukuran biji yang lain. Hal ini diduga aktivitas kapang dalam mengurai protein lebih besar pada ukuran biji yang lebih kecil.

Fermentasi selama 36 jam dan 48 jam pada tempe kara benguk memberikan hasil kadar protein yang berbeda nyata antara kara benguk biji belah dan giling dengan kara benguk biji utuh. Berdasarkan Gambar 3 dan Tabel 2 yang menunjukkan kadar protein selama fermentasi, kadar protein juga mengalami peningkatan ketika fermentasi selama 36 jam dan 48 jam untuk semua variasi ukuran biji kara benguk.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa lama fermentasi berpengaruh terhadap kadar protein tempe kara benguk. Selama proses fermentasi, terjadi degradasi komponen-komponen penyusun biji kara benguk, termasuk pemecahan protein menjadi komponen yang lebih sederhana. Semakin lama fermentasi maka jumlah protein yang terdegradasi menjadi asam amino semakin besar. Akan tetapi, apabila fermentasi ditambah waktunya maka akan dihasilkan amoniak yang memiliki *flavour* yang berbeda dan sampai akhirnya akan dihasilkan tempe kara benguk busuk. Asam amino lebih mudah larut dalam air dan nilai kecernaannya lebih tinggi. Perombakan menjadi asam amino berpengaruh terhadap *flavour* khas tempe yang dihasilkan. Proses metabolisme yang terjadi dalam tubuh manusia berlangsung dengan memecah protein menjadi komponen yang lebih sederhana, yaitu asam amino, karena asam amino ini yang akan digunakan oleh tubuh untuk metabolisme.

Asam amino yang berasal dari kara benguk termasuk asam amino eksogen karena disintesis di luar tubuh manusia dan disebut juga asam amino esensial, artinya didapatkan dari makanan sehari-hari (Winarno 2002). Menurut Wirahadikusumah (1989), terdapat sepuluh jenis asam amino esensial dan jenis asam amino yang paling banyak terdapat pada kacang-kacangan adalah asam amino lisin dan asam amino pembatasnya (asam amino dalam jumlah terbatas) adalah metionin (Muchtadi dan Sugiyono 1992). Menurut Salunkhe dan Kadam (1990), terdapat 17 jenis asam amino dalam kara benguk, 9 diantaranya adalah asam amino esensial, termasuk lisin yang menempati urutan ketiga terbesar.

Asam amino terhitung sebagai protein terlarut dengan metode pengujian Lowry. Hal ini disebabkan oleh adanya interaksi antara protein dan air, juga dapat berdasarkan sifat asam amino yang dapat larut dalam air, tidak larut dalam alkohol atau eter, dapat membentuk garam kompleks dengan logam berat (misalnya asam amino dengan Cu^{2+} membentuk senyawa kompleks berwarna biru tua), dan dapat membentuk senyawa berwarna biru dengan ninhidrin

(Winarno 2002). Sifat mudah larut dalam air membuktikan bahwa asam amino memiliki sifat mengionik (ionik). Asam amino maupun protein dapat bereaksi dengan senyawa tertentu yang memberikan warna spesifik. Reaksi pewarnaan tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi kadar asam amino atau protein secara kualitatif maupun kuantitatif. Sifat reaktif dari rantai samping (gugus R) asam amino terhadap senyawa tertentu merupakan salah satu reaksi yang akan memberikan warna spesifik. Misalnya gugus fenol pada tirosin dalam suasana alkali akan memberikan warna biru dengan *phospor-molybdate* (folin-ciocalteu) (Marseno 1998).

Variasi pengecilan ukuran juga berpengaruh terhadap kadar protein terlarut. Hal ini terlihat dalam setiap fermentasi. Setiap 12 jam pengujian kadar protein, terlihat pada perlakuan kara benguk giling memiliki kadar protein yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan dua perlakuan lainnya. Pada awal fermentasi (0 jam) sampai dengan akhir fermentasi, kadar protein terendah diperoleh pada tempe kara benguk biji utuh, pada tempe kara benguk belah lebih tinggi daripada tempe kara benguk biji utuh, dan tempe kara benguk giling memiliki kadar protein yang paling tinggi.

Kadar asam fitat dan protein terlarut

Kadar protein dalam biji kara benguk berkorelasi dengan kadar asam fitat. Dalam biji kara benguk mentah, sejumlah protein berikatan dengan asam fitat dalam biji kara benguk yang menyebabkan kelarutannya rendah setelah melalui tahap proses pembuatan tempe. Asam fitat efektif direduksi dengan proses fermentasi. Hal tersebut dibuktikan dari data yang diperoleh. Dengan korelasi yang berkebalikan dengan kadar asam fitat yang rendah maka kadar protein terlarut mengalami peningkatan karena kadar asam fitat yang berkurang, hal ini berarti protein yang berikatan dengan asam fitat semakin berkurang yang mengakibatkan kadar protein semakin meningkat selama fermentasi berlangsung. Korelasi antara kadar asam fitat dan kadar protein pada tempe kara benguk dengan variasi lama fermentasi dan pengecilan ukuran dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa kadar asam fitat pada ketiga jenis ukuran biji semakin mengalami penurunan dengan semakin lamanya waktu fermentasi. Terlihat juga tempe kara benguk biji utuh memiliki kadar asam fitat paling tinggi diantara kara benguk belah dan giling. Akan tetapi, kadar protein terlarut berkebalikan dengan grafik kadar asam fitat. Semakin lama fermentasi maka kadar protein terlarut semakin besar untuk semua jenis ukuran biji kara benguk. Terlihat juga tempe kara benguk biji utuh memiliki kadar protein terlarut paling kecil diantara kara benguk belah dan giling. Hal tersebut disebabkan miselium kapang lebih mudah menembus biji yang berukuran lebih kecil. Semakin mudah biji ditembus oleh miselium maka semakin mudah dan banyak enzim fitase yang dihasilkan oleh ragi dalam menghidrolisis asam fitat menjadi mioinositol dan ortoreduktase, dan semakin banyak pula protein yang diuraikan oleh kapang menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu asam amino bebas.

Masyarakat dalam mengonsumsi tempe kara benguk membutuhkan nutrisi, termasuk protein, dalam jumlah yang optimal dan kandungan asam fitat yang seminimal mungkin. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh (Tabel 2), tempe kara benguk dengan fermentasi selama 36 jam memiliki kandungan protein terlarut dalam jumlah paling besar dan kandungan asam fitat dengan jumlah paling rendah diantara lima variasi waktu fermentasi, dan tempe kara benguk biji giling dengan fermentasi selama 36 jam memiliki kadar protein terlarut tertinggi dan kadar asam fitat terendah diantara semua sampel. Secara penampilan, tempe kara benguk dengan fermentasi selama 36 jam dan 48 jam sudah kompak dan tidak berbeda nyata.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa variasi lama fermentasi dan pengecilan ukuran berpengaruh pada kadar asam fitat. Semakin lama waktu fermentasi maka kadar asam fitat pada tempe kara benguk semakin rendah. Semakin kecil ukuran biji kara benguk yang akan diolah menjadi tempe maka kadar asam fitat semakin rendah. Variasi lama fermentasi dan pengecilan ukuran berpengaruh pada kadar protein terlarut. Semakin lama waktu fermentasi maka kadar protein terlarut semakin meningkat. Semakin kecil ukuran kara benguk yang akan diolah menjadi tempe maka kadar protein terlarutnya semakin rendah. Tempe kara benguk biji giling dengan fermentasi selama 36 jam mempunyai kadar asam fitat terendah (1,16 mg/g) dan kadar protein terlarut tertinggi (24,89 mg/g). Secara penampilan, tempe kara benguk dengan fermentasi selama 36 jam dan 48 jam sudah kompak dan tidak berbeda nyata. Tempe kara benguk pada fermentasi selama 36 jam mempunyai kadar asam fitat terendah dan kadar protein tertinggi di antara kelima variasi waktu karena dengan fermentasi selama 48 jam tidak berbeda nyata, sehingga merupakan waktu optimal fermentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriadi H. 2008. Kedelai dan tempe masih dianggap sepele. www.docudesk.com. [29 Juli 2008].
- Apriyantono A, Fardiaz D, Puspitasari NL et al. 1989. Petunjuk laboratorium analisis pangan. IPB Press, Bogor.
- Arinanti M. 2005. Aktivitas Antioksidan Komponen Fenolik dan Asam Fitat pada Berbagai Jenis Kacang. [Tesis]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Buckle KA, Edwards RA, Fleet GH et al. 1985. Ilmu pangan. UI Press, Jakarta.
- Davies NT, Nightingale R. 1975. The effect of pyrate on intestinal absorption and secretion of zinc and manganese in rats. *Br J Nutr* 34 (2): 243-258.
- Iswani L. 1996. Perbedaan Kebutuhan Energi Panas untuk Pengukusan Kedelai pada Berbagai Perlakuan Pencucian dalam Pembuatan Tempe. [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Marseno DW. 1998. *Handout* kimia hasil pertanian materi air, protein, dan enzim. UGM, Yogyakarta.
- Muchtadi TR, Sugiyono. 1992. Ilmu pengetahuan bahan pangan. Dirjen Pendidikan dan Kebudayaan PAU Pangan dan Gizi, IPB, Bogor.
- Pangastuti HP, Triwibowo P. 1996. Pengaruh lama fermentasi terhadap kandungan asam fitat dalam tempe kedelai. *Cermin Kedokteran* No 108, Jakarta.

- Pitojo S. 2003. Benih kedelai. Kanisius, Yogyakarta.
- Reddy NR, Sathy SK, Salunki DK. 1982. Phytates in legumes and cereals. *Adv Food Res* 28: 1-92.
- Rosningsih S. 2000. Pengaruh lama fermentasi dengan EM-4 terhadap kandungan ekskreta layer. *Buletin Pertanian dan Peternakan* 1 (2): 62-69.
- Salunkhe DK, Kadam SS. 1990. Handbook world food legumes nutritional chemistry processing technology and utilization, Volume III. CRC Press, Florida.
- Soedarmo P, Sediaoetama AD. 1977. Ilmu gizi. Dian Rakyat, Jakarta.
- Sudarmadji S. 1975. Certain chemical and nutritional aspect of soybean tempe. Michigan State University, Michigan.
- Sutardi. 1988. Phytase Activity During Tempe Production. [Thesis]. Departement of Food Science and Technology, The university of New South Wales, New South Wales.
- Tranggono S, Hastuti. 1993. Aktivitas fitase pada tahap-tahap pembuatan tempe kara benguk, kara putih, dan gude menggunakan inokulum *Rhizopus oligosporus* NRRL 2710. *Agritech* 13 (3): 1-5.
- Wibowo D. 1990. Teknologi fermentasi. PAU Pangan dan Gizi, UGM, Yogyakarta.
- Widowati S. 2008. Pemanfaatan hasil samping penggilingan padi dalam menunjang sistem agroindustri di pedesaan. *Buletin Agrobio* 4 (1): 33-38.
- Winarno FG. 2002. Kimia pangan dan gizi. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wirahadikusumah M. 1989. Biokimia protein, enzim, dan asam nukleat. ITB Press, Bandung.

Karakterisasi *edible film* komposit dari glukomanan umbi iles-iles (*Amorphophallus muelleri*) dan maizena

Characterization of composite edible film from glucomanan of iles-iles (*Amorphophallus muelleri*) tuber and cornstarch

SISWANTI, R. BASKORO KATRI ANANDITO, GODRAS JATI MANUHARA

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126, Jawa Tengah

Manuskrip diterima: 19 November 2008. Revisi disetujui: 6 Februari 2009.

Abstract. Siswanti, Anandito RBK, Manuhara GJ. 2009. Characterization of composite edible film from glucomanan of iles-iles (*Amorphophallus muelleri*) tuber and cornstarch. *Biofarmasi* 7: 10-21. The use of glucomanan and cornstarch flour combination is presumed to produce a strong but elastic edible film as well as to have a lower permeability to H₂O. The objectives of this research were: (i) to find out the characteristic of glucomanan resulted from extraction, (ii) to find out the effect of glucomanan resulted from extraction on the physical (thickness and solvability) and mechanical (elongation and tensile strength) properties, as well as edible film inhibition of glucomanan-maizena combination against the water vapour transmission rate, (iii) to find out the edible film capability in inhibiting the apple weight loss through wrapping method, and (iv) to find out the edible film capability in inhibiting the apple weight loss and browning through coating method. This research consisted of six major steps, i.e. material storage, glucomanan extraction, glucomanan characterization, edible film preparation, edible film characterization, and edible film application. In this research, a completely random design was used with two replications in preparing edible film for each treatment of glucomanan concentration and two replications for the edible film characterization testing for each film preparation replication. The data obtained was analyzed for variance, if there was a difference, it was followed with Duncan Multiple Range Test at a significance level of 0.05. The rendemen of iles-iles flour and glucomanan were 15% and 9.88%, respectively. The glucomanan resulted from isolation consisted of 9.78% water, 1.54% N, 0.41% fat, 3.40% ash, 0.55% crude fibre and 84.87% carbohydrate. The increased glucomanan concentration tended to increase the thickness, solvability, tensile strength, and elongation of edible film, but it decreased the water vapour transmission rate. The lowest water vapour transmission rate was occurred at the edible film with glucomanan addition of 15%. The apple pieces weight loss with wrapping method was about 0.0885 g/hour. In coating method, the best result was obtained from composite film of glucomanan-cornstarch 15%, because of having the lowest weight loss of 0.0597 g/hour and indifferent color brightness of apple until the third-day observation.

Keywords: *Amorphophallus muelleri* Blume, edible film, glucomanan, iles-iles, maizena

PENDAHULUAN

Beberapa jenis talas-talasan (Araceae) mempunyai potensi yang sangat besar apabila diproses melalui teknologi tepat guna. Salah satu jenis talas-talasan yang mempunyai banyak keunggulan adalah iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume sin. *A. blumei* (Scott.) Engler sin. *A. oncophyllus* Prain), termasuk dalam famili Araceae, merupakan jenis tanaman umbi yang mempunyai potensi dan prospek untuk dikembangkan di Indonesia. Selain mudah didapatkan, iles-iles juga mampu menghasilkan karbohidrat yang cukup tinggi berupa glukomanan (Jansen et al. 1996). Selain untuk bahan makanan, glukomanan juga dapat digunakan untuk berbagai macam industri, laboratorium kimia, dan obat-obatan (Lahiya 1993).

Iles-iles memiliki kandungan glukomanan yang tinggi yaitu sebesar 67% (Aryadi dan Rumawas 2006). Glukomanan merupakan suatu bahan pengemulsi (emulgator) pada industri makanan, kertas, dan kosmetika, karena bahan ini dalam cairan akan membentuk gel yang

mempunyai viskositas cukup tinggi (Meir 1967; Ohtsuki 1968; Tipson 1975). Glukomanan mempunyai sifat-sifat antara selulosa dengan galaktomanan, yaitu dapat mengkristal dan membentuk struktur serat-serat halus. Selain itu, glukomanan juga dapat membentuk gel yang bersifat elastis. Kondisi ini mengakibatkan glukomanan mempunyai manfaat yang lebih luas daripada selulosa dan galaktomanan, salah satunya yaitu dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi *edible film*.

Edible film merupakan lapisan tipis yang digunakan untuk melapisi makanan (*coating*), atau diletakkan di antara komponen yang berfungsi sebagai penahan terhadap transfer massa seperti air, oksigen, dan lemak, atau berfungsi sebagai pembawa bahan tambahan pangan. Dalam berbagai kasus, *edible film* dengan sifat mekanik yang baik dapat menggantikan pengemas sintetis (Krochta dan de Mulder 1997).

Menurut Susilowati (2001), glukomanan memiliki peranan yang sangat penting dalam pembuatan *edible film*, karena glukomanan dapat membentuk gel yang bersifat elastis, sedangkan menurut Fennema (1976), salah satu

metode pembuatan *edible film* adalah dengan pembentukan gel dari biopolimer yang dilanjutkan dengan penguapan pelarut.

Pada umumnya, film yang terbuat dari pati mudah sekali rusak (Barus 2002). Penggunaan glukomanan dari iles-iles yang dikombinasikan dengan tepung maizena untuk membuat *edible film* diharapkan dapat menghasilkan *edible film* yang kuat namun tetap elastis, serta mempunyai sifat penghambat yang baik terhadap uap air. Maizena merupakan tepung yang diperoleh dari jagung. Zein dalam maizena mempunyai komposisi asam amino penyusun yang sebagian besar berupa asam amino nonpolar seperti leusin, prolin, dan alanin (Shewry dan Mifflin 1985), kandungan inilah yang diharapkan mampu menurunkan laju transmisi uap air *edible film* yang dihasilkan.

Dengan adanya potensi sumber daya alam Indonesia yang cukup besar dalam menghasilkan umbi iles-iles, potensi glukomanan dari umbi iles-iles dan maizena dari jagung untuk pembuatan *edible film*, serta manfaat yang diperoleh dari penggunaan *edible film* maka penelitian tentang pembuatan *edible film* dari tepung komposit glukomanan umbi iles-iles dan tepung maizena perlu dilakukan. Selain itu, dalam penelitian ini, selain sifat fisik (kelarutan dan ketebalan film) dan mekanik (pemanjangan film (*elongasi*), kekuatan regang-putus (*tensile strength*)), besarnya efektivitas penghambatan *edible film* dari tepung komposit glukomanan umbi iles-iles dan tepung maizena terhadap transfer uap air dan susut berat, serta pencokelatan pada buah apel yang dikemas juga perlu diteliti.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk: (i) Mengetahui karakteristik glukomanan hasil ekstraksi, (ii) Mengetahui pengaruh glukomanan hasil ekstraksi terhadap sifat fisik (ketebalan dan kelarutan) dan mekanik (pemanjangan dan kekuatan regang-putus) serta penghambatan *edible film* glukomanan komposit tepung maizena terhadap laju transmisi uap air (WVTR), (iii) Mengetahui kemampuan *edible film* komposit glukomanan-maizena dalam menghambat penyusutan berat pada buah apel dengan metode *wrapping*, (iv) Mengetahui kemampuan *edible film* komposit glukomanan-maizena dalam menghambat penyusutan berat serta pencokelatan pada buah apel dengan metode *coating*.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Laboratorium Pangan dan Gizi, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta pada bulan Januari sampai Juli 2008.

Alat dan bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi iles-iles. Buah yang digunakan untuk tahap aplikasi adalah buah apel segar. Natrium metabisulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) digunakan untuk perendaman umbi iles-iles. Bahan yang digunakan untuk mengekstraksi glukomanan

dari iles-iles adalah etanol 95% dan akuades. Bahan untuk analisis proksimat glukomanan (hasil ekstraksi) meliputi petroleum eter, H_2SO_4 pekat, HCl 0,02 N, asam borat 4%, dan akuades. Pembuatan *edible film* menggunakan bahan-bahan antara lain glukomanan hasil ekstraksi, maizena, akuades, dan gliserol. Bahan yang digunakan untuk karakterisasi *edible film* adalah akuades, larutan garam 40%, apel segar, dan *silica gel*.

Sementara itu, alat yang digunakan untuk membuat tepung glukomanan adalah blender, oven, *waterbath*, kain saring, *beaker glass*, pengaduk, serta ayakan standar 50 dan 80 mesh. Untuk analisis tepung glukomanan (hasil ekstraksi) digunakan alat-alat antara lain oven, eksikator, *muffle*, dan kompor listrik. Alat yang digunakan untuk membuat *edible film* yaitu gelas ukur, plat plastik, *hot plate*, *magnetic stirrer*, pengaduk, dan oven, sedangkan alat yang digunakan untuk karakterisasi *edible film* adalah micrometer Mitutoyo (ketelitian 0,001), Lloyd's Universal Testing Instrument 50 Hz model 1000 s, stoples plastik, dan cawan WVTR. Alat yang digunakan untuk analisis permeabilitas uap air film dan nilai susut berat ialah cawan WVTR, stoples, *hair dryer*, dan timbangan analitik.

Cara kerja

Penelitian ini terdiri dari enam tahap utama, yaitu penyiapan bahan, ekstraksi glukomanan, karakterisasi glukomanan, pembuatan *edible film*, karakterisasi *edible film*, dan aplikasi *edible film*.

Pembuatan tepung umbi iles-iles

Umbi iles-iles dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada permukaannya, kemudian ditiriskan sampai kering. Umbi iles-iles kemudian dikupas dan diiris dengan ketebalan antara 5-7 mm. Selanjutnya, irisan-irisan umbi iles-iles direndam dengan natrium metabisulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) dengan konsentrasi 1000 ppm dan lama perendaman 5 menit. Umbi selanjutnya dikeringkan pada suhu 60°C selama 8 jam sampai diperoleh gaplek kering. Gaplek kering dihancurkan dengan menggunakan blender hingga diperoleh tepung iles-iles (Aminah 1992).

Tahap ekstraksi glukomanan

Metode yang digunakan untuk ekstraksi glukomanan adalah menurut Aminah (1992). Mula-mula tepung iles-iles yang diperoleh dari tahap sebelumnya dicampur selama 3 menit dengan akuades sebanyak 50 mL untuk tiap gram tepung, kemudian dilakukan pemanasan pada suhu 55°C selama 1,5 jam sambil diaduk secara periodik. Bubur tepung umbi iles-iles yang diperoleh lalu disaring hingga diperoleh ampas dan supernatan (bagian yang jernih). Supernatan ditampung dalam wadah, sedangkan ampas yang diperoleh diekstrak kembali dengan cara yang sama hingga diperoleh supernatan. Supernatan yang diperoleh pada ekstraksi yang kedua (ekstraksi ampas) dicampur dengan supernatan pertama dan diaduk. Supernatan direndam dalam etanol 95% (25 mL tiap gram tepung iles-iles yang diekstrak) sampai terbentuk gumpalan kemudian disaring. Gumpalan glukomanan tersebut lalu dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 8 jam

hingga diperoleh glukomanan dalam bentuk kasar. Glukomanan kasar tersebut lalu dihancurkan dengan blender, kemudian diayak dengan ayakan 80 mesh hingga diperoleh tepung glukomanan halus.

Karakterisasi tepung ileles-iles dan glukomanan

Tepung ileles-iles dan glukomanan hasil ekstraksi selanjutnya dilakukan analisis proksimat yang meliputi analisis kadar air, protein, lemak, abu, dan karbohidrat *by different*.

Pembuatan edible film komposit glukomanan-maizena

Pembuatan *edible film* komposit glukomanan dan maizena mengacu pada metode yang dikembangkan oleh Manuhara (2003) yang dimodifikasi dengan metode pembuatan gel glukomanan yang disarankan oleh Aminah (1992).

Mula-mula dua jenis larutan disiapkan terlebih dahulu. Larutan pertama adalah larutan glukomanan dan gliserol. Ca(OH)_2 sebesar 0,2% (b/b glukomanan) dilarutkan dalam 150 mL akuades. Kemudian glukomanan dengan variasi konsentrasi (0%, 5%, 10%, 15%, b/b maizena) ditambahkan dan dilarutkan ke dalam larutan Ca(OH)_2 yang telah dibuat sebelumnya. Selanjutnya, gliserol 0,5% (b/b maizena) atau 2,6 g ditambahkan ke dalam larutan yang mengandung glukomanan dan Ca(OH)_2 tersebut dan diaduk.

Sementara itu, larutan kedua yang harus disiapkan adalah larutan maizena. Mula-mula maizena sebanyak 5,2 g ditambahkan ke dalam 150 mL akuades. Campuran akuades dan maizena tersebut kemudian dipanaskan di atas *hotplate* selama 30 detik, dan dilanjutkan dengan pengadukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 detik. Selanjutnya, pemanasan dan pengadukan dilakukan sampai semua bahan larut.

Larutan maizena yang terakhir dibuat kemudian dicampur dengan larutan glukomanan-gliserol dan diaduk. Larutan yang merupakan campuran kedua jenis larutan tersebut kemudian dipanaskan dan diikuti dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian larutan tersebut dituang ke dalam plat plastik (ukuran 24 x 16 cm²). Selanjutnya, pengeringan larutan film dalam plat tersebut dilakukan dengan oven pada suhu 60°C selama 8 jam untuk mendapatkan *edible film* komposit glukomanan-maizena.

Karakterisasi edible film

Pengujian karakter fisik *edible film* meliputi ketebalan film (McHugh et al. 1996), pemanjangan film (Gontard et al. 1993), kekuatan regang-putus film (Gontard et al. 1993), kelarutan film (Gontard et al. 1993), dan laju transmisi uap air (WVTR) (Gontard et al. 1993). Selanjutnya, *edible film* dengan WVTR terendah dipilih untuk digunakan dalam tahap aplikasi.

Aplikasi edible film

Pelapisan (*coating*) pada potongan buah apel. Aplikasi film dengan cara pelapisan (*coating*) pada potongan buah apel mengacu pada metode yang digunakan oleh McHugh dan Sanesi (2000) yang telah dimodifikasi

dalam Layuk (2001). Mula-mula apel dipotong empat persegi panjang dengan ukuran 3 cm x 1,5 cm x 1,5 cm, kemudian dicelupkan ke dalam larutan campuran asam askorbat 0,5% dan asam sitrat 0,5% selama 5 menit, lalu potongan apel tersebut dicelupkan ke larutan *edible film* selama 5 menit. Potongan apel selanjutnya dipindahkan dari larutan dan dikeringkan pada suhu 40°C selama 35 menit dengan *hair dryer*. Pencelupan dilakukan selama dua kali agar semua bagian pada potongan buah apel terlapsi secara merata. Selanjutnya, 4 potongan buah apel dimasukkan ke dalam cawan petri kemudian dimasukkan ke dalam stoples plastik yang sudah diberi *silica gel*, kemudian disimpan pada suhu 25-27°C selama 3 hari. Pengamatan yang dilakukan adalah analisis susut berat dan warna dengan chromameter.

Pengemasan (*wrapping*) buah apel. Dalam pengujian yang mengacu pada metode yang digunakan oleh McHugh dan Sanesi (2000) ini, *edible film* yang diuji adalah *edible film* dari komposit glukomanan dan maizena yang memiliki nilai permeabilitas uap air terendah. Pengujian *edible film* ini dibandingkan dengan plastik Saran, *edible film* dari maizena, dan perlakuan tanpa *wrapping* sebagai kontrol. Pada tiap-tiap cawan pengujian digunakan tiga potongan buah apel dengan berat total potongan apel yang relatif sama untuk setiap cawan, kemudian cawan-cawan tersebut disimpan pada suhu kamar selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan pengamatan susut berat cawan-cawan tersebut pada hari ke-0, 1, 2, dan 3. Nilai susut berat terbentuk dari titik-titik yang merupakan hasil *ploting* nilai susut berat (sumbu y) dan hari pengamatan (sumbu x). Selain itu diamati juga warna cokelat pada buah.

Analisis data

Dalam penelitian ini digunakan Rancangan Acak Lengkap dengan dua kali ulangan pembuatan *edible film* untuk setiap perlakuan konsentrasi glukomanan serta dua kali ulangan pengujian karakteristik *edible film* untuk setiap ulangan pembuatan film.

Data yang didapat selanjutnya dilakukan analisis varian. Jika terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan uji beda nyata dengan menggunakan analisis *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada tingkat signifikansi 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi dan karakterisasi glukomanan dari ileles-iles

Hasil karakteristik kimia dan rendemen tepung ileles-iles

Tahap pertama yang dilakukan untuk mengisolasi glukomanan dari umbi ileles-iles adalah dengan pembuatan tepung ileles-iles. Tepung ileles-iles yang diperoleh selanjutnya dilakukan analisis kimia dan penghitungan rendemen. Analisis kimia yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari tepung ileles-iles yang diperoleh, yang nantinya akan diekstrak glukomanannya. Hasil analisis kimia dan rendemen tepung ileles-iles disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik tepung iles-iles (*Amorphophallus muelleri*) dan tepung glukomanan

Karakteristik	Tepung iles-iles		Tepung glukomanan	
	Kadar <i>wet basis</i> (%)	Kadar <i>dry basis</i> (%)	Kadar <i>wet basis</i> (%)	Kadar <i>dry basis</i> (%)
Air	8,35	9,41	9,78	10,84
Total N	5,25	5,41	1,54	1,70
Lemak	8,77	9,60	0,41	0,42
Abu	4,75	5,18	3,40	3,77
Karbohidrat (<i>by different</i>)	72,88	79,81	84,87	94,11
Serat kasar	3,68	3,73	0,55	0,60
Rendemen	15,00	-	9,88	-

Dari hasil karakterisasi yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa tepung iles-iles yang diperoleh dari gaplek iles-iles mempunyai kadar air yang cukup rendah dan telah memenuhi kriteria. Departemen Perdagangan dan Koperasi dalam Yudiani (1994) menyatakan salah satu karakteristik keripik iles-iles mutu I dan II adalah mempunyai kadar air maksimal 12%.

Kandungan abu, serat kasar, serta rendemen pada tepung iles-iles yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan kadar abu, serat kasar, dan rendemen pada tepung suweg (*Amorphophallus campanulatus* BI), namun tepung iles-iles mempunyai kandungan lemak dan protein yang lebih tinggi. Richana dan Sunarti (2004) menyebutkan tepung suweg mempunyai kandungan rendemen sebesar 18,42%, kadar air 9,4%, kadar abu 3,81%, kadar lemak 1,64%, protein 5,22%, dan serat kasar 4,74%.

Kadar serat tepung maupun pati dipengaruhi oleh umur panen umbi segar. Jika kadar pati pada umbi telah mencapai optimum maka kadar pati pada umbi akan terus turun secara perlahan dan mulai terjadi perubahan pati menjadi serat (Wahid et al. 1992).

Menurut Wiyani (1988), pada proses pembuatan tepung glukomanan komersial secara mekanis, setiap 7 kg umbi iles-iles segar menghasilkan 1 kg gaplek kering atau rendemen gaplek iles terhadap umbi segar sebesar 14,28%.

Hasil karakteristisasi secara kimia dan rendemen glukomanan

Glukomanan yang diperoleh dari hasil isolasi tepung iles-iles selanjutnya dilakukan analisis kimia dan penghitungan rendemen. Hasil analisis proksimat dan rendemen glukomanan tepung iles-iles disajikan pada Tabel 1.

Kadar abu pada glukomanan cenderung lebih rendah dibanding tepung umbi, hal ini dipengaruhi oleh perbedaan proses pengolahan tepung dan glukomanan. Glukomanan diperoleh dari ekstraksi dan pencucian yang berulang-ulang. Hal tersebut menyebabkan mineral tersebut menjadi terlarut dan ikut terbuang bersama ampas.

Kandungan protein dan lemak pada glukomanan yang diperoleh masih cukup tinggi. Leach (1965) menyatakan bahwa protein dan pati akan membentuk kompleks dengan permukaan granula dan menyebabkan viskositas pati menjadi turun dan berakibat pada rendahnya kekuatan gel.

Kadar lemak dalam pati dan tepung dapat mengganggu proses gelatinisasi karena lemak mampu membentuk kompleks dengan amilosa, sehingga dapat menghambat keluarnya amilosa dari granula pati. Selain itu, sebagian besar lemak akan diabsorpsi oleh permukaan granula, sehingga berbentuk lapisan lemak yang bersifat hidrofobik di sekeliling granula. Lapisan lemak tersebut akan menghambat pengikatan air oleh granula pati. Hal ini menyebabkan kekentalan dan kelekatan pati berkurang akibat jumlah air berkurang untuk terjadinya pengembangan granula pati (Collison 1968). Rendahnya kekuatan gel serta penurunan pengembangan granula pati diduga akan berdampak pada sifat *edible film* yang dihasilkan, yaitu penurunan sifat mekanik, terutama kekuatan regang putusnya.

Sementara itu, Ohashi et al. (2000) menyatakan bahwa ketidakmurnian glukomanan dapat berasal dari *impurities* pada bahan baku yang digunakan yaitu tepung konjak (iles-iles). *Impurities* tersebut dapat berupa pati yang tidak larut, selulosa, atau komponen yang mengandung nitrogen, misalnya protein. Sebagian besar *impurities* tersebut merupakan produk turunan dari kantong yang menyelubungi glukomanan pada umbi iles-iles. *Impurities* tersebut mengakibatkan gel glukomanan yang terbentuk terkesan keruh (*cloudy*), sehingga timbulnya kekeruhan, warna yang agak gelap, serta permukaan yang kasar pada *edible film* diduga disebabkan oleh adanya *impurities* pada glukomanan hasil ekstraksi. Menurut Ohashi et al. (2000), glukomanan yang telah dimurnikan memiliki karakteristik total N tidak lebih dari 0,25%.

Rendemen yang diperoleh pada ekstraksi glukomanan dari tepung iles-iles ini (9,88%) lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Chairu dan Sofnie (2006) pada iles-iles (*Amorphophallus campanulatus* Blumei) yaitu dengan rendemen sebesar 5,41%. Menurut Wiyani (1988), pada proses pembuatan tepung glukomanan komersial secara mekanis, setiap 7 kg umbi iles-iles segar menghasilkan 550 g tepung glukomanan, sehingga rendemen tepung glukomanan komersial yang didapat dari umbi iles-iles sebesar 7,86%. Perbedaan jenis iles-iles yang digunakan diduga menyebabkan perbedaan rendemen glukomanan yang diperoleh. Selain itu, penggunaan garam elektrolit, alkohol jenis etanol dan isopropanol, serta proses sentrifugasi diduga mampu menghasilkan glukomanan yang lebih murni dan meningkatkan jumlah rendemen.

Pati yang terkandung dalam umbi iles-iles berbentuk suspensi dengan glukomanan. Penambahan garam elektrolit, seperti NaCl (Anzel 1989), menyebabkan stabilitas suspensi menjadi terganggu, sehingga suspensi tersebut pecah dan patinya mengendap secara perlahan-lahan. Dengan penambahan gaya kecepatan putaran (sentrifugal), kandungan pati dalam umbi iles-iles akan lebih cepat mengendap. Selain itu, pengendapan juga dipengaruhi oleh kelarutan zat tersebut. Pati tidak larut dalam air dan membentuk koloidal yang akan mengendap dalam waktu yang cukup lama, tetapi dengan penambahan gaya kecepatan putar sentrifugal menyebabkan pati atau zat-zat yang tidak larut akan lebih cepat dan lebih mudah mengendap (Morris dan Morris 1976; Rabek 1983). Dalam

hal ini, glukomanan yang larut dalam air akan membentuk larutan kental, dan dengan perlakuan yang telah disebutkan sebelumnya maka pati dan glukomanan dapat dipisahkan dengan baik.

Morris dan Morris (1976) serta Rabek (1983) menyebutkan bahwa hasil ekstraksi glukomanan dari umbi iles-iles dapat dilakukan dengan menggunakan etanol dan isopropanol dengan perbandingan 1:1,5. Hal ini dapat dijelaskan bahwa glukomanan berdasarkan jumlah gugus hidroksilnya (OH) merupakan polisakarida yang kurang polar dibandingkan pati, disamping itu BM-nya relatif lebih rendah dibandingkan pati terlarut, meskipun keduanya membentuk jembatan hidrogen sehingga larut dalam air. Dengan penambahan alkohol pada air akan menurunkan polaritas larutan dan akibatnya pada rasio alkohol tertentu glukomanan akan mengendap terlebih dahulu dibandingkan pati terlarut, sedangkan pati terlarut masih membentuk ikatan dengan air. Dibandingkan dengan sifat kepolaran alkohol yang digunakan, etanol dan isopropanol mempunyai polaritas yang lebih besar dibandingkan jenis alkohol lainnya.

Karakterisasi *edible film* komposit glukomanan-maizena

Pengaruh konsentrasi glukomanan terhadap ketebalan edible film

Ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan film dalam pembentukan produk yang akan dikemasnya. Ketebalan film akan mempengaruhi permeabilitas gas. Semakin tebal *edible film* maka permeabilitas gas akan semakin kecil dan dapat melindungi produk yang dikemas dengan lebih baik. Ketebalan film juga dapat mempengaruhi sifat mekanik film yang lain, seperti *tensile strength* dan elongasi. Namun dalam penggunaannya, ketebalan *edible film* harus disesuaikan dengan produk yang dikemasnya (Kusumasmarawati 2007).

Hasil penelitian menunjukkan peningkatan konsentrasi glukomanan cenderung meningkatkan ketebalan *edible film* yang dihasilkan. Konsentrasi glukomanan sebesar 15% memberikan nilai ketebalan tertinggi, namun tidak berbeda nyata dengan penambahan konsentrasi glukomanan sebesar 10%. Ketebalan *edible film* dari berbagai konsentrasi glukomanan ditunjukkan pada Gambar 1.

Semakin meningkat konsentrasi bahan yang digunakan akan menyebabkan peningkatan ketebalan film (McHugh 1993). Barus (2002) menyebutkan peningkatan ketebalan terjadi disebabkan karena adanya perbedaan konsentrasi bahan pembuat film, sedangkan volume larutan film yang dituangkan ke dalam masing-masing plat sama. Hal ini mengakibatkan total padatan di dalam film setelah dilakukan pengeringan meningkat dan polimer-polimer yang menyusun matriks film juga semakin banyak.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan, *edible film* komposit maizena glukomanan mempunyai ketebalan 0,1613-0,1828 mm (Gambar 2). Peningkatan konsentrasi glukomanan menyebabkan kenaikan jumlah total padatan terlarut dalam larutan film. Hal tersebut menyebabkan ketebalan *edible film* semakin meningkat dengan semakin besarnya konsentrasi glukomanan yang ditambahkan.

Menurut Anugrahati (2001), *edible film* yang dibuat dari komposit pektin albedo semangka dan tapioka memiliki ketebalan antara 0,105-0,120 mm. Komposisi *edible film* komposit dari pektin albedo semangka dan tapioka adalah pektin albedo semangka 1% (b/b pati), pati tapioka 2% (b/v), gliserol 1% (b/v), dan variasi asam palmitat 0-8%. Sementara itu, Poeloengasih (2002) melaporkan hasil penelitian *edible film* yang dibuat dari komposit protein biji kecipir dan tapioka memiliki ketebalan antara 0,096-0,104 mm. Komposisi *edible film* yang dibuat dari komposit protein biji kecipir sebesar 2,5% (b/v), tapioka 1% (b/v), sorbitol 1% (b/v), dan variasi asam palmitat 0-8%. Perbedaan ketebalan antara berbagai jenis film tersebut diduga disebabkan komposisi formula film yang berbeda.

Pengaruh konsentrasi glukomanan terhadap kelarutan edible film

Kelarutan film merupakan faktor yang penting dalam menentukan biodegradabilitas film ketika digunakan sebagai pengemas. Terdapat film yang dikehendaki tingkat kelarutannya tinggi atau sebaliknya, tergantung jenis produk yang dikemas (Nurjannah 2004).

Hasil pengujian kelarutan *edible film* komposit glukomanan-maizena ditunjukkan pada Gambar 3. Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa kelarutan tertinggi dari keempat *edible film* yang dihasilkan adalah pada *edible film* dengan penambahan glukomanan sebesar 15%, namun tidak berbeda nyata dengan penambahan glukomanan 10% dan 5%. Penambahan glukomanan secara nyata mampu meningkatkan kelarutan film. Hal ini terlihat dari *edible film* kontrol (tanpa penambahan glukomanan) yang memiliki kelarutan terendah, dan berbeda nyata dengan ketiga film komposit glukomanan yang lain.

Peningkatan jumlah komponen yang bersifat hidrofilik, yaitu glukomanan dalam *edible film*, diduga yang menyebabkan peningkatan persentase kelarutan film. Manuhara (2003) menunjukkan hasil yang serupa, yaitu *edible film* dari karaginan sebesar 0,15% secara signifikan memiliki kelarutan yang lebih besar daripada *edible film* yang menggunakan karaginan 0,05%.

Menurut Rokhaniah (2003), suhu juga mempengaruhi kelarutan film. Beberapa molekul ada yang tidak larut dalam air dingin, namun dengan semakin meningkatnya suhu akan terjadi pelelehan (*chain melting*) yang memungkinkan terpenetrasinya air ke bagian yang bersifat hidrofilik.

Pengaruh konsentrasi glukomanan terhadap tensile strength edible film

Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa peningkatan konsentrasi glukomanan cenderung meningkatkan kekuatan regang putus (*tensile strength*) dari *edible film* yang dihasilkan. Namun berdasarkan hasil uji statistik, tidak terdapat perbedaan kekuatan regang putus yang signifikan antar keempat jenis *edible film*. Hal ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi glukomanan yang ditambahkan (5%, 10%, 15%) tidak berpengaruh nyata terhadap kekuatan regang putus *edible film* komposit glukomanan-maizena yang dihasilkan.

Hal tersebut diduga disebabkan oleh selisih konsentrasi glukomanan yang tidak begitu besar, sehingga tidak

memberikan pengaruh peningkatan kekuatan regang putus film yang signifikan. Jika dibandingkan dengan *edible film* komposit glukomanan-tapioka, *edible film* komposit glukomanan-maizena mempunyai nilai regang putus yang lebih besar. Manuhara et al. (2008) menyebutkan bahwa *edible film* komposit glukomanan-tapioka dengan konsentrasi glukomanan 1%, 2%, dan 3% (b/b pati), hanya menunjukkan kekuatan regang putus film sebesar 0,55-0,74 Mpa. Dengan demikian, semakin besar konsentrasi glukomanan yang ditambahkan, kekuatan regang putus film juga semakin meningkat karena adanya interaksi antar polimer glukomanan yang semakin kuat. Interaksi yang terbentuk tersebut selanjutnya memperkuat jaringan tiga dimensi dalam *edible film* yang dihasilkan.

Manuhara (2003) menyebutkan biasanya sifat mekanik film tergantung pada kekuatan bahan yang digunakan dalam pembuatan film, untuk membentuk ikatan molekuler dalam jumlah yang banyak dan/atau kuat. Menurut Wu dan Bates (1973), *edible film* dengan kekuatan tarik yang tinggi akan mampu melindungi produk yang dikemasnya dari gangguan mekanis dengan baik, sedangkan kekuatan tarik film dipengaruhi oleh formulasi bahan yang digunakan.

Pengaruh konsentrasi glukomanan terhadap elongasi edible film

Elongasi *edible film* yang dihasilkan dari berbagai konsentrasi glukomanan ditunjukkan pada Gambar 5. Peningkatan konsentrasi glukomanan cenderung meningkatkan elongasi (pemanjangan) *edible film* yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil uji statistik, penggunaan konsentrasi glukomanan sebesar 5% tidak berbeda nyata dengan film kontrol, namun berbeda nyata pada film dengan penambahan glukomanan 10% dan 15%. Penambahan konsentrasi glukomanan 15% memberikan elongasi terbesar dibandingkan ketiga *edible film* yang lain.

Pada umumnya, film yang terbuat dari pati mudah sekali rusak. Peningkatan konsentrasi bahan juga menyebabkan peningkatan matrik yang terbentuk, sehingga film yang dihasilkan menjadi lebih kuat. Namun, peningkatan konsentrasi bahan juga menyebabkan penurunan rasio gliserol sebagai *plasticizer* terhadap pati, sehingga mengakibatkan penurunan elongasi film apabila terkena gaya yang kemudian menyebabkan film mudah patah (Barus 2002).

Penggunaan glukomanan dalam pembuatan *edible film* justru menunjukkan hal sebaliknya. Konsentrasi glukomanan berpengaruh nyata terhadap peningkatan elongasi *edible film* seperti yang disajikan pada Gambar 5. Nilai elongasi *edible film* komposit maizena glukomanan berkisar antara 15,56-30,56%. Apabila dibandingkan dengan *edible film* yang dibuat dari komposit protein biji kecipir dan tapioka yang memiliki elongasi antara 1,68-3,48% (Poeloengasih 2002) serta *edible film* dari ekstrak daun janggolan yang memiliki elongasi 0,14-0,27% (Murdianto et al. 2005), *edible film* dari komposit maizena-glukomanan memiliki nilai elongasi yang jauh lebih besar.

Penggunaan glukomanan dalam jumlah yang lebih besar menyebabkan kemampuan mengikat air yang lebih baik, sehingga menghasilkan matriks gel yang dapat

meningkatkan persentase elongasi dari *edible film*. Sugiyama et al. (1971) menyebutkan larutan glukomanan dalam air pada temperatur ruang akan memberikan kekentalan yang tinggi. Larutan kental glukomanan dengan penambahan air kapur dapat membentuk gel. Gel yang terbentuk bersifat tidak mudah pecah.

Dari hasil penelitian ini, *edible film* yang dihasilkan dari komposit glukomanan-maizena mempunyai tingkat elongasi yang cukup baik. Krochta dan Johnston (1997) menyebutkan persentase elongasi *edible film* dikatakan baik jika nilainya lebih dari 50% dan dikatakan jelek jika nilainya kurang dari 10%.

Pengaruh konsentrasi glukomanan terhadap laju transmisi uap air edible film

Kemampuan *edible film* dalam menahan migrasi uap air dari buah merupakan sifat yang penting untuk diketahui, karena menurut Gontard et al. (1993), salah satu fungsi *edible film* adalah untuk menahan migrasi uap. Krochta et al. (1994) juga menyebutkan pada umumnya kehilangan air pada produk buah-buahan dan sayur-sayuran merupakan penyebab utama kerusakan selama penyimpanan. Kehilangan air tersebut dapat menyebabkan buah-buahan dan sayuran mengalami susut berat dan tampak layu atau berkerut sehingga kurang diminati oleh konsumen.

Dari hasil pengujian laju transmisi uap air pada Gambar 6 dapat diketahui peningkatan konsentrasi glukomanan yang cenderung menurunkan laju transmisi uap air *edible film*. Hal ini diduga karena meningkatnya molekul dalam larutan akan menyebabkan matriks film semakin banyak, sehingga film yang dihasilkan kuat dengan struktur jaringan film yang semakin kompak dan kokoh, sehingga kekuatan film untuk menahan uap air meningkat.

Selain itu, penggunaan maizena sebagai bahan pembuat *edible film* diduga mampu menurunkan laju transmisi uap air dari film yang dihasilkan. Hal ini diindikasikan dari laju transmisi uap air *edible film* komposit glukomanan-maizena yang lebih rendah daripada *edible film* komposit glukomanan-tapioka yang diteliti oleh Manuhara et al. (2008). Laju transmisi uap air *edible film* dari komposit glukomanan-tapioka berkisar antara 19,43-21,64 g/jam.m².

Hal ini disebabkan karena kandungan zein dalam maizena memiliki keunikan dibandingkan dengan tapioka, yaitu mempunyai komposisi asam amino penyusun yang sebagian besar berupa asam amino non polar seperti leusin, prolin, dan alanin (Shewry dan Mifflin 1985). Dalam air, bagian hidrofobik dari asam amino-asam amino tersebut cenderung berikatan satu dengan lainnya (Wall dan Paulis 1978).

Garcia dan Zaritzky (2000) menyebutkan bahwa migrasi uap air umumnya terjadi pada bagian film yang hidrofilik. Dengan demikian, rasio antara bagian yang hidrofilik dan hidrofobik dari komponen film akan mempengaruhi nilai laju transmisi uap air film. Semakin besar hidrofobisitas film maka nilai laju transmisi uap air film akan semakin menurun. Selain itu, meskipun miskin asam amino yang mengandung unsur S, zein memiliki cukup banyak asam glutamat. Terdapatnya gugus terminal dari asam glutamat memungkinkan terbentuknya ikatan hidrogen rantai polipeptida (Krull dan Wall 1969). Menurut

Prihatiningsih (2000), ikatan hidrogen memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap stabilitas struktur sekunder.

Laju transmisi uap air terendah terjadi pada *edible film* komposit glukomanan-maizena dengan penambahan glukomanan sebesar 15%. Dengan demikian dapat ditentukan konsentrasi penambahan glukomanan yang digunakan untuk membuat *edible film* untuk tahap aplikasi. Kriteria yang digunakan untuk menentukan konsentrasi glukomanan tersebut adalah konsentrasi glukomanan dalam *edible film* yang dapat memberikan laju transmisi uap air paling rendah, yaitu pada penambahan glukomanan sebesar 15%.

Aplikasi *edible film* komposit glukomanan-maizena pada potongan buah apel

Aplikasi dengan metode wrapping

Konsep dasar dalam memperpanjang umur simpan produk hasil pertanian pada umumnya dilakukan dengan menekan laju respirasi, transpirasi, dan laju produksi etilen (C_2H_2) serta metabolisme lain pasca pemetikan. Penghambatan laju respirasi dan produksi etilen dapat dilakukan dengan cara penyimpanan pada suhu dingin, modifikasi atmosfer, dan aplikasi bahan pelapis yang bersifat *edible* (Kader 1992, McHugh dan Krochta 1994; Pikni et al. 2004).

Edible film yang telah terpilih sebelumnya diaplikasikan dengan cara *wrapping* pada potongan buah apel, yang sebelumnya telah dicelupkan ke dalam larutan asam askorbat dan asam sitrat 0,5% selama 5 menit. Sebagai pembandingan dalam perlakuan ini adalah kontrol atau potongan buah apel yang tidak dikemas, dan potongan buah apel yang dikemas plastik Saran. Metode *wrapping* untuk aplikasi *edible film* ini dilakukan selama 4 hari dengan dilakukan penimbangan berat cawan setiap harinya. Parameter yang diamati dalam tahap ini adalah susut berat potongan buah apel selama penyimpanan.

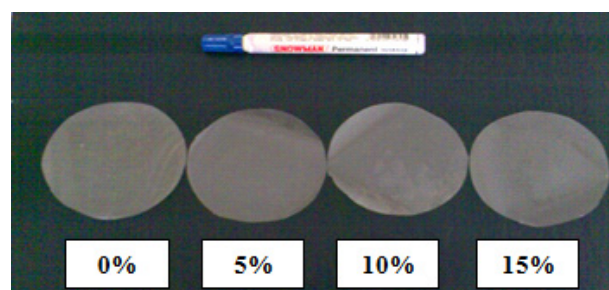
Gambar 7 menunjukkan bahwa *edible film* dari komposit glukomanan-maizena mampu menurunkan susut berat potongan buah apel selama penyimpanan dengan penurunan sebesar 0,0885 g/jam. Namun demikian, kemampuan *edible film* tersebut masih jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan plastik Saran komersial. Hal tersebut menunjukkan bahwa *edible film* dari komposit glukomanan-maizena memiliki kemampuan yang nyata dalam menghambat susut berat buah, namun tidak sebaik plastik Saran.

Layuk (2001) yang meneliti susut berat buah apel pada *wrapping* dengan *edible film* dari komposit pektin daging buah pala dan tapioka, pektin komersial, serta plastik polietilen menunjukkan hasil bahwa pada penyimpanan selama 1, 2, dan 3 hari, susut berat buah apel dengan plastik polietilen tidak memberikan pengaruh yang nyata, sedangkan buah apel yang dibungkus dengan *edible film* dari isolat maupun komersial menunjukkan susut berat yang mulai meningkat dengan semakin lamanya waktu penyimpanan. Semakin lama waktu penyimpanan, *edible film* semakin basah dan rusak, akibatnya laju transmisi uap air semakin tinggi, hal ini menyebabkan susut berat semakin meningkat.

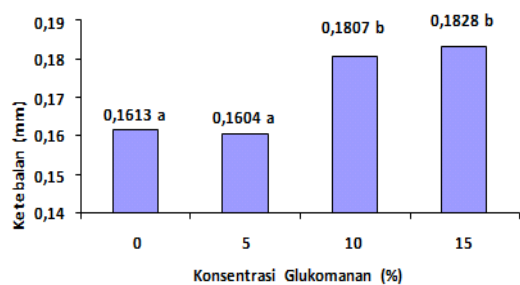
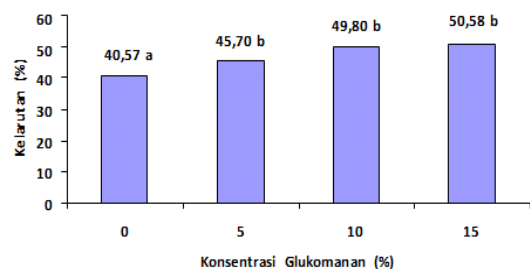
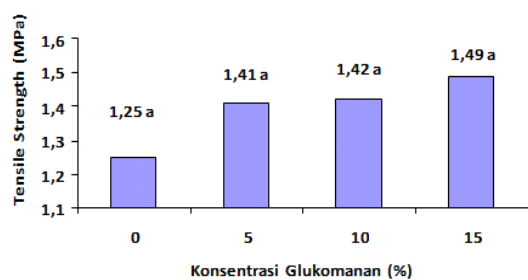
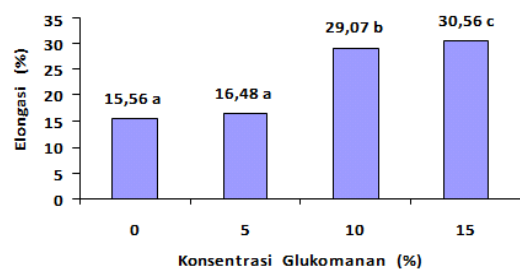
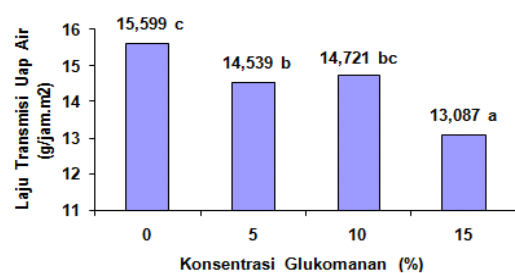
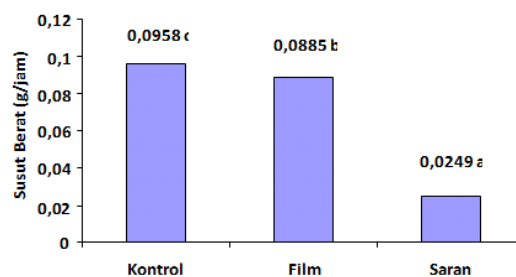
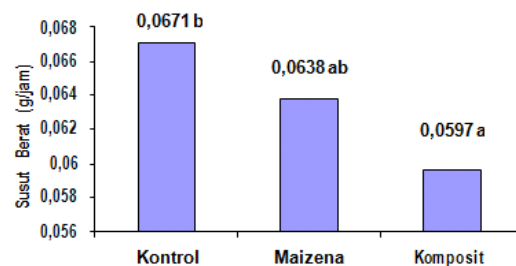
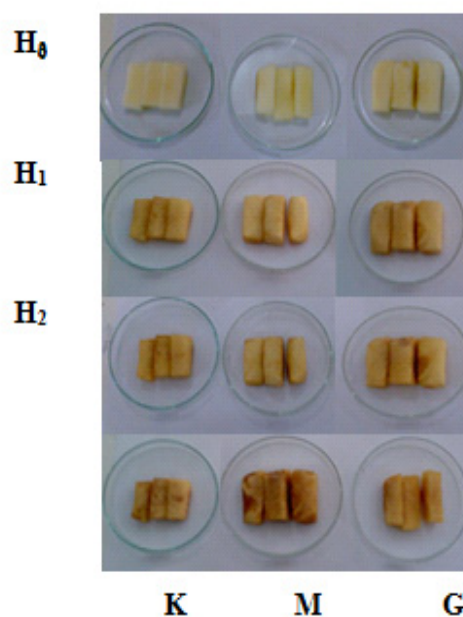
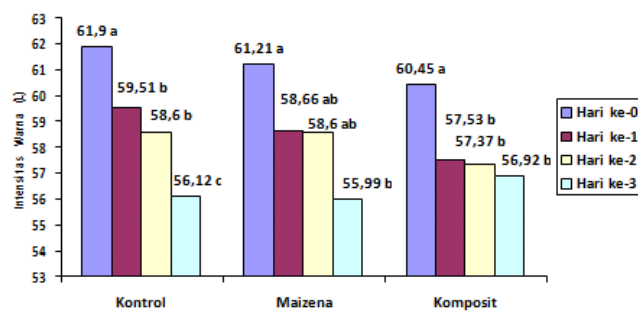
Kemampuan *edible film* dari komposit glukomanan-maizena tersebut juga masih jauh lebih rendah dibandingkan dengan *edible film* dari komposit tapioka-karaginan (Manuhara 2003) dalam menahan susut berat buah anggur selama penyimpanan. Seperti yang dilaporkan oleh Manuhara (2003), kemampuan *edible film* dari komposit tapioka-karaginan dalam menahan susut berat buah selama penyimpanan sama baiknya dengan plastik Saran, yang ditandai dengan tidak adanya perbedaan nyata antara susut berat buah anggur hijau yang dikemas dengan *edible film* komposit tapioka-karaginan serta yang dikemas dengan plastik Saran.

Hal ini diduga karena buah yang digunakan dalam aplikasi tersebut merupakan buah anggur segar yang masih terdapat kulit, sedangkan pada penelitian ini, digunakan potongan buah apel yang kulitnya sudah dikupas. Tranggono dan Sutardi (1990) menyebutkan tipe permukaan buah-buahan dan jaringan di bawahnya mempunyai pengaruh yang besar terhadap kecepatan kehilangan air. Banyak jenis bahan segar yang mempunyai kulit berlilin pada permukaannya (kutikula) yang resistan terhadap aliran air atau uap air. Lapisan lilin pada kulit buah yang tersusun dari platelet tumpang tindih secara kompleks dengan struktur yang teratur memberikan retensi yang besar terhadap kehilangan air dari jaringan buah. Dengan demikian, buah yang belum dikupas kulitnya mempunyai aktivitas penghambatan kehilangan air oleh penguapan yang lebih besar daripada buah yang sudah dikupas. Faktor inilah yang diduga menyebabkan laju transmisi uap air pada *edible film* dari komposit glukomanan-maizena pada aplikasi buah apel lebih besar daripada *edible film* dari tapioka-karaginan pada aplikasi dengan buah anggur.

Di samping itu, penggunaan asam palmitat yang memiliki rantai karbon hidrofobik pada pembuatan *edible film* dari komposit tapioka-karaginan diduga mengakibatkan film tersebut menghasilkan susut berat buah yang jauh lebih rendah daripada *edible film* dari komposit glukomanan-maizena. Irianto et al. (2006) menyebutkan asam lemak dalam *edible film* dari komposit berpengaruh dalam menurunkan laju transmisi uap air karena lemak memiliki polaritas rendah dan struktur kristal yang padat.



Gambar 1. *Edible film* komposit glukomanan-maizena

Gambar 2. Ketebalan *edible film* komposit glukomanan-maizenaGambar 3. Kelarutan *edible film* komposit glukomanan-maizenaGambar 4. Kekuatan regang putus *edible film* komposit glukomanan-maizenaGambar 5. Elongasi *edible film* komposit glukomanan-maizenaGambar 6. Laju transmisi uap air *edible film* komposit glukomanan-maizenaGambar 7. Susut berat buah apel dengan metode *wrapping*Gambar 8. Susut berat buah apel dengan metode *coating*Gambar 9. Perubahan warna pada *coating* pada potongan buah apelGambar 10. Grafik perubahan warna dengan *coating* pada potongan buah apel

Layuk (2001) menyebutkan bahwa penghambatan susut berat buah banyak dipengaruhi oleh kemampuan penghambatan laju transmisi uap air (WVTR) film, sedangkan WVTR *edible film* dipengaruhi oleh sifat alami dari bahan pembuatan *edible film* itu sendiri. Hal yang serupa juga disampaikan oleh Tranggono dan Sutardi (1990) bahwa derajat penurunan kecepatan kehilangan air tergantung pada permeabilitas kemasan terhadap transfer uap air serta kerapatan isi kemasan. Semua bahan yang biasa digunakan sebagai pengemas adalah bahan yang bersifat permeabel terhadap uap air sampai batas tertentu.

Film glukomanan merupakan kelompok film hidrofilik yang sedikit menahan uap air, sedangkan plastik merupakan kelompok film hidrofobik yang menyebabkan WVTR film plastik rendah karena bersifat sebagai penahan uap air yang baik. Plastik Saran (*Cling Wrap*) adalah plastik yang dibuat dari polimer vinil klorida dengan monomer seperti ester akrilik dan kelompok karbonil. Plastik jenis ini sangat resistan terhadap oksigen, air, dan asam serta basa. Buckle et al. (1985) juga menyebutkan bahwa plastik Saran mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap lemak dan minyak, baik sampai sangat baik terhadap pelarut organik, sangat baik terhadap air dan asam, kecuali H_2SO_4 dan HNO_3 , serta ketahanan yang baik terhadap basa, kecuali amonia.

Krochta (1992) dan Layuk (2001) menyebutkan bahwa *edible film* yang mempunyai sifat hidrofilik sangat peka terhadap penyerapan air. Oleh karena sifat hidrofilik tersebut maka sebaiknya *edible film* digunakan sebagai pengemas primer, sehingga tidak kontak langsung dengan udara luar dan produk tidak cepat rusak.

Aplikasi dengan metode coating

Pada pengukuran susut berat buah apel dengan metode *coating*, jenis perlakuan yang dibandingkan adalah potongan apel tanpa *coating*, *coating* dengan film maizena tanpa glukomanan, dan film terpilih hasil penelitian yaitu film komposit glukomanan-maizena dengan konsentrasi glukomanan 15%. Hasil pengamatan terhadap susut berat potongan buah apel disajikan pada Gambar 8.

Kontrol berupa perlakuan potongan buah apel tanpa perlakuan *coating*. Komposisi film maizena yaitu maizena 5,2 gram dan gliserol 0,5% (b/b maizena). Komposisi film komposit yaitu maizena 5,2 gram, gliserol 0,5% (b/b maizena), glukomanan 15% (b/b maizena), dan $Ca(OH)_2$ (0,2%, b/b glukomanan). Analisis statistik dilakukan dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada tingkat signifikansi 0,05. Angka yang diikuti dengan huruf/notasi yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata.

Dari Gambar 8 dapat diketahui bahwa susut berat terbesar terjadi pada potongan buah apel tanpa *coating*, sedangkan susut berat terendah diperoleh pada potongan buah apel yang diberi perlakuan *coating* dengan film komposit glukomanan-maizena 15%.

Penggunaan glukomanan sebagai bahan dalam pembuatan *edible film*, ternyata mampu menahan susut berat potongan buah apel lebih besar dibandingkan dengan potongan buah apel yang di-*coating* dengan film maizena saja, maupun potongan buah apel yang tidak di-*coating*.

Bertambahnya susut berat buah disebabkan karena terjadi transpirasi pada potongan buah apel yaitu kehilangan air dari dalam buah melalui pori-pori. Dengan adanya glukomanan sebagai bahan film untuk *coating* pada potongan buah apel, peristiwa transpirasi buah apel tersebut dapat dikurangi. Penggunaan glukomanan dalam jumlah yang lebih besar menyebabkan kemampuan mengikat air yang lebih baik dan matriks gel yang dihasilkan juga lebih banyak, sehingga struktur jaringan film yang dihasilkan semakin kompak dan kokoh. Hal inilah yang kemudian meningkatkan kekuatan film untuk menahan uap air, sehingga dapat menghambat terjadinya susut berat pada buah.

Dibandingkan dengan kontrol, penghambatan susut berat potongan buah apel dengan metode *coating* (0,0074 g/jam) lebih besar daripada dengan metode *wrapping* (0,0073 g/jam). Hal ini diduga karena dengan metode *coating*, permukaan potongan buah apel langsung tertutupi oleh lapisan film, sehingga proses transpirasi buah apel lebih rendah, yang mengakibatkan penghambatan susut berat lebih besar.

Pengamatan warna potongan buah apel

Daya tarik buah dapat dipengaruhi oleh warna buah itu sendiri. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya perubahan warna pada buah apel yang telah dikupas dan memperpanjang kesegaran potongan buah apel adalah dengan cara *coating*.

Pada tahap ini, buah apel dipotong-potong dengan ukuran (1,5x1,5x3) cm³, selanjutnya dicelupkan ke dalam campuran larutan asam sitrat dan asam askorbat 0,5% selama 5 menit. Buah apel selanjutnya dicelupkan ke dalam larutan film, lalu dikeringkan dengan *hair dryer* pada suhu 40°C. Pencelupan potongan buah apel ke dalam larutan film dilakukan sebanyak dua kali untuk menjamin bahwa semua bagian pada potongan buah apel tersebut terlapisi film. Potongan buah apel selanjutnya diletakkan dalam petridis dan disimpan pada stoples yang berisi *silica gel*, kemudian intensitas warnanya diamati dengan chromameter setiap hari selama 4 hari.

Pada Gambar 9 terlihat bahwa semakin lama potongan buah apel disimpan, tingkat kecerahan warna semakin menurun. Nilai L semakin menurun yang menandakan tingkat kecerahan mulai menurun. Jenis *edible film* yang digunakan dan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap warna buah apel.

Hasil uji dengan chromameter menunjukkan bahwa pada hari ke-0, potongan buah apel yang mempunyai tingkat kecerahan tertinggi adalah pada potongan buah apel kontrol (tanpa *coating*), selanjutnya pada film maizena, sedangkan tingkat kecerahan terendah adalah pada film komposit glukomanan-maizena. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa glukomanan sebagai bahan *edible film* pada aplikasi buah dengan cara *coating* mampu memberikan tingkat kecerahan yang lebih rendah dibandingkan dengan film dari maizena maupun potongan buah apel yang tidak di-*coating*. Hal ini disebabkan karena glukomanan memiliki tingkat kecerahan warna yang lebih rendah dibandingkan dengan tepung maizena. Manuhara et al. (2008) menyebutkan bahwa tepung iles-iles yang dibuat

dari pengeringan umbi yang sebelumnya telah direndam dengan larutan natrium metabisulfit 1000 ppm selama 5 menit, hanya memiliki tingkat kecerahan (L) sebesar 58,29, sehingga glukomanan yang diisolasi dari tepung tersebut diduga juga memiliki tingkat kecerahan yang hampir sama. Glukomanan inilah yang kemudian diduga menyebabkan tingkat kecerahan warna potongan buah apel yang di-*coating* dengan *edible film* komposit glukomanan-maizena pada hari ke-0 menjadi lebih rendah.

Dari Gambar 10, dapat diketahui bahwa potongan buah apel tanpa *coating* dan potongan buah apel yang di-*coating* dengan film maizena, menunjukkan tingkat kecerahan warna yang tidak berbeda nyata sampai hari ke-2 pengamatan, selanjutnya terjadi penurunan kecerahan warna secara nyata. Potongan buah apel yang di-*coating* dengan film komposit glukomanan-maizena, menunjukkan perbedaan yang nyata mulai hari pertama, dan selanjutnya tidak terjadi perubahan warna yang nyata sampai hari ke-3.

Dari Gambar 10 dapat diketahui bahwa pada tahap awal, perlakuan kontrol, dan film maizena mampu mempertahankan warna potongan buah apel. Namun setelah 3 hari, terjadi penurunan kecerahan warna yang cukup besar. Layuk (2001) yang meneliti warna buah apel pada *coating* dengan *edible film* dari komposit pektin daging buah pala dan tapioka, pektin komersial, serta plastik polietilen menunjukkan hasil bahwa sampai hari ketiga tidak terjadi penurunan kecerahan warna buah apel yang nyata, baik pada film pektin isolat maupun pektin komersial. Hal ini diduga karena adanya proses pencelupan potongan buah apel pada campuran larutan asam askorbat dan asam sitrat sebelum tahap *coating*, sehingga pencokelatan dapat dikurangi pada bagian awal dan seiring dengan lama penyimpanan, efek asam askorbat akan berkurang, sehingga pencokelatan tidak dapat dicegah.

Menurut Jamrianti (2007), pencokelatan pada buah apel dan buah lain setelah dikupas disebabkan oleh pengaruh aktivitas enzim *polyphenol oxidase* (PPO), yang dengan bantuan oksigen akan mengubah gugus *monophenol* menjadi *O-hydroxyphenol*, yang selanjutnya diubah lagi menjadi *O-kuinon*. Gugus *O-kuinon* inilah yang membentuk warna cokelat. Peran asam sitrat sebagai penurun pH yang dapat mencegah pencokelatan dijelaskan oleh Lamikanra (2002). Lamikanra (2002) menyebutkan enzim *polyphenol oxidase* (PPO) bekerja maksimum pada kisaran pH antara asam sampai netral. Pada sebagian besar sayuran dan buah-buahan, enzim PPO optimum pada pH 6,0-6,5. Whitaker (1994) menyatakan bahwa aktivitas enzim PPO akan menurun pada pH 4,5. Pada penelitian lain juga pernah disebutkan oleh Richardson dan Hyslop (1985) bahwa enzim PPO inaktif pada pH 3. Meskipun demikian, Nicolas et al. (1994) menyebutkan bahwa PPO pada buah apel lebih toleran terhadap asam, dimana pada pH 3 aktivitas enzim PPO dihambat hingga 60%. Tranggono dan Sutardi (1990) menyatakan asam sitrat tidak hanya menurunkan pH medium, tetapi juga terjadi ikatan dengan Cu^{++} pada enzim. Sementara itu, peran asam askorbat menurut Tranggono dan Sutardi (1990) yaitu merubah kuinon menjadi difenol dan asam askorbat menjadi bentuk teroksidasi, dengan demikian polimerisasi dan pencokelatan dapat dihambat. Luo dan Barbosa-

Canovas (1997) juga menyebutkan bahwa asam askorbat dapat menghambat perubahan warna menjadi cokelat. Hal ini didukung oleh McHugh dan Sanesi (2000) bahwa penambahan asam askorbat dan asam sitrat pada larutan *coating* menghasilkan reduksi yang signifikan pada perubahan warna produk apel yang diproses secara minimal.

Hasil terbaik diperoleh pada potongan buah apel yang di-*coating* dengan film dari komposit glukomanan-maizena, karena pada tahap *coating* tersebut, seperti yang terlihat pada Gambar 10, dapat diketahui bahwa *coating* potongan buah apel dengan film komposit glukomanan-maizena memiliki susut berat terkecil dengan kecerahan warna yang masih tidak berbeda nyata sampai hari ke-3. Diduga adanya glukomanan, film mampu mereduksi terjadinya oksidasi yang menyebabkan pencokelatan pada potongan buah apel lebih besar dibandingkan film dengan maizena saja.

Hasil penelitian Pikni et al. (2004) terhadap warna buah nangka dengan chromameter yang di-*coating* dengan variasi suhu penyimpanan menyebutkan bahwa buah nangka yang disimpan pada suhu rendah mengalami peningkatan, baik kilap maupun warna kuning, kemudian diikuti dengan penurunan warna kuning yang berubah menjadi warna cokelat. Terjadinya peningkatan warna kuning dan kilap disebabkan karena substansi yang terdapat di dalam buah nangka yang semula tidak larut menjadi larut. Sementara itu, terjadinya perubahan warna kuning yang mengarah kepada terbentuknya warna cokelat tidak lepas dari reaksi pencokelatan, yang disebabkan oleh aktivitas enzim polifenol oksidase atau fenolase. Enzim polifenol oksidase merupakan oksida reduktase yang membutuhkan oksigen sebagai asektor hidrogennya. Enzim ini mempunyai termostabil yang rendah. Suhu penyimpanan yang terbaik adalah suhu pembekuan cepat, karena mampu mempertahankan kualitas (sifat fisik dan kimia) buah nangka terolah minimal yang di-*coating* dan disimpan selama 30 hari apabila dibandingkan dengan perlakuan suhu penyimpanan yang lain (Pikni et al. 2004).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya yaitu rendemen tepung dan glukomanan dari iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) masing-masing adalah 15% dan 9,88%. Glukomanan hasil isolasi mengandung kadar air 9,78%, total N 1,54%, lemak 0,41%, abu 3,40%, serat kasar 0,55%, dan karbohidrat (*by different*) 84,87%. Peningkatan konsentrasi glukomanan cenderung meningkatkan ketebalan, kelarutan, kekuatan regang putus, maupun elongasi *edible film* yang dihasilkan. Nilai ketebalan, kelarutan, kekuatan regang putus, maupun elongasi *edible film* tertinggi yaitu masing-masing sebesar 0,1828 mm; 50,58%; 1,49 Mpa; dan 30,56%, dihasilkan pada *edible film* dari komposit glukomanan-maizena dengan konsentrasi glukomanan 15%. Peningkatan konsentrasi glukomanan cenderung menurunkan laju transmisi uap air (WVTR) *edible film* yang dihasilkan. Laju transmisi uap air terendah dihasilkan pada *edible film*

komposit glukomanan-maizena dengan konsentrasi glukomanan sebesar 15%, yaitu sebesar 13,087 g/jam.m². *Edible film* komposit glukomanan-maizena konsentrasi 15% mampu menurunkan susut berat potongan buah apel selama penyimpanan sebesar 0,0885 g/jam. Namun demikian, kemampuan *edible film* tersebut masih jauh lebih rendah apabila dibandingkan dengan plastik Saran komersial, serta kecerahan warna buah apel yang tidak berbeda nyata sampai hari ke-3 pengamatan. Pada cara *coating*, hasil terbaik diperoleh pada film komposit glukomanan-maizena dengan konsentrasi 15%, karena memiliki susut berat terkecil yaitu sebesar 0,0597.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah S. 1992. Kajian Pembentukan Gel Glukomanan dari Umbi Iles-iles (*Amorphophallus oncophylus* Pr.) Hasil Pengendapan Glukomanan dengan Menggunakan Alkohol. [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Anugrahati NA. 2001. Karakterisasi *Edible Film* Komposit Pektin Albedo Semangka (*Citrullus vulgaris* Schard) dan Tapioka. [Tesis]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Anzel HC. 1989. Pengantar bentuk sediaan farmasi. Edisi IV. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Aryadi B, Rumawas F. 2006. Percobaan Stek Daun pada Beberapa Jenis *Amorphophallus*. Departemen Budidaya Tanaman IPB, Bogor. bilygila.tripod.com. [26 Februari 2007].
- Barus SP. 2002. Karakteristik Film Pati Biji Nangka (*Artocarpus integra* Meur) dengan Penambahan CMC. [Skripsi]. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Buckle KA, Edwards RA, Fleet GH, Wooton M. 1985. UI Press, Jakarta.
- Chairu, Sofnie MC. 2006. Isolasi glukomanan dari dua jenis Araceae: Talas {*Colacasia esculenta* (L.)} dan iles-iles (*Amorphophallus campanulatus* Blumei). Berita Biologi 8(3): 171-178.
- Collison R. 1968. A dictionary of the economic products of the Malay Peninsula. Ministry of Agriculture and Cooperative, Kuala Lumpur.
- Fennema OR. 1976. Principles of food science. Marcel Dekker, Inc., Basset.
- Garcia MA, Zaritzky NE. 2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible strach film and coating. J Food Sci 65(6): 941-947.
- Gontard N, Guilbert S, Cuq JL. 1993. Water and glyserol as plasticizer affect mechanical and water barrier properties of an edible wheat gluten film. J Food Sci 58(1): 206-211.
- Irianto HE, Darmawan M, Endang M. 2006. Pembuatan *edible film* dari komposit karaginan, tepung tapioka dan lilin lebah (*beeswax*). Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan 1(2): 93-101.
- Jamrianti R. 2007. Mencegah buah berwarna coklat setelah pengupasan. rinrinjamrianti.multiply.com. [27 Februari 2008].
- Jansen PCM, van der Wilk C, Hettterscheid WLA. 1996. *Amorphophallus* Blume ex Decaisne. In: Flach M, Rumawas F (eds). Plant yielding non-seed carbohydrates. PROSEA: Plant Resources of South-East Asia No 9. Backhuys Publishers, Leiden.
- Kader AA. 1992. Postharvest biology and technology: An overview. In: Kader AA (ed). Postharvest Technology of Holtikultura Crops. University of California, California.
- Krochta JM, Baldwin EA, Nisperos-Carriedo MO. 1994. Edible coatings and films to improve food quality. Technomis Publishing. Co. Inc., Lancaster, Bosel.
- Krochta JM. 1992. Control of mass transfer in food with edible coatings and films. Food Engineering, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Krochta, De Mulder J. 1997. Edible and biodegradable polymers film: Changes and opportunities. Food Technology 51(2): 61-74.
- Krull L, Wall JS. 1969. Relation of amino acid composition and wheat protein properties. Baker Dig 43(4): 30-39.
- Kusumasmarawati AD. 2007. Pembuatan Pati Garut Butirat dan Aplikasinya dalam Pembuatan Edible Film. [Tesis]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Lahiya AA. 1993. Budidaya tanaman iles-iles dan penerapannya untuk sasaran konsumsi serta industri. Seri Himpunan Peninggalan Penulisan yang Berserakan. (Diterjemahkan oleh: Scheer JV, Dekker GHWD, Helewijn ERE). Bandung.
- Lamikanra O. 2002. Fresh-cut fruits and vegetables (science, technology, and market). CMC Press, Washington DC.
- Layuk P. 2001. Karakterisasi *Edible Film* Komposit Pektin Daging Buah Pala dan Tapioka. [Tesis]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Leach HW. 1965. Gelatinization of starch. Starch Chemistry and Technology. Volume 1. Academic Press, New York.
- Luo Y, Barbosa-Canovas GV. 1997. Enzymatic browning and its inhibition in new apple cultivars slices using 4-hexylresorcinol in combination with ascorbic acid. Food Sci 3: 195-201.
- Manuhara GJ, Bambang SA, Setyaningrum A. 2008. Ekstraksi dan karakterisasi glukomanan dari umbi iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) untuk pembuatan *biodegradable film*. Laporan Kegiatan Program Penelitian Pemula. Provinsi Jawa Tengah.
- Manuhara GJ. 2003. Ekstraksi Karaginan dari Rumput Laut *Eucheuma* sp. untuk Pembuatan *Edible film*. [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- McHugh TH, Avena-Bustillos R, Krochta JM. 1993. Hydrophilic edible films: Modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. J Food Sci 58(4): 899-903. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb09387.x.
- McHugh TH, Huxsoll CC, Krochta JM. 1996. Permeability properties of fruit puree edible films. J Food Sci 61: 88-91.
- McHugh TH, Krochta JM. 1994. Sorbitol vs gliserol plasticized whey protein edible film: Integrated oxygen permeability and tensile strength evaluation. J Agric Food Chem 42(4): 841-845.
- McHugh TH, Sanesi E. 2000. Apple wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. J Food Sci 56(3): 480-485.
- Meir H. 1967. Mannan and galactomannan advance in carbohydrate. Academic, New York.
- Morris CJOR, Morris P. 1976. Separation method in biochemistry. Pitman, London.
- Murdianto W, Marseno DW, Haryadi. 2005. Sifat fisik dan mekanik edible film dari ekstrak daun janggolan (*Mesona palustris* BI). Jurnal Agrosains 18(3): 353-362.
- Nicolas JJ, Richard-Forget FC, Goupy PM et al. 1994. Enzymatic browning reactions in people and apple products. Crit Rev Food Sci Nutr 34(2): 109-157.
- Nurjannah W. 2004. Isolasi dan Karakterisasi Alginat dari Rumput Laut *Sargassum* sp. untuk Pembuatan *Biodegradable Film* Komposit Alginat Tapioka. [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ohashi S, Shelo M, Walter L. 2000. Clarified konjac glucomannan. United States Patent. www.freepatentsonline.com/6162906. [26 Februari 2007].
- Ohtsuki T. 1968. Studies on reverse carbohydrates of flour *Amorphophallus* sp. with special reference to mannan. Bot Mag 81: 119-126.
- Pikni, Suparno, Santoso U. 2004. *Coating* terhadap buah nangka (*Artocarpus heterophylla* L.) terolah minimal yang disimpan pada suhu rendah dan suhu beku. Jurnal Agrosains 17(2): 271-286.
- Poeloengasih CD. 2002. Karakterisasi *Edible Film* Komposit Protein Biji Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* (L., DC) dan Tapioka. [Tesis]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Prihatiningsih N. 2000. Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Asam Palmitat terhadap Ketebalan Film dan Sifat Mekanik *Edible Film* dari Zein. [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rabek JF. 1983. Experimental method in polymer chemistry. John Wiley and Sons, New York.
- Richana N, Sunarti TC. 2004. Karakterisasi sifat fisikokimia tepung umbi dan tepung pati dari umbi ganyong, suweg, ubi kelapa, dan gambili. Pascapanen 1(1): 29-37.
- Richardson T, Hyslop DB. 1985. Enzymes. In: Fennema OR (ed). Food Chemistry, 2nd edition. Marcel Dekker, New York.
- Rokhaniah. 2003. Isolasi dan Karakterisasi Pati Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk) untuk Pembuatan *Biodegradable Film*. [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Shewry PR, Mifflin BJ. 1985. Seed storage proteins of economically important cereals in advances in cereal science and technology, Volume 7. In: Pomeranz Y (ed). American Association of Cereal Chemists. Inc., St. Paul.
- Sugiyama N, Shimara H, Andah T. 1971. Studies on mannan and related compounds I. The Purification of Konjac Mannan. Bull Chem Soc Jpn 45(2): 561-563.

- Suryaningrum DTH, Jamal B, Nurochmawati. 2005. Studi pembuatan *edible film* dari karaginan. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia 11(4): 1-13.
- Susilowati ED. 2001. Komposisi Kimia Berbagai Tepung Iles-iles dan Kekakuan Gel Tepung Iles-iles *Amorphophallus variabilis* dengan Variasi Tambahan Ca(OH)_2 . [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tipson RS. 1975. Advances in carbohydrate chemistry and biochemistry. Academic, New York.
- Tranggono, Sutardi. 1990. Biokimia dan teknologi pasca panen. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wahid AS, Richana N, Djamaluddin C. 1992. Pengaruh umur panen dan pemupukan terhadap hasil dan kualitas ubikayu varietas Gading dan Adira-4. Titian Agronomi. Buletin Penelitian Agronomi, Volume 1.
- Whitaker JR. 1994. Principles of enzymology for the food sciences, 2nd edition. Marcel Dekker, New York.
- Wiyani L. 1988. Ekstraksi dan Karakterisasi Mannan dari Umbi Iles-iles Putih (*Amorphophallus variabilis* B.). [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wu LC, Bates RP. 1973. Soy protein lipids film, optimum of film formation. J Food Sci 37: 40-44.
- Yudiani E. 1994. Pengaruh Perendaman Irisan Umbi dalam Larutan NaHSO_3 Terhadap Derajat Keputihan dan Kadar Glukomanan Tepung Iles-iles. [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Pengaruh pemberian jus tomat (*Lycopersicum esculentum*) terhadap kadar kolesterol LDL tikus putih

Effect of tomato juice (*Lycopersicum esculentum*) on LDL cholesterol level of white rat

MUH. UMAR AL MOKHTAR, DIAN ARININGRUM, KUSTIWINARNI

Fakultas Kedokteran, Universitas Sebelas Maret. Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126, Jawa Tengah

Manuskrip diterima: 2 Desember 2008. Revisi disetujui: 21 Februari 2009.

Abstract. Al Mokhtar MU, Ariningrum D, Kustiwinarni. 2009. Effect of tomato juice (*Lycopersicum esculentum*) on LDL cholesterol level of white rat. *Biofarmasi* 7: 22-30. The prevalence of Coronary Heart Disease (CHD) over the world is very high. Atherosclerosis due to hypercholesterolemia is a predisposing factor of CHD. The role of high dietary of tomato juice is associated with a lowered LDL-cholesterol. Lycopene and naringenin of tomato juice will decrease LDL cholesterol by inhibiting HMG-CoA reductase and upregulating LDL cholesterol receptor in liver. The study aimed to determine the effect of tomato juice on LDL cholesterol in white rat, *Rattus norvegicus*. The study was an experimental laboratory with pre and post-test controlled group design. Thirty-four adult male Wistar rats, 3 months in age and weighing 180-200 grams, were used in the research. They were divided into two groups, group 1 (KI) as control and group 2 (KII) as treatment group of tomato juice, with 17 rats for each group. They were allowed with standard diet for 7 days. During pretest period for 2 weeks, KI and KII were given hypercholesterolemic fed 100 g/BW ad libitum (mixed diet which consisted of standard diet 88.5%, coconut oil 1%, lard oil 10% and 0.5% crystalline cholesterol), egg yolk force-fed by gastric tube 7.5 ml/BW and PTU 0.1% ad libitum. During post-test period for 2 weeks, KI was given the same intervention with pretest period and aquadest force-fed 30 ml/BW as placebo by gastric tube, whereas KII was given the same intervention with KI and tomato juice force-fed 30 ml/BW by gastric tube. The measurement of the level of LDL cholesterol was conducted by using spectrophotometer. Statistical analysis was performed with SPSS Windows 13. Student's t-paired analysis was used for variable that normally distributed. Wilcoxon test was used for variable that skewed. Both statistical analyses were used to determine significant differences, the values of $p < 0.05$ were considered statistically significant. The effect of tomato juice by 30 ml/BW on LDL cholesterol for 2 weeks in *Rattus norvegicus* was determined. The result of t-paired test obtained showed a significant difference ($p < 0.05$) of LDL cholesterol level before and after treatment on KII. Based on the study, there was an effect of tomato juice 30 ml/BW on LDL cholesterol for 2 weeks in *Rattus norvegicus*.

Keywords: LDL cholesterol, *Lycopersicum esculentum*, *Rattus norvegicus*, tomato juice

PENDAHULUAN

Peningkatan kesejahteraan penduduk dan ketersediaan pangan mengakibatkan perubahan pola konsumsi masyarakat ke jenis-jenis makanan kaya lemak dan rendah serat (Tsalissavrina et al. 2006). Penyakit Jantung Koroner (PJK) merupakan penyebab utama morbiditas dan mortalitas, baik di negara maju maupun di negara berkembang (Sargowo 1995). PJK menempati urutan pertama penyebab kematian penduduk di Indonesia.

Aterosklerosis merupakan penyebab utama PJK (Priyana 2007). Aterosklerosis merupakan gangguan pembuluh darah koroner akibat penimbunan plak lipid pada dinding arteri (Tsalissavrina et al. 2006). Proses aterosklerosis umumnya dimulai sejak usia anak-anak. Proses tersebut dimulai dengan pembentukan *fatty streak* pada umur 3 tahun, *fibrous plaque* pada usia remaja, dan menyebabkan komplikasi lesi berupa kalsifikasi dinding pembuluh darah. Proses tersebut sangat dipengaruhi oleh peningkatan kadar kolesterol *Low Density Lipoprotein* (LDL) (Saap 2007).

Peningkatan kadar kolesterol LDL disebabkan oleh peningkatan konsumsi lemak jenuh dan kolesterol (Tsalissavrina et al. 2006). Kolesterol LDL merupakan faktor risiko terpenting dalam proses aterosklerosis dan merupakan sasaran utama pencegahan dan pengobatan PJK (Pusparini 2006).

PJK merupakan masalah kompleks dan multifaktorial, sehingga memerlukan perhatian dan penanganan secara holistik secara farmakologis dan non-farmakologis (Maryanto dan Fatimah 2004). Aspek non-farmakologis merupakan faktor terpenting dalam penanganan penyakit jantung (Waspadji 2006). Salah satu penanganan non-farmakologis adalah konsumsi sayuran dan buah-buahan (Maryanto dan Fatimah 2004).

Berdasarkan hasil penelitian di University of Oulu, konsumsi jus tomat mampu menurunkan kadar kolesterol LDL sebesar 13% (Silaste et al. 2007). Namun, berdasarkan hasil penelitian Briviba et al. (2004) dan Hiningger et al. (2001), konsumsi jus tomat tidak menimbulkan efek terhadap penurunan kolesterol LDL teroksidasi dan penurunan lipid peroksidase plasma.

Perbedaan hasil penelitian tersebut terjadi diantaranya karena perbedaan waktu pemberian jus tomat, beberapa zat karotenoid jus tomat yang saling menghambat aktivitas antarkelompok karotenoid lain, aktivitas pH lambung yang berperan mengisomerisasi karotenoid, pengaruh enzim pencernaan dalam melarutkan karotenoid, dan pengaruh hormon tiroid yang mengatur metabolisme lemak (Olson 1994). Hal inilah yang mendasari peneliti untuk meneliti lebih lanjut pengaruh pemberian jus tomat terhadap kadar kolesterol LDL tikus putih.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian jus tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) terhadap kadar kolesterol LDL tikus putih (*Rattus norvegicus*).

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Pemberian perlakuan dan pengukuran kadar kolesterol LDL tikus putih dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Unit II Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan meliputi kandang beserta kelengkapan pemberian pakan, sonde lambung, tabung mikro kapiler, *sput needle feeding*, timbangan Sartorius, gelas ukur, alat dan tabung sentrifus, rak tabung reaksi, pengaduk, pipet berskala, termometer, blender, dan spektrofotometer (tipe Boehringer 4010).

Sementara itu, bahan-bahan yang digunakan meliputi 500 gr buah tomat, akuades, larutan propiltiourasil 0,1%, pakan standar *pellet* 21, pakan hiperkolesterolemik yang terdiri dari campuran pakan standar, kuning telur itik, kristal kolesterol, minyak babi, minyak kelapa, dan reagen pemeriksaan kolesterol LDL (merek *Roche Diagnostic cat.no.1489232*).

Jenis penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental laboratorik dengan *pre and post-test controlled group design*.

Subjek penelitian

Tikus diperoleh dari LPPT Unit II UGM, yaitu berupa tikus putih (*Rattus norvegicus*) jantan, Strain Wistar, tidak kawin, sehat dan mempunyai aktivitas normal, serta berumur kurang lebih 3 bulan dengan berat badan 180-200 gram.

Teknik sampling

Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*. Penentuan besar sampel dilakukan dengan menggunakan rumus Federer (Maryanto dan Fatimah 2004). Tikus putih sebanyak 34 ekor dibagi menjadi dua kelompok. Setiap kelompok terdiri atas 17 ekor tikus putih.

Rumus Federer yang digunakan sebagai berikut:

$$(n - 1) \times (t - 1) > 15$$

Keterangan:

n = besar sampel tiap kelompok

t = banyaknya kelompok

$$(n - 1) \times (2 - 1) > 15$$

$$(n - 1) \times 1 > 15 \quad (n - 1) > 15 \quad n > 16$$

Dengan demikian, setiap kelompok minimal terdiri atas 17 ekor tikus putih, sehingga jumlah seluruh subjek penelitian sebanyak 34 ekor tikus putih.

Cara kerja

Pembuatan jus tomat

Lima ratus gram buah tomat diperoleh dari pasar, kemudian disortir terlebih dahulu. Buah busuk, terlalu matang, atau tidaknormalan lainnya harus dipisahkan untuk menjaga kandungan tomat. Setelah itu, tomat dicuci dengan air sampai bersih. Tomat ditimbang sampai beratnya mencapai 350 gram, kemudian tomat di-*blanching* atau dipanaskan dengan direndam dalam 100 ml air panas bersuhu 82-93°C dengan termometer selama 5-10 menit. Pemanasan bertujuan untuk melunakkan bahan dan memudahkan pembレンダーan (Dina dan Hidayat 2005; Gunawan et al. 2004).

Setelah tomat di-*blanching*, tomat kemudian di-hancurkan dengan blender selama 15 menit. Setelah 15 menit, hasil pembレンダーan disaring. Ampas hasil penyaringan diencerkan kembali dengan akuades 3-4 kali, kemudian di-blender dan disaring lagi sampai didapatkan dosis optimal jus tomat sebanyak 350 ml (Dina dan Hidayat 2005; Gunawan et al. 2004; Trisnawati dan Setyawan 1994).

Kelompok perlakuan diberi jus tomat selama 2 minggu sebanyak 30 ml/kg BB dengan dosis yang terbagi pada pagi (pukul 08.00) dan sore hari (pukul 16.00).

Pembuatan pakan hiperkolesterolemik

Pemberian pakan hiperkolesterolemik dilakukan secara *ad libitum* yang terdiri dari campuran pakan standar, minyak babi, minyak kelapa, dan kristal kolesterol sebanyak 100 gr/kg BB (Maryanto dan Fatimah 2004; Saap 2007), sedangkan pemberian kuning telur itik sebanyak 7,5 ml/kg BB per sonde dilakukan pada pukul 08.00 dan 16.00. Kedua jenis pakan hiperkolesterolemik tersebut diberikan selama 4 minggu. Pemberian pakan hiperkolesterolemik bertujuan agar kondisi hiperkolesterolemia tercapai. Komposisi pakan hiperkolesterolemik tersebut terdiri dari kuning telur itik, lemak hewan, minyak kelapa, dan kristal kolesterol.

Kuning telur itik. Diperoleh dari LPPT Unit II UGM Yogyakarta. Kuning telur berwujud cairan kental. Kuning telur itik diberikan tersendiri per sonde pada semua subjek penelitian.

Lemak hewan. Lemak hewan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lemak babi. Lemak babi diperoleh dari LPPT Unit II UGM Yogyakarta. Lemak babi dipanaskan dalam wajan sampai terbentuk minyak babi cair.

Minyak kelapa. Diperoleh dari LPPT Unit II UGM Yogyakarta. Minyak kelapa mengandung lemak jenuh, seperti asam laurat, asam palmitat, dan asam miristat. Minyak kelapa berperan dalam menekan reseptor *mediated clearance* kolesterol LDL, sehingga katabolisme kolesterol LDL menjadi terganggu (Mihardja 1999).

Kristal kolesterol. Diperoleh dari Laboratorium Biokimia UNS dalam bentuk sediaan padat. Kristal kolesterol dihaluskan menjadi serbuk kemudian dicampur dengan pakan standar.

Pengukuran kadar kolesterol LDL

Dalam pengukuran kadar kolesterol LDL perlu diperhatikan kadar trigliserida dan kilomikron. Kadar tersebut masih bertahan dalam plasma apabila tikus putih dipuasakan selama 4-5 jam. Pemeriksaan kadar kolesterol LDL dilakukan setelah tikus putih dipuasakan selama 12 jam. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari kekeruhan plasma akibat trigliserida dan kilomikron yang mengganggu pengukuran kolesterol LDL (Rangland et al. 2000; Widiyanti et al. 2008).

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran kadar kolesterol LDL dengan mengambil darah tikus putih melalui vena orbitalis dengan menggunakan tabung mikrokapiler sebanyak 1 ml tiap ekor. Darah tikus putih dikumpulkan secara terpisah dalam tabung sentrifugasi tanpa antikoagulan, kemudian diukur kadar kolesterol LDL. Pengukuran kolesterol LDL dilakukan di LPPT Unit II UGM.

Kadar kolesterol LDL diukur secara langsung dengan metode Direk *Homogenous* yaitu 1 ml darah tikus putih disentrifuse dengan kecepatan 1500 rpm selama 15-20 menit untuk memisahkan serum dari darah. Sebanyak 10 µl serum kemudian ditambah dengan 1000 µl reagen pengukuran LDL (merek *Roche Diagnostic cat.no.1489232*). Setelah itu, sampel diinkubasi pada suhu 20-25°C selama 20 menit atau pada suhu 37°C selama 10 menit. Sampel serum dimasukkan ke dalam spektrofotometer pada panjang gelombang 500 nm dengan hasil pembacaan bersatuan mg/dl (Rosari 2004).

Pelaksanaan penelitian

Subjek penelitian dibagi menjadi dua kelompok, masing-masing sebanyak 17 ekor tikus putih. Kelompok I sebagai kelompok kontrol dan kelompok II sebagai kelompok perlakuan. Semua tikus putih diadaptasikan selama 1 minggu di laboratorium dan diberikan pakan standar sebanyak 100 gr/kg BB/hari dan akuades secara *ad libitum* (Herlambang 2007).

Pakan hiperkolesterolemik diberikan kepada semua subjek penelitian sebanyak 100 gr/kg BB secara *ad libitum*, sedangkan pemberian kuning telur itik dilakukan 7,5 ml/kg BB per sonde sebelum perlakuan. Kedua jenis pakan tersebut diberikan selama 2 minggu untuk meningkatkan kadar kolesterol LDL sebelum perlakuan. Kuning telur itik diberikan pada pagi hari (pukul 08.00) dan sore hari (pukul 16.00). Selain itu, kelompok I dan kelompok II diberikan larutan PTU 0,1% secara *ad libitum*.

Semua tikus putih dipuasakan selama 12 jam setelah 2 minggu. Sampel darah tikus putih kemudian diambil melalui vena orbitalis mata dengan tabung mikrokapiler sebanyak 1 ml setiap ekor, kemudian sampel tersebut dikirim ke UPPT Unit II UGM, Yogyakarta untuk diukur kadar kolesterol LDL, sehingga diperoleh hasil pengukuran kolesterol LDL sebelum perlakuan.

Penelitian dilanjutkan dengan pemberian pakan hiperkolesterolemik dan jus tomat selama 2 minggu. Pakan hiperkolesterolemik diberikan secara *ad libitum* dan kuning telur itik per sonde kepada semua tikus putih, sedangkan jus tomat dan plasebo berupa akuades diberikan dengan dosis yang terbagi pada pagi hari (pukul 08.00) dan sore hari (pukul 16.00) untuk kelompok perlakuan dan kelompok kontrol, serta dilakukan pengukuran berat badan setiap minggunya untuk penyesuaian dosis. Pemberian pakan dilakukan dengan dosis sebagai berikut.

Kelompok kontrol. Diet hiperkolesterolemik 100 gr/kg BB (campuran pakan standar, minyak kelapa, minyak babi, dan kristal kolesterol) diberikan secara *ad libitum* + kuning telur itik 7,5 ml/kg BB per sonde + plasebo akuades 30 ml/kg BB/hari per sonde + larutan PTU 0,1% secara *ad libitum*.

Kelompok perlakuan. Diet hiperkolesterolemik 100 gr/kg BB (campuran pakan standar, minyak kelapa, minyak babi, dan kristal kolesterol) diberikan secara *ad libitum* + kuning telur itik 7,5 ml/kg BB per sonde + jus tomat 30 ml/kg BB/hari per sonde + larutan PTU 0,1% secara *ad libitum*.

Semua tikus putih subjek penelitian selanjutnya dipuasakan selama 12 jam. Darah tikus putih kemudian diambil dan diukur kadar kolesterol LDL, sehingga diperoleh hasil kolesterol LDL *post-test*. Hasil pengukuran kolesterol LDL *pretest* dan *post-test* selanjutnya dianalisis.

Analisis data

Data berat badan dan kadar kolesterol LDL dari semua subjek penelitian dianalisis secara statistik dengan uji normalitas data *Shapiro Wilk Test* melalui Program SPSS Window 13.0. Pengujian normalitas data tersebut bertujuan untuk menentukan uji statistik yang sesuai dengan kondisi distribusi data yang diperoleh. Apabila distribusi data sesuai dengan kurva *Gaussian* (kurva normal) maka uji statistik dilakukan dengan menggunakan uji statistik parametrik. Uji statistik parametrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji-t berpasangan dan independen. Uji-t berpasangan adalah uji yang membandingkan perbedaan rerata masing-masing kelompok, sedangkan uji-t independen adalah uji yang membandingkan perbedaan rerata antarkelompok (Handoko 2007). Namun, apabila distribusi data tidak sesuai dengan kurva *Gaussian* maka uji statistik yang digunakan adalah uji statistik non-parametrik, yaitu uji *Wilcoxon* (Murti 1994).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini digunakan tikus putih jantan Strain Wistar sebanyak 34 ekor, berumur kurang lebih 3 bulan dengan berat badan 180-200 gram yang dibagi menjadi 2 kelompok. Kelompok I merupakan kelompok kontrol dan kelompok II merupakan kelompok perlakuan, masing-masing sebanyak 17 ekor tikus putih. Kedua kelompok diadaptasikan dalam lingkungan tempat penelitian selama satu minggu. Setiap kelompok ditempatkan di kandang berbeda yang mempunyai faktor lingkungan (suhu dan

kelembapan) sama agar faktor-faktor luar yang mengganggu penelitian dapat dikendalikan seminimal mungkin.

Semua tikus putih ditimbang terlebih dahulu sebelum perlakuan untuk mengetahui rerata berat badan tikus putih. Hasil penimbangan berat badan tikus putih dianalisis secara statistik sehingga diketahui rerata berat badan tikus putih dan simpangan bakunya (SB) (Tabel 1).

Hasil penghitungan berat badan tikus putih dari semua perlakuan dianalisis dengan uji-t independen dan diperoleh nilai $p=0,224$ ($p>0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa berat badan tikus putih antara kelompok I dan II tidak berbeda secara signifikan.

Setelah dilakukan penimbangan berat badan, semua tikus putih diberikan pakan hiperkolesterolemik 100 g/kg BB secara *ad libitum*, kuning telur itik 7,5 ml/kg BB per sonde, dan larutan PTU 0,1% secara *ad libitum* untuk mendapatkan kondisi hiperkolesterolemia selama 2 minggu. Setelah 2 minggu, semua tikus putih dipuasakan selama 12 jam kemudian diperiksa kadar kolesterol LDL untuk mendapatkan data kadar kolesterol LDL sebelum perlakuan. Sampel darah tikus putih selanjutnya diambil dengan menggunakan tabung mikrokapiler sebanyak 1 ml melalui vena orbitalis. Pemeriksaan kadar kolesterol LDL sebelum perlakuan sangat penting dilakukan untuk mengetahui keseragaman kadar kolesterol LDL tikus putih dari kedua kelompok.

Data kolesterol LDL sebelum perlakuan antara kedua kelompok dari grafik normalitas data dieliminasi, karena terdapat satu subjek penelitian dengan data kolesterol LDL sebelum perlakuan yang bernilai ekstrim antara kedua kelompok (Gambar 1). Data tersebut dikeluarkan dari analisis statistik berikutnya, sehingga hanya 16 data kolesterol LDL sebelum perlakuan yang diuji-t independen. Uji-t independen dilakukan untuk mengukur kadar kolesterol LDL tikus putih antara kelompok I dan II sebelum perlakuan. Dari hasil penelitian diperoleh nilai $p=0,442$. Selanjutnya dengan menggunakan uji-t berpasangan terhadap kelompok II (Tabel 3) diperoleh nilai $p=0,000$ ($p<0,05$) sehingga dapat disimpulkan bahwa rerata kadar kolesterol LDL sebelum dan setelah perlakuan pada kelompok II berbeda secara signifikan ($p>0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa kadar kolesterol LDL tikus putih antara kelompok I dan II sebelum perlakuan tidak berbeda secara signifikan.

Setelah diperoleh data kadar kolesterol LDL sebelum perlakuan, semua tikus putih diberi perlakuan, yaitu kelompok I tetap hiperkolesterolemia dan diberi larutan PTU 0,1% seperti kondisi sebelumnya, sedangkan kelompok II diberi jus tomat 30 ml/kg BB per sonde, di samping mendapatkan perlakuan yang sama dengan kelompok I. Perlakuan tersebut dilaksanakan selama 2 minggu. Kemudian dilakukan pemeriksaan kadar kolesterol LDL untuk mendapatkan data kolesterol LDL setelah perlakuan.

Eliminasi data kadar kolesterol LDL setelah perlakuan antara kedua kelompok dari grafik normalitas data dilakukan, karena terdapat satu subjek penelitian dengan data kolesterol LDL setelah perlakuan yang bernilai ekstrim antara kedua kelompok, sehingga hanya 16 data

kolesterol LDL setelah perlakuan yang diuji-t independen (Gambar 2).

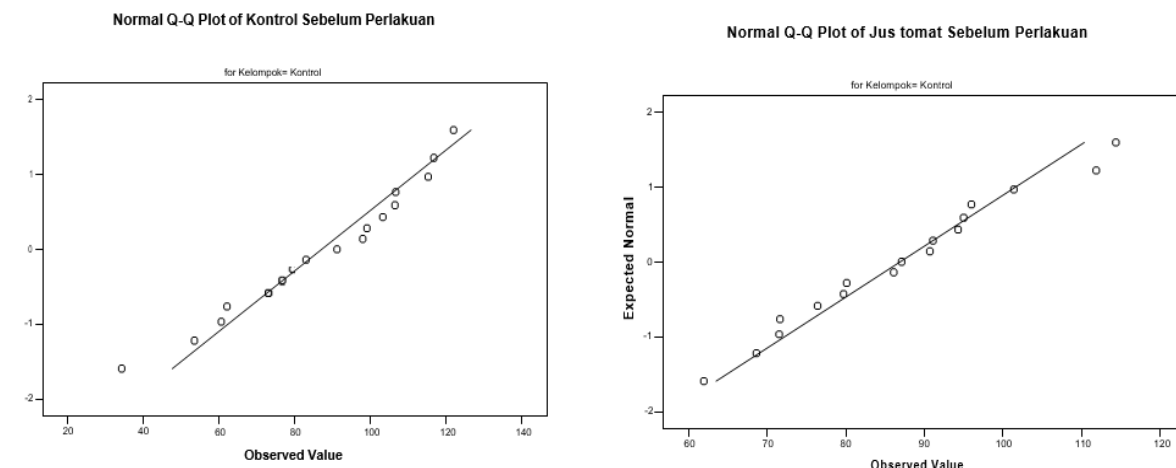
Setelah diperoleh rerata kadar kolesterol LDL tikus putih sebelum dan setelah perlakuan antara kedua kelompok, dapat dibandingkan rerata kadar kolesterol LDL sebelum dan setelah perlakuan pada masing-masing kelompok. Analisis dilakukan dengan menggunakan uji-t berpasangan terhadap kelompok I (Tabel 3) dan diperoleh nilai $p=0,250$ ($p>0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa rerata kadar kolesterol LDL pada kelompok I sebelum dan setelah perlakuan tidak berbeda secara signifikan.

Dari penelitian ini diperoleh rerata berat badan tikus putih kelompok I yaitu sebesar $189,71\pm7,2$ gram dan kelompok II sebesar $193,28\pm9,4$ gram dari data penimbangan berat badan tikus putih sebelum perlakuan (Tabel 1). Setelah dilakukan analisis statistik dengan uji normalitas *Shapiro Wilk Test*, diperoleh data berat badan tikus putih yang terdistribusi normal pada kelompok I dengan nilai $p=0,224$ ($p>0,05$), dan kelompok II dengan nilai $p=0,101$ ($p>0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa data berat badan tikus putih antara kedua kelompok dengan kurva *Gaussian* (kurva normal) tidak berbeda secara signifikan. Oleh karena data berat badan tikus putih terdistribusi normal maka dapat digunakan uji-t independen untuk membandingkan berat badan tikus putih antara kedua kelompok sebelum perlakuan dan diperoleh nilai $p=0,224$ ($p>0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa berat badan tikus putih antara kedua kelompok tidak berbeda secara signifikan. Selanjutnya dilakukan analisis statistik terhadap berat badan yang bertujuan agar data berat badan tikus putih sesuai kriteria inklusi.

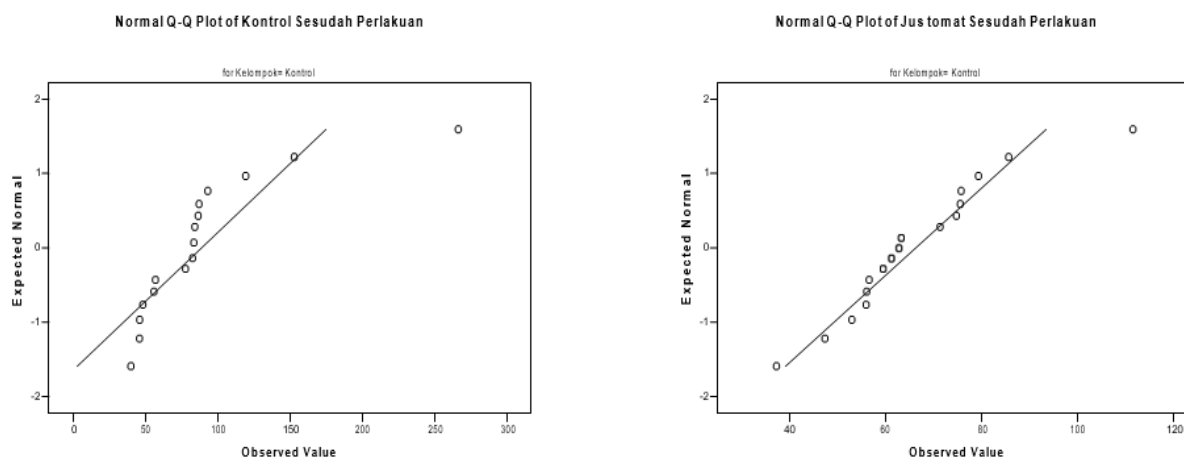
Semua tikus putih yang diuji diberikan pakan hiperkolesterolemik dan larutan PTU 0,1% selama 2 minggu untuk mendapatkan kondisi hiperkolesterolemia sebelum masa perlakuan dimulai (Salter et al. 1991). Setelah 2 minggu, dilakukan pemeriksaan kadar kolesterol LDL untuk mendapatkan data kadar kolesterol LDL sebelum perlakuan. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui keseragaman kadar kolesterol LDL yang akan digunakan. Dari penelitian ini diperoleh rerata kadar kolesterol LDL sebelum perlakuan pada kelompok I sebesar $90,31\pm21,40$ mg/dl dan kelompok II sebesar $85,37\pm13,67$ mg/dl (Tabel 2). Data tersebut menunjukkan bahwa kedua kelompok telah mencapai kondisi hiperkolesterolemia, karena berdasarkan penelitian Matos et al. (2005), rerata kadar kolesterol LDL normal tikus putih adalah $35,04\pm13,64$ mg/dl. Peningkatan kadar kolesterol LDL pada semua subjek penelitian sebelum perlakuan disebabkan oleh banyak faktor.

Waktu pemberian pakan hiperkolesterolemik

Berdasarkan hasil penelitian Rand dan Queckenbush (2008), waktu pemberian pakan hiperkolesterolemik menentukan siklus diurnal hiperkolesterolemia. Pemberian pakan hiperkolesterolemik pada pukul 08.00 dan 16.00 dapat meningkatkan kapasitas lambung sebanyak 35%. Peningkatan kapasitas lambung memperlama pengosongan lambung, sehingga kondisi hiperkolesterolemia baru tercapai setelah 6 jam.



Gambar 1. Distribusi data kolesterol LDL sebelum perlakuan pada kelompok KI (kiri) dan KII (kanan)



Gambar 2. Distribusi data kolesterol LDL setelah perlakuan pada kelompok KI (kiri) dan KII (kanan)

Efek pakan hiperkolesterolemik

Pemberian pakan hiperkolesterolemik meningkatkan aktivitas ACAT secara signifikan ($p < 0,005$) dan meningkatkan respons hiperkolesterolemia pada kromosom autosom nomor 3, 5, dan 14 secara signifikan ($p < 0,05$) (Asahina et al. 2008; Salter et al. 1991). Peningkatan aktivitas ACAT karena pakan hiperkolesterolemik meningkatkan kejenuhan kadar kolesterol eksogen (Salter et al. 1991).

Selain itu, kejenuhan kadar kolesterol eksogen disebabkan oleh peningkatan respons lokus *Quantitative Trait Locus* (QTL) terhadap pakan hiperkolesterolemik pada kromosom 3, 5, dan 14. Dari ketiga kromosom tersebut, QTL pada kromosom 5 dan 14 mempunyai responsivitas tinggi terhadap pakan hiperkolesterolemik. Dengan penanda genetik *D5Rat95* dan *D14Rat43*, Asahina et al. (2008) menemukan gen *ATP-Binding Cassette transporter A 1* (ABCA 1) pada QTL yang bertanggung jawab mengatur metabolisme lipoprotein dan kolesterol. Berdasarkan hasil penelitian Dolphin (2008), peningkatan ACAT menyebabkan peningkatan sintesis ester kolesterol LDL pada sisterna golgi, vesikel hepar, dan plasma.

Larutan PTU 0,1%

Hormon triiodotironin (T3) meningkatkan ekspresi reseptor kolesterol LDL di hepar sebanyak 25% setelah 4 jam dan 30% setelah 9 jam, sehingga dibutuhkan larutan PTU 0,1% untuk menghambat sintesis hormon T3 yang berakibat menurunkan ekspresi reseptor kolesterol LDL pada permukaan sel hepar (Salter et al. 1991).

Larutan PTU 0,1% dapat menurunkan translasi mRNA menjadi reseptor kolesterol LDL di hepar. Penurunan translasi mRNA menjadi reseptor kolesterol LDL menurunkan ekspresi reseptor kolesterol LDL pada permukaan hepar dan mengakibatkan hepar meningkatkan translasi mRNA menjadi protein γ -aktin, sehingga peningkatan protein γ -aktin terjadi di hepar (Salter et al. 1991).

Analisis statistik dilakukan dengan uji-t independen terhadap kadar kolesterol LDL tikus putih sebelum perlakuan antara kedua kelompok, karena distribusi data kolesterol LDL pada kedua kelompok sebelum perlakuan normal. Dari analisis statistik tersebut, diperoleh nilai $p = 0,442$ ($> 0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa rerata kadar kolesterol LDL sebelum perlakuan antara kedua

kelompok tidak berbeda secara signifikan, sehingga dapat dilanjutkan perlakuan terhadap subjek penelitian, karena kolesterol LDL sebelum perlakuan antara kedua kelompok seragam.

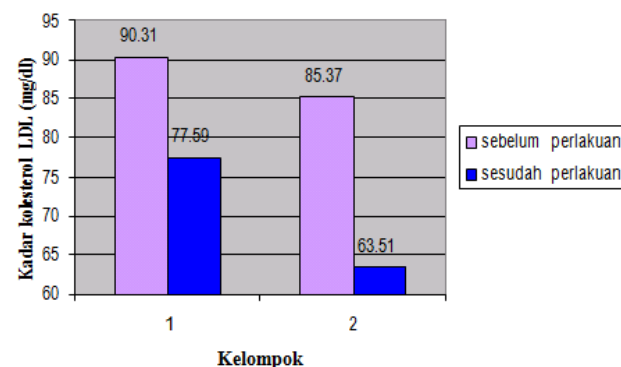
Setelah 2 minggu perlakuan, dilakukan pemeriksaan kadar kolesterol LDL setelah perlakuan. Setelah diperoleh data kolesterol LDL setelah perlakuan, dilakukan eliminasi data ekstrim pada kelompok I. Hal tersebut dilakukan khususnya pada data kolesterol LDL dari kelompok I setelah perlakuan karena data tersebut terdistribusi tidak normal (Gambar 2). Hal tersebut sesuai dengan uji normalitas *Shapiro Wilk Test* yang menyatakan bahwa distribusi data kadar kolesterol LDL kelompok I setelah perlakuan mempunyai nilai $p=0,000$ ($p<0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa antara kurva data kolesterol LDL kelompok I setelah perlakuan dan kurva *Gaussian* berbeda secara signifikan. Setelah dilakukan eliminasi data kolesterol LDL setelah perlakuan yang ekstrim, kemudian dilakukan uji normalitas terhadap data kolesterol LDL kelompok I setelah perlakuan dan diperoleh nilai $p=0,058$ ($p>0,05$). Hal tersebut menunjukkan bahwa antara kurva data kolesterol LDL pada kelompok I setelah perlakuan dan kurva *Gaussian* tidak berbeda secara signifikan, sehingga dapat dibandingkan rerata kolesterol LDL dari kelompok I sebelum dan setelah perlakuan dengan uji-t berpasangan. Dari hasil analisis statistik tersebut, diperoleh nilai $p=0,250$ ($p>0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa rerata kolesterol LDL dari kelompok I sebelum dan setelah perlakuan tidak berbeda secara signifikan. Hal tersebut terjadi karena rerata kolesterol LDL kelompok I setelah perlakuan menurun (Gambar 3).

Pemberian larutan PTU 0,1% menyebabkan perubahan kondisi hipertiroid kelompok I menjadi kondisi eutiroid dan hipotiroid. Berdasarkan hasil penelitian Salter et al. (1991), kondisi eutiroid tikus putih sedikit meningkatkan kadar kolesterol VLDL dan menurunkan kadar kolesterol LDL, sedangkan kondisi hipotiroid kadar kolesterol LDL dan kolesterol VLDL meningkat secara signifikan ($p<0,01$).

Menurut hasil penelitian Riley et al. (1980), pada kondisi eutiroid, pemberian pakan hiperkolesterolemik dan PTU 0,1% menyebabkan usus mensekresikan kolesterol IDL yang membawa *ApoA-I* dan *ApoB*. Saat kolesterol IDL berubah menjadi kolesterol LDL, *ApoA-I* ditukarkan dengan *ApoE* yang berasal dari kolesterol HDL₂₊₃, sehingga kolesterol LDL menjadi jenuh *ApoE*. Peningkatan *ApoE* pada kolesterol LDL menyebabkan kolesterol LDL mudah dikenali oleh reseptor *ApoE* di hepar, sehingga kadar kolesterol LDL menurun (Dolphin 2008). Hal tersebut dibuktikan juga oleh Davidson et al. (1988) bahwa pemberian larutan PTU 0,1% meningkatkan sintesis *ApoE*, menurunkan sintesis asam lemak, menurunkan sekresi trigliserol ke dalam kolesterol VLDL di hepar, meningkatkan lipoprotein lipase, dan meningkatkan katabolisme trigliserol. Kondisi tersebut menurunkan kolesterol LDL (Salter et al. 1991).

Namun, berdasarkan hasil penelitian Swift et al. (2008), pemberian larutan PTU 0,1% tidak menurunkan kecepatan pembersihan sisa semua jenis lipoprotein, baik pada kondisi hipotiroid maupun eutiroid, sehingga profil

lipoprotein plasma tidak berubah. Akan tetapi, pemberian pakan hiperkolesterolemik dan larutan PTU 0,1% pada kondisi hipotiroid menyebabkan pembersihan kolesterol *remnant* VLDL menurun, sehingga kondisi tersebut meningkatkan kolesterol LDL (Dolphin 2008).



Gambar 3. Rerata kadar kolesterol LDL tikus putih sebelum dan sesudah perlakuan (mg/dl).

Tabel 1. Rerata berat badan sebelum perlakuan

Kelompok	Rerata berat badan sebelum perlakuan (gram)	p
I (n=17)	189,71±7,2	0,224
II (n=17)	193,28±9,4	

Tabel 2. Rerata kadar kolesterol LDL kedua kelompok tikus putih sebelum dan setelah perlakuan

Kelompok	Rerata kadar kolesterol LDL (mg/dl)	p
Sebelum perlakuan		
I (n=16)	90,31 ± 21,40	0,442
II (n=16)	85,37 ± 13,67	
Setelah perlakuan		
I (n=16)	77,59±29,59	-
II (n=16)	63,51±12,83	

Tabel 3. Rerata kadar kolesterol LDL tikus putih sebelum dan setelah perlakuan pada kelompok I dan II

Kelompok	Rerata kadar kolesterol LDL (mg/dl)		p
	Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan	
I (n=16)	90,31±21,40	77,59±29,59	0,250
II (n=16)	85,37±13,67	63,51±12,83	0,000

Pemberian pakan hiperkolesterolemik menyebabkan abnormalitas sekresi lipoprotein dan apolipoprotein di hepar. Pada kondisi hiperkolesterolemia, terjadi peningkatan *ApoA-I* dan *ApoA-IV* serta penurunan *ApoB-240*. Pakan hiperkolesterolemik akan meningkatkan sekresi kolesterol β -VLDL dan HDLc (HDL1). Lipoprotein tersebut hanya mengandung ester kolesterol (Swift et al. 2008).

Kolesterol β -VLDL mengandung lebih dari 60% *Apo-IV* dan sisanya mengandung *ApoA-I*. *Apo-I* dan *Apo-IV* pada kolesterol β -VLDL berfungsi sebagai penukar apolipoprotein dengan *ApoE* yang berasal dari kolesterol HDLc. Pelekatan *ApoE* pada kolesterol β -VLDL menyebabkan kolesterol β -VLDL mudah dikenali oleh reseptor *ApoE* di hepar, sedangkan HDLc sendiri berfungsi sebagai pemberi *ApoE* pada semua macam lipoprotein, termasuk kolesterol LDL. Apabila kolesterol LDL dilekati *ApoE* maka kolesterol tersebut juga mudah dikenali oleh hepar, akibatnya konsentrasi kolesterol LDL menurun (Swift et al. 2008).

Komposisi asam lemak pakan hiperkolesterolemik

Komposisi asam lemak yang terkandung dalam pakan hiperkolesterolemik mempengaruhi kondisi hiperkolesterolemia. Pada penelitian ini tidak dilakukan pengukuran kandungan asam lemak dari pakan hiperkolesterolemik, karena biaya pemeriksaan mahal, sehingga variabel tersebut tidak dapat dikendalikan. Kandungan asam lemak dari pakan hiperkolesterolemik sangat mempengaruhi kolesterol LDL.

Pada penelitian ini dibuat pakan hiperkolesterolemik dari pakan standar, minyak kelapa, minyak babi, kristal kolesterol, dan kuning telur. Pakan hiperkolesterolemik diberikan secara *ad libitum* yang terdiri atas campuran pakan standar, minyak kelapa, minyak babi, dan kristal kolesterol, sedangkan kuning telur itik diberikan per sonde. Asam palmitat, asam miristat, dan asam laurat yang terkandung dalam pakan hiperkolesterolemik merupakan asam lemak jenuh terpenting untuk meningkatkan kadar kolesterol LDL. Tidak hanya asam lemak jenuh yang terkandung di dalam pakan hiperkolesterolemik, tetapi juga asam lemak tidak jenuh. Asam lemak tidak jenuh mengganggu peningkatan kadar kolesterol LDL.

Penggunaan campuran pakan standar, kuning telur, minyak babi, minyak kelapa, dan kristal kolesterol sebagai pakan hiperkolesterolemik mempunyai beberapa alasan. Berdasarkan hasil penelitian Bartov et al. (2008), penggunaan kuning telur dan kristal kolesterol meningkatkan kadar kolesterol LDL. Hal tersebut dibuktikan secara tidak langsung dengan mengukur sekresi asam empedu tikus putih. Peningkatan sekresi asam empedu dari kolesterol endogen merupakan kompensasi hepar dalam merespons peningkatan kolesterol LDL.

Namun, kuning telur itik selain mengandung kadar kolesterol yang tinggi, ternyata juga mengandung *polyenoic acid*, terutama *di-*, *tri-*, dan *tetraenoic*. *Polyenoic acid* merupakan asam lemak tidak jenuh yang mendeprasi kadar kolesterol plasma, sehingga kondisi hiperkolesterolemia tidak tercapai dan menyebabkan penurunan kadar LDL (Bartov et al. 2008). Pada penelitian

ini tikus putih diberikan kuning telur per sonde yang bertujuan agar kandungan asam lemak jenuh tidak teroksidasi oleh udara. Apabila kuning telur itik diberikan secara *ad libitum* maka asam lemak jenuh yang terkandung di dalamnya teroksidasi dan dapat mengganggu efek peningkatan kadar kolesterol LDL. Selain itu, pencampuran kristal kolesterol dengan minyak babi dapat memperlambat penyerapan kristal kolesterol di usus (Bartov et al. 2008). Penggunaan minyak kelapa dan minyak babi sebagai pakan hiperkolesterolemik dikarenakan mengandung asam lemak jenuh yang sangat tinggi, terutama asam miristat, asam laurat, dan asam palmitat (Mihardja 1999).

Metode pengukuran kolesterol LDL

Metode pengukuran kolesterol LDL sangat mempengaruhi kadar kolesterol LDL. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kolesterol LDL dengan metode Direk *Homogenous* di LPPT Unit IV UGM. Metode tersebut tidak memperhatikan kadar trigliserida dalam pengukuran kolesterol LDL seperti pada metode Indirek berdasarkan formula Friedewald. Berdasarkan hasil penelitian Widijanti et al. (2008), hasil pengukuran kolesterol LDL dengan metode *Direk Homogenous* lebih rendah jika dibandingkan dengan metode Indirek (formula Friedewald) saat kadar trigliserida <400 mg/dl. Kedua pengukuran tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$). Hasil pengukuran kadar kolesterol LDL dengan metode *Direk Homogenous* lebih rendah daripada metode Indirek Friedewald, karena pada metode Direk, kolesterol LDL dipisahkan dari kolesterol IDL dan Lp(a). Kolesterol IDL dan Lp(a) yang mempunyai kontribusi meningkatkan hasil pengukuran kolesterol LDL, menjadi tidak ikut terukur (Widijanti et al. 2008).

Polimorfisme Gen Promoter *CYP7A1*

Polimorfisme gen promotor *CYP7A1* mempengaruhi peningkatan enzim 7- α -hidroksilase. Enzim tersebut berpengaruh dalam sintesis asam empedu yang sensitif terhadap peningkatan kadar kolesterol LDL. Pengaturan aktivitas gen promotor *CYP7A1* secara tidak langsung dilakukan oleh *Hepatocyte Nucleus Factor 3* (HNF-3). HNF-3 mengatur gen promotor sekuen DNA di *region* 432 *base pair* (bp) dan 220 bp. Gen promotor tersebut mempunyai efek meningkatkan polimorfisme gen promotor *CYP7A1* di *region* 278 bp. Dengan demikian, regulasi transkripsi mRNA untuk enzim 7- α -hidroksilase dikendalikan oleh HNF-3 (Hofman 2005).

Konversi adenin (A) menjadi sitosin (C) pada sekuen DNA *region* 278 bp menyebabkan variasi dimer basa nitrogen. Variasi dimer yang dihasilkan adalah AA, AC, dan CC. Variasi dimer tersebut sangat penting terhadap pengaruh kadar kolesterol LDL setelah pemberian pakan hiperkolesterolemik (Hofman 2005). Dimer CC sangat sensitif terhadap peningkatan kadar kolesterol LDL. Tikus putih berdimer CC di gen promotor *CYP7A1* menurunkan kolesterol LDL sampai $(-1,44) \pm 1,18$ mmol/dl dibandingkan dengan dimer AA yang menurunkan kolesterol LDL sampai $0,13 \pm 0,14$ mmol/dl dan dimer AC yang menurunkan kolesterol LDL sampai $0,38 \pm 0,99$ mmol/dl. Sensitivitas dimer CC diwujudkan dengan peningkatan

sintesis enzim 7- α -hidroksilase. Enzim tersebut meningkatkan produksi asam empedu dari kolesterol LDL (Hofman 2005).

Peningkatan kolesterol LDL merangsang hepar mengeluarkan *Sterol Regulatory Element Binding Protein* (SREBP). SREBP meningkatkan reseptor kolesterol LDL. Peningkatan reseptor kolesterol LDL menurunkan kolesterol LDL. Selain gen *CYP7A1*, terdapat juga gen *CYP27* dan *IBAT* yang mengatur sintesis asam empedu dari kolesterol endogen (Hofman 2005).

Gen *CYP27* secara normal tidak mempengaruhi sintesis asam empedu dari kolesterol endogen, tetapi apabila kerusakan gen *CYP27* terjadi maka resistensi hepar terhadap enzim 7- α -hidroksilase meningkat, sehingga sintesis asam empedu dari kolesterol endogen dan kolesterol LDL menurun serta meningkatkan kolesterol LDL di plasma. Gen *IBAT* berperan sebagai pengatur absorpsi asam empedu melalui siklus enterohepatik. Gen *IBAT* secara tidak langsung mengatur sintesis asam empedu melalui *negative feed back mechanism* terhadap gen *CYP7A1*, sehingga sintesis asam empedu menjadi terkendali. Peningkatan ekspresi gen *IBAT* menyebabkan penurunan sintesis asam empedu dari kolesterol LDL, sehingga kondisi tersebut meningkatkan kolesterol LDL (Hofman 2005).

Keseimbangan reseptor nukleus di hepar

Keseimbangan reseptor nukleus sel hepar sangat mempengaruhi sintesis asam empedu dari kolesterol endogen dan kolesterol LDL. Reseptor nukleus sel hepar ada 2 macam, yaitu *Liver X Receptor* (LXR) dan *Farnesoid X Receptor* (FXR). LXR merangsang transkripsi gen *CYP7A1*, sehingga sintesis empedu dari kolesterol endogen meningkat. Peningkatan sintesis tersebut mengakibatkan peningkatan reseptor kolesterol LDL di hepar. Peningkatan reseptor kolesterol LDL di hepar menurunkan kolesterol LDL. FXR meningkatkan *Small Heterodimer Partner* (SHP). SHP menyekat *Liver Homolog Receptor-1* (LHR-1). LHR-1 merupakan faktor terpenting yang mengaktifkan transkripsi gen *CYP7A1*. Penyekatan LHR-1 menurunkan sintesis asam empedu dari kolesterol LDL, sehingga kolesterol LDL meningkat (Hofman 2005).

Berdasarkan uji normalitas data *Shapiro Wilk Test*, kadar kolesterol LDL kelompok II sebelum dan setelah perlakuan terdistribusi normal, karena kadar kolesterol LDL kelompok II sebelum perlakuan mempunyai nilai $p=0,887$ ($p>0,05$) dan kadar kolesterol LDL kelompok II setelah perlakuan mempunyai nilai $p=0,298$ ($p>0,05$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa antara kurva data kolesterol LDL kelompok II sebelum dan sesudah perlakuan dengan kurva *Gaussian* tidak berbeda secara signifikan. Setelah data kolesterol LDL kelompok II sebelum dan setelah perlakuan terdistribusi normal maka dapat dibandingkan dengan uji-t berpasangan dan diperoleh nilai $p=0,000$ ($p<0,05$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa antara rerata kadar kolesterol LDL kelompok II sebelum dan setelah perlakuan berbeda secara signifikan.

Rerata kadar kolesterol LDL kelompok II setelah perlakuan lebih rendah daripada sebelum perlakuan dan

berdasarkan analisis statistik dengan uji-t berpasangan, rerata kadar kolesterol LDL kelompok II sebelum dan setelah perlakuan berbeda secara signifikan (Gambar 3). Hal tersebut menunjukkan bahwa jus tomat mampu menurunkan kadar kolesterol LDL. Efek jus tomat selama penurunan kolesterol LDL dipengaruhi oleh pemanasan tomat, pakan hiperkolesterolemik, asam lambung, garam empedu, dan lipoprotein sebagai transporter karotenoid tomat (Parker et al. 1999).

Pemanasan tomat meningkatkan isomerisasi likopen dan β -karoten menjadi bentuk *cis*. Bioavailabilitas karotenoid seperti likopen dan β -karoten meningkat 50% dan bioavailabilitas flavonol seperti *quercetin* meningkat 17% apabila jus tomat diberikan bersamaan dengan pakan hiperkolesterolemik (Parker et al. 1999), sehingga tikus putih diberikan pakan hiperkolesterolemik berupa kuning telur itik dan jus tomat bersama-sama ke dalam alat sonde lambung. Pemberian jus tomat bersamaan dengan kuning telur itik kepada tikus putih bertujuan agar penyerapan karotenoid jus tomat tercapai dan menimbulkan efek penurunan kolesterol LDL. Hal tersebut telah dibuktikan bahwa kadar kolesterol LDL kelompok II sebelum dan setelah perlakuan berbeda secara signifikan.

Pemanasan tomat selama perlakuan lebih dari 5 menit meningkatkan kehilangan likopen sebanyak 1,1%. Semakin lama pemanasan dan semakin tinggi suhu menghilangkan likopen sebanyak 17,1%. Namun, apabila tomat dipanaskan pada suhu sedang (82-93°C) selama 15 menit dapat meningkatkan kandungan likopen, sehingga pemanasan buah tomat pada suhu sedang dilakukan sebelum pembuatan jus tomat. Pemanasan buah tomat dan pengaruh asam lambung meningkatkan isomerisasi beberapa zat seperti likopen, β -karoten, *quercetin*, kaempferol, dan naringenin (Hedges dan Lister 2005).

Proses pemanasan menyebabkan perubahan bentuk *all trans*-likopen dan β -karoten menjadi bentuk *9-cis* dan *13-cis*. Bentuk *9-cis* dan *13-cis* meningkatkan penyerapan likopen, tetapi bentuk tersebut memperlambat penyerapan β -karoten. Bentuk *quercetin* konjugat berubah menjadi bentuk *quercetin* bebas sebanyak 30%, sehingga bentuk tersebut mempermudah penyerapan. Bentuk naringenin *chalcon* berubah menjadi naringenin glikosida sehingga juga mempermudah penyerapan. Namun, apabila pemanasan buah tomat berlangsung sangat lama dapat melumerkan kulit tomat dan meningkatkan kehilangan 80% *quercetin*, kaempferol, dan naringenin karena ketiga zat tersebut terkandung di dalam kulit tomat (Hedges dan Lister 2005).

Garam empedu membantu penyerapan zat karotenoid tomat di usus karena garam empedu membentuk misel dari pakan hiperkolesterolemik untuk melarutkan zat karotenoid tomat. Metabolisme lipoprotein berperan sebagai transporter karotenoid ke dalam sel-sel tubuh. Kilomikron dan kolesterol LDL sebagai pengangkut utama zat karotenoid, seperti α -karoten, β -karoten, dan likopen (Olson 1994).

Pakan hiperkolesterolemik secara tidak langsung meningkatkan lipoprotein abnormal HDLc yang hanya mengandung ester kolesterol dan *Apo-E*. *Apo-E* dari HDLc diberikan kepada kolesterol LDL, sehingga kolesterol LDL

mudah dikenali oleh hepar (Swift et al. 2008). Dengan demikian, bersamaan dengan katabolisme kolesterol LDL di hepar, terjadi peningkatan akumulasi karotenoid di hepar. Kondisi tersebut menimbulkan efek penurunan kolesterol LDL pada kelompok II.

KESIMPULAN

Pemberian jus tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) sebanyak 30 ml/kg BB/hari selama 2 minggu menurunkan kolesterol LDL tikus putih (*Rattus norvegicus*) secara signifikan ($p < 0,05$).

DAFTAR PUSTAKA

- Asahina M, Sato M, Imaizumi K. 2005. Genetic analysis of diet-induced hypercholesterolemia in exogenously hypercholesterolemic rats. *J Lipid Res* 46(10): 2289-2294.
- Bartov I, Reiser R, Henderson. 2008. Hypercholesterolemic effect in female rat of egg yolk versus crystalline cholesterol dissolved in lard. *J Nutr* 103(10): 1400-1405.
- Parker RS, Swanson JE, You JE et al. 1999. Bioavailability of carotenoid in human subjects. *Proc Nutr Soc* 58(1): 155-162.
- Dina PA, Hidayat HN. 2005. Minuman berkarbonasi dari buah segar. Trubus Agrisarana, Surabaya.
- Dolphin PJ. 2008. Serum and hepatic nascent lipoproteins in normal and hypercholesterolemic rats. *J Lipid Res* 22(6): 971-989.
- Gunawan I, Sudrajat SS, Wanandi SI. 2004. Effects of tomato juices consumption on plasma lycopene levels of male light smokers. *Ind J Med* 13: 146-150.
- Handoko P. 2007. Pengaruh Pemberian Ekstrak Brokoli Per Oral Terhadap Kadar Glukosa Tikus Putih. [Skripsi]. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Hedges LJ, Lister CE. 2005. Nutritional attributes of salad vegetables. Crop and Food Research Confidential Report No. 1473. New Zealand Institute, Christchurch, New Zealand.
- Herlambang AB. 2007. Pengaruh Pemberian Jus Lidah Buaya (*Aloe vera*) Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Putih (*Rattus norvegicus*). [Skripsi]. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Hofman MK, Princen HM, Zwinderman AH et al. 2005. Genetic variation in the rate-limiting enzyme in cholesterol catabolism (cholesterol 7 α -hydroxylase) influences the progression of atherosclerosis and risk of new clinical events. *Clin Sci (Lond)* 108(6): 539-545.
- Maryanto, Fatimah. 2004. Pengaruh pemberian jambu biji (*Psidium guajava* L.) pada lipidemia serum tikus (*Sprague dawley*) hiperkolesterolemia. *Media Medika Indonesia* 39: 105-111.
- Matos LS, Paula H, Pedrosa LM et al. 2005. Dietary models for inducing hypercholesterolemia in rats. *Braz Arch Biol Technol* 48(2): 203-209.
- Mihardja L. 1999. Pengaruh beberapa diet terhadap hiperlipidemia. *Media Litbangkes* 9: 8-12.
- Murti B. 1994. Penerapan metode statistik non-parametrik dalam ilmu-ilmu kesehatan. Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Olson JA. 1994. Absorption, transport and metabolism of carotenoids in humans. *Pur Appl Chem* 66: 1011-1016.
- Priyana A. 2007. Perbandingan antara *high density lipoprotein*, *lipoprotein(a)*, dan *small dense low density lipoprotein* sebagai parameter pertanda risiko penyakit jantung koroner. *Univ Med* 26: 12-17.
- Pusparini. 2006. *Low density lipoprotein* padat kecil sebagai faktor risiko aterosklerosis. *Univ Med* 25: 22-32.
- Rand P, Quackenbush B. 2008. Cholesterol level in hypercholesterolemic rat: Diurnal variation. *Ind J Nutr*.
- Rangland BD, Konrad RJ, Chaffin C et al. 2000. Evaluation of homogeneous direct LDL-cholesterol assay in diabetic patients: Effect of glycemic control. *Clin Chem* 46: 1848-1851.
- Rosari TC. 2004. Pengaruh Pemberian Tempe Terhadap Kadar Kolesterol Total Darah Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) yang Diberi Minyak Kelapa. [Skripsi]. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Saap EM. 2007. Perbedaan Penurunan Kadar LDL Kolesterol Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) pada Pemberian Bawang Putih (*Allium sativum* Linn.) Mentah dan Dimasak. [Skripsi]. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Salter AM, Hayash R, Al-Senni M et al. 1991. Effects of hypothyroidism and high-fat feeding on mRNA concentrations for the low-density-lipoprotein receptor and on acyl-coA: Cholesterol acyltransferase activities in rat liver. *Biochem J* 276: 825-832.
- Sargowo D. 1995. Proses aterosklerosis sebagai penyebab penyakit jantung koroner: Ditinjau dari konsep patologi molekuler sebagai landasan teori. *Majalah Kedokteran Indonesia* 45: 311-315.
- Silaste ML, Alfthan G, Aro A et al. 2007. Tomato juice decreases LDL cholesterol levels and increases LDL resistance to oxidants. *British J Nutr* 98: 1251-1258.
- Swift L, Soulé PD, Gray ME et al. 2008. Intestinal lipoprotein synthesis. Comparison of nascent Golgi lipoproteins from chow-fed and hypercholesterolemic rats. *J Lipid Res* 25: 1-13.
- Trisnawati Y, Setyawan P. 1994. Tomat pembudidayaan secara komersial. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Tsalissavrina I, Wahono D, Handayani D. 2006. Pengaruh pemberian diet tinggi karbohidrat dibandingkan diet tinggi lemak terhadap kadar trigliserida dan HDL darah pada *Rattus norvegicus* galur Wistar. *Jurnal Kedokteran Brawijaya* 22: 81-89.
- Waspadji S. 2006. Metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Ind J Med* 38: 177-178.
- Widijanti A, Koesmardani R, Hartojo. 2008. Perbedaan kadar kolesterol LDL yang diperiksa dengan Metode Direk (Homogenous LDL-C) dan Metode Indirek (Formula Friedewald). Laboratorium Klinik Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang.

Pengaruh penambahan tepung koro glinding (*Phaseolus lunatus*) terhadap sifat kimia dan organoleptik mi basah dengan bahan baku tepung terigu yang disubstitusi tepung ubi jalar ungu

The effect of *koro glinding* (*Phaseolus lunatus*) flour addition on chemical and organoleptic properties of wheat flour-made wet noodle substituted with purple sweet potato flour

ARI WIDYAS RINI, SRI HANDAJANI, DIAN RACHMAWANTI AFFANDI

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126, Jawa Tengah

Manuskrip diterima: 5 Oktober 2008. Revisi disetujui: 12 Januari 2009.

Abstract. Rini AW, Handajani S, Affandi DR. 2009. The effect of *koro glinding* (*Phaseolus lunatus*) flour addition on chemical and organoleptic properties of wheat flour-made wet noodle substituted with purple sweet potato (*Ipomoea batatas*) flour. *Biofarmasi* 7: 31-41. So far, the wheat flour used widely in Indonesia is entirely exported from foreign countries. An exploration of local resources needs to be done to save the foreign exchange. One of the alternative tubers that can substitute for flour is purple sweet potato. This tuber is not only containing high carbohydrate, but also contains coarse fibre and anthocyanin natural dye, including antioxidant. Wet noodle is a wheat flour-made processed food and the materials rich in protein such as beans. This research aimed to find out the chemical and organoleptic properties of noodle wet substituted with 20% purple sweet potato and *koro glinding* at various concentrations. The treatments in this research included *koro glinding* flour addition (0%, 5%, 10% and 15%) and purple sweet potato 20% into flour wheat. The analysis conducted consisted of water, ash, protein and crude fibre contents and organic analysis (color, smell, taste, texture and whole properties). This research used a completely randomized design, and each treatment was repeated for three times. Furthermore, the data were analyzed statistically by using Anova. If the result showed the significant difference, it would be followed with DMRT test. The results of research showed the increases of water, ash, protein and crude fibre contents with *koro glinding* flour addition. Meanwhile, the results of organoleptic test on color, smell, taste, texture and whole properties of wet noodle indicated the decreased consumer reception level with *koro glinding* flour addition. The organoleptic test also indicated that panelists still like and can receive wet noodle with 20% purple sweet potato and 5% *koro glinding* flour addition. This wet noodle contained 40.26% water, 2.11% ash, 8.18% protein, and 2.43% crude fibre.

Keywords: Chemical properties, *koro glinding*, organoleptical properties, purple sweet potato, wet noodle

PENDAHULUAN

Orang sering memerlukan makanan selingan di samping makanan pokok. Makanan selingan ini sangat bervariasi dari makanan ringan sampai makanan berat, atau makanan yang apabila dikonsumsi dapat memberikan rasa kenyang seperti apabila mengonsumsi makanan pokok. Mi merupakan salah satu pilihan yang banyak disukai hampir seluruh lapisan masyarakat.

Mi yang sekarang dijual di pasaran umumnya dibuat dari bahan dasar tepung terigu yang ditambah dengan bumbu atau bahan tambahan, baik yang digunakan sebagai bahan penyedap atau untuk menaikkan nilai gizinya. Tepung terigu merupakan bahan pangan utama yang digunakan untuk membuat makanan di seluruh dunia. Selama beberapa abad, terigu telah digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan berbagai jenis makanan seperti roti, kue, pasta, mi, dan *cracker*. Di negara-negara Asia, hampir setengah jumlah terigu yang ada dibuat menjadi mi (Miskelly 1993; Yeh dan Shian 1999). Di Asia, mi dijual dalam bentuk mentah, basah, kering, dan instan. Warna, sifat pemasakan, kekenyalan, dan rasa merupakan

faktor penting yang mempengaruhi penerimaan konsumen terhadap mutu mi di Asia (Moss 1971; Nagao et al. 1977).

Mi merupakan bahan pangan berbentuk pipih dengan diameter antara 0,07-0,125 inci. Mi basah adalah mi dengan kadar air antara 25-35% (Yustiareni 2000). Menurut Kruger et al. (1996), mi basah dapat dibedakan dengan mi jenis lain berdasarkan kadar air dan tingkat pemasakan awalnya. Mi mentah yang belum direbus umumnya mengandung air sekitar 35%, mi basah (mi mentah yang direbus) mengandung air sekitar 52%, mi kering (mi mentah yang dikeringkan) sekitar 10%, mi instan (mi mentah yang dikukus kemudian digoreng) sekitar 8%, sedangkan mi goreng (mi mentah yang digoreng) mengandung lipid sekitar 20%.

Mi merupakan produk makanan olahan yang dibuat dari tepung terigu. Selama ini, kebutuhan tepung terigu di Indonesia diperoleh melalui impor dalam jumlah besar, untuk itu harus menjadi perhatian utama untuk dapat menemukan bahan pangan alternatif yang dapat digunakan sebagai substitusi atau bahkan pengganti tepung terigu pada produk makanan di masa yang akan datang. Hal ini berkaitan erat dengan banyaknya kasus KEP (Kurang

Energi dan Protein) pada anak-anak dan dewasa, busung lapar pada balita yang baru-baru ini sering terjadi, dan banyak kasus kurang gizi pada bayi dan balita.

Salah satu alternatif pengganti tepung terigu adalah ubi jalar. Ubi jalar merupakan salah satu hasil pertanian di Indonesia, dimana potensial untuk dijadikan sebagai bahan pangan sumber kalori. Di antara berbagai bahan pangan sumber karbohidrat, ubi jalar memiliki keunggulan dan keuntungan yang sangat tinggi bagi masyarakat Indonesia, yaitu: (i) Ubi jalar mudah diproduksi pada berbagai lahan dengan produktivitas antara 20-40 ton/ha; (ii) Dapat berfungsi sebagai substitusi dan suplementasi makanan sumber karbohidrat tradisional nasi beras; (iii) Bukan merupakan jenis makanan baru dan telah dikenal secara turun-temurun oleh masyarakat Indonesia; (iv) Rasa dan kekenyalannya sangat beragam, sehingga dapat dipilih jenis ubi jalar yang paling sesuai dengan selera konsumen; (v) Mengandung vitamin dan mineral yang cukup tinggi, sehingga layak dinilai sebagai bahan makanan sehat (Zuraida dan Yati 2001).

Ubi Jalar (*Ipomea batatas* L.), atau sering disebut "telo", merupakan salah satu bahan pangan sumber karbohidrat yang harganya relatif murah dan mudah didapatkan karena persediaannya cukup melimpah. Hal ini dapat dibuktikan dengan data produksi ubi jalar di Indonesia pada tahun 2004 sekitar 1.889.222 ton, dimana setiap tahun produksi ubi jalar cenderung konstan, bahkan di beberapa daerah seperti di Papua, ubi jalar merupakan bahan pangan sumber karbohidrat utama. Namun di luar daerah tersebut, pemanfaatan ubi jalar masih terbatas sebagai makanan tradisional yang mana memiliki citra yang rendah sebagai makanan masyarakat kelas bawah atau masyarakat ekonomi rendah. Pemanfaatan ubi jalar tersebut bukan sebagai makanan sumber karbohidrat karena sebagian besar masyarakat Indonesia terbiasa mengonsumsi beras sebagai makanan pokok sumber karbohidrat dan mengonsumsi terigu dalam bentuk roti, biskuit, atau mi sebagai makanan kudapan seperti pada masyarakat di Pulau Jawa dan Sumatera. Akibatnya, perkembangan pemanfaatan ubi jalar sebagai makanan sumber karbohidrat menjadi terhambat.

Ubi jalar dapat dimanfaatkan sebagai pengganti makanan pokok karena merupakan sumber kalori yang efisien. Selain itu, ubi jalar juga mengandung vitamin A dalam jumlah cukup, asam askorbat, tianin, riboflavin, niasin, fosfor, besi, dan kalsium. Proses pembuatan tepung ubi jalar juga dapat dilakukan oleh industri rumah tangga sampai industri yang menggunakan peralatan canggih sehingga relatif terjaga kontinuitasnya.

Ubi jalar yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis ubi jalar ungu yang diketahui mengandung pewarna alami antosianin. Ubi jalar ungu mengandung antosianin sekitar 519 mg/100 g berat basah (Kumalaningsih 2006). Kandungan antosianin yang tinggi pada ubi jalar tersebut dan stabilitasnya yang tinggi dibanding antosianin dari sumber lain, membuat tanaman ini sebagai pilihan yang lebih sehat dan sebagai alternatif pewarna alami. Beberapa industri pewarna dan minuman berkarbonat menggunakan ubi jalar ungu sebagai bahan mentah penghasil antosianin b. Menurut Budi (2006), ubi jalar ungu hampir sama

dengan ubi jalar merah. Ubi jalar merah juga sangat kaya akan provitamin A atau retinol, dimana dalam 100 g ubi jalar merah terkandung 2310 mcg (setara dengan satu tablet vitamin A). Bahkan, dibandingkan bayam dan kangkung, kandungan vitamin A ubi jalar merah masih setingkat lebih tinggi. Keistimewaan ubi jalar merah juga terletak pada kandungan seratnya yang sangat tinggi, dapat mencegah kanker saluran pencernaan, dan mengikat zat karsinogen penyebab kanker di dalam tubuh.

Terhambatnya perkembangan ubi jalar ungu disebabkan oleh adanya anggapan bahwa ubi jalar merupakan makanan tradisional yang memiliki citra yang rendah, yaitu sebagai makanan masyarakat kelas bawah atau masyarakat ekonomi lemah. Selain itu, pemanfaatan ubi jalar ungu jauh tertinggal dibanding jenis ubi jalar lainnya, seperti ubi jalar kuning dan putih. Ubi jalar ungu sampai saat ini lebih banyak dimanfaatkan dalam pembuatan produk keripik dan ubi kukus.

Di Indonesia, tepung ubi jalar saat ini masih belum banyak dikenal, penggunaannya pun juga belum berkembang di masyarakat. Selain itu, tepung ubi jalar dan ragam produk olahannya masih terbatas digunakan di lingkup penelitian. Tepung ubi jalar dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan berbagai produk pangan olahan, seperti mi dan berbagai jenis roti (Antarlina 1994).

Penelitian ini mengemukakan kajian tentang peluang pemanfaatan tepung ubi jalar ungu sebagai bahan substitusi tepung terigu pada pembuatan mi basah, sehingga diharapkan dapat mengurangi penggunaan tepung terigu. Selain itu, penelitian ini dimaksudkan agar ubi jalar ungu mempunyai nilai jual atau nilai ekonomi yang tinggi, serta layak untuk dipertimbangkan dalam menunjang pola diversifikasi pangan, karena selama ini ubi jalar kebanyakan hanya dikonsumsi sebagai camilan dengan dibuat menjadi keripik, digoreng, atau direbus. Ditinjau dari segi kesehatan, ubi jalar dapat berfungsi sebagai antioksidan dan penambah nilai gizi apabila dilihat dari kandungan betakaroten (provitamin A), vitamin C, vitamin E, dan seng.

Produk olahan pangan yang dapat dibuat dari tepung ubi jalar diantaranya meliputi kue kering, kue basah, roti, serta mi (Antarlina 1994). Secara umum, penggunaan tepung ubi jalar untuk kue sekitar 50%, untuk roti yang memerlukan daya pengembangan tinggi, misalnya roti manis dan roti tawar substitusinya hanya berkisar antara 10-15%, dan untuk mi antara 15-20% (Antarlina dan Utomo 1999).

Ubi jalar merupakan sumber karbohidrat dan kalori yang baik, sehingga dapat digunakan sebagai bahan substitusi tepung terigu. Kekurangan dari ubi jalar adalah kandungan proteinnya yang rendah, sehingga untuk meningkatkan kandungan protein produk olahan yang dihasilkan dari tepung ubi jalar perlu adanya penambahan sumber protein, misalnya dengan menambahkan tepung kedelai atau dari jenis kacang-kacangan lainnya misalnya koro glinding. Sebagai informasi tambahan bahwa kandungan protein pada tepung ubi jalar adalah sekitar 3,11% (Antarlina 1994) dan kandungan protein pada tepung koro glinding antara 22-25%. Peningkatan gizi pada berbagai jenis tepung dapat dilakukan melalui proses

pengkayaan atau fortifikasi. Dengan penambahan tepung koro glinding pada produk mi basah diharapkan dapat meningkatkan nilai gizi mi dan produk mi basah dari terigu dengan substitusi tepung ubi jalar mempunyai sifat penerimaan konsumen yang baik.

Di antara jenis kacang-kacangan, koro glinding (*Phaseolus lunatus*) memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan karena mengandung protein yang cukup tinggi (22-25%). Meskipun koro glinding memiliki kandungan protein tidak sebesar kandungan protein pada kedelai (35-38%) (Widaningrum dan Soekarto 2005), koro glinding merupakan bahan pangan lokal, sehingga dapat menggantikan kacang kedelai yang masih harus diimpor dan harga kedelai pun relatif mahal.

Pembuatan mi basah dapat dilakukan diantaranya dengan pencampuran tepung terigu dan jenis tepung lainnya. Salah satu alternatif adalah penggunaan tepung ubi jalar untuk substitusi tepung terigu dan penambahan tepung koro glinding yang mempunyai kandungan protein cukup tinggi (22-25%), sehingga mi yang dihasilkan diharapkan mempunyai tambahan nilai gizi yaitu protein dari koro glinding dan vitamin dari ubi jalar. Berdasar uraian tersebut, penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh penambahan tepung ubi jalar ungu sebesar 20% dan tepung koro glinding pada berbagai variasi konsentrasi (0-15%) terhadap sifat kimia dan sifat organoleptik mi basah yang dihasilkan.

Tujuan penelitian ini adalah: (i) Mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi tepung koro glinding terhadap sifat kimia mi basah dengan bahan baku tepung terigu yang disubstitusi tepung ubi jalar. (ii) Mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi tepung koro glinding terhadap sifat organoleptik mi basah dengan bahan baku tepung terigu yang disubstitusi dengan tepung ubi jalar. (iii) Menentukan mi basah hasil perlakuan yang mengandung protein tinggi dan disukai konsumen.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan dan Hasil Pertanian, Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta dan Laboratorium Biologi Tanah, Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta pada bulan Maret 2008 sampai April 2008.

Alat dan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan untuk pembuatan mi basah dan bahan untuk analisis sifat kimia mi basah yang dihasilkan. Adapun bahan-bahan untuk pembuatan mi basah meliputi ubi jalar ungu yang berasal dari daerah Tawangmangu, tepung terigu merek 'Kereta kencana' dari 'Bogasari', tepung koro putih glinding dari daerah Wonogiri, garam, air, minyak goreng, tepung tapioka, dan STPP. Adapun bahan kimia yang digunakan meliputi bahan-bahan kimia untuk analisis kadar protein dengan metode mikro Kjeldahl (larutan H_2SO_4

pekat, air raksa oksida, larutan K_2SO_4 , larutan natrium hidroksida-natrium thiosulfat, larutan asam borat jenuh, larutan asam klorida 0,02 N), serta bahan-bahan kimia untuk analisis kadar serat kasar (*antifoam agent*, asbes, larutan H_2SO_4 , larutan NaOH, larutan K_2SO_4 10%, alkohol 95%, dan akuades).

Sementara itu, alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat untuk preparasi bahan, alat untuk membuat mi basah, dan seperangkat alat untuk analisis sifat kimia mi basah. Adapun alat-alat untuk preparasi bahan yang digunakan meliputi alat pengiris, *cabinet dryer*, dan alat penepung. Alat pembuat mi basah meliputi alat pencetak mi, baskom plastik, mangkok, timbangan digital, kompor gas, wajan, dan kalo dari plastik. Alat untuk analisis sifat kimia mi basah meliputi seperangkat alat untuk analisis kadar air dengan metode termogravimetri (oven, cawan porselen, desikator, penjepit cawan, timbangan analitik), seperangkat alat untuk analisis kadar protein dengan metode mikro Kjeldahl (pemanas Kjeldahl lengkap yang dihubungkan dengan pengisap uap melalui aspirator, labu Kjeldahl, alat distilasi lengkap, buret), seperangkat alat untuk analisis kadar serat kasar (penggiling, timbangan analitik, Erlenmeyer 600 ml, pendingin balik, kertas saring, spatula, oven dengan suhu $110^\circ C$, desikator, pompa vakum), serta seperangkat alat untuk analisis kadar abu (cawan pengabuan, tanur pengabuan, penjepit cawan, oven, dan desikator).

Rancangan penelitian

Variasi konsentrasi pembuatan mi basah pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Cara kerja

Persiapan tepung ubi jalar

Ubi jalar dikupas kemudian dicuci hingga bersih, setelah itu ubi jalar dirajang dengan mesin perajang, selanjutnya di-*blanching* selama 1 menit. Setelah itu, ubi jalar dikeringkan dengan *cabinet dryer* selama 10-15 jam hingga kering. Setelah kering, dilakukan penepungan dengan mesin penepung. Selanjutnya, tepung diayak menggunakan ayakan 80 mesh.

Persiapan tepung koro glinding

Biji koro glinding dipilih yang utuh atau tidak cacat atau sedikit warna hitamnya, kemudian direndam selama 4-6 jam dan direbus selama 30 menit pada suhu $80^\circ C$. Selanjutnya, koro glinding dikupas kulitnya dan dijemur sampai kering, lalu ditepungkan dan diayak dengan menggunakan ayakan 80 mesh sebanyak 2 kali, sehingga diperoleh tepung koro glinding yang halus.

Tabel 1. Variasi konsentrasi pembuatan mi basah

Formulasi	Tepung terigu (%)	Tepung ubi jalar (%)	Tepung koro glinding (%)
F ₀	100	0	0
F ₁	80	20	0
F ₂	75	20	5
F ₃	70	20	10
F ₄	65	20	15

Pembuatan mi basah

Bahan yang digunakan dalam pembuatan mi basah yaitu tepung komposit (tepung terigu, tepung ubi jalar, dan tepung koro glinding), air, garam, telur, air abu, dan minyak goreng. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan mi basah sebagai berikut.

Pencampuran bahan. Semua bahan yang telah disiapkan dicampur. Pada proses pencampuran tersebut, pertama-tama tepung terigu ditaruh di atas meja pencampuran. Terigu disusun menjadi suatu gundukan dengan lubang di tengah-tengah, kemudian ditambahkan bahan-bahan lain ke dalam lubang tersebut. Secara perlahan-lahan, campuran tersebut diaduk rata dan ditambah air sampai membentuk adonan yang homogen, yaitu menggumpal apabila dikepal dengan tangan.

Pengulenan adonan. Adonan yang sudah membentuk gumpalan selanjutnya diuleni. Pengulenan dapat dilakukan dengan menggunakan alat kayu berbentuk silinder dengan diameter 7 cm dan panjang 1,75 m. Pengulenan dilakukan selama sekitar 15 menit.

Adonan yang baik dapat dibuat dengan memperhatikan jumlah air yang ditambahkan, lama pengadukan, dan suhu adonan. Air yang ditambahkan umumnya sebanyak 28-38% dari berat tepung. Jika penambahan air lebih dari 38%, adonan akan menjadi basah dan lengket. Sebaliknya, apabila penambahan air kurang dari 28%, adonan akan menjadi keras, rapuh, dan sulit dibentuk menjadi lembaran.

Waktu total pengadukan yang baik antara 15-25 menit. Pengadukan yang lebih dari 25 menit dapat menyebabkan adonan menjadi rapuh, keras, dan kering, sedangkan pengadukan yang kurang dari 15 menit menyebabkan adonan menjadi lunak dan lengket.

Suhu adonan berpengaruh terhadap aktivitas enzim protease dan amilase. Peningkatan suhu (di atas 40°C) menyebabkan aktivitas enzim amilase dalam memecah pati menjadi dekstrin dan aktivitas enzim protease dalam memecah gluten meningkat, sehingga adonan menjadi lembut dan halus. Suhu juga meningkatkan mobilitas dan aktivitas air ke dalam jaringan tepung, sehingga membantu pengembangan adonan.

Pembentukan lembaran. Adonan yang sudah kalis dimasukkan ke dalam mesin pembentuk lembaran yang diatur ketebalannya secara berulang kali (4-5 kali) sampai ketebalan lembar mi mencapai 1,5-2 mm. Lembaran-lembaran yang keluar dari mesin dibedaki dengan tepung tapioka agar tidak menyatu kembali.

Pembentukan mi. Proses pembuatan mi ini umumnya dilakukan dengan alat pencetak mi (*roll press*) yang digerakkan dengan menggunakan tenaga listrik. Alat tersebut mempunyai dua rol. Rol pertama berfungsi untuk menipiskan lembaran mi dan rol kedua berfungsi untuk mencetak mi.

Perebusan

Perebusan umumnya hanya dilakukan pada pembuatan mi kuning. Air dimasukkan ke dalam wajan kemudian dimasak hingga mendidih. Selanjutnya, mi dimasak selama 2 menit sambil diaduk secara perlahan. Api yang digunakan untuk merebus mi harus besar supaya waktu perebusan singkat. Apabila waktu perebusan lama, mi akan

menjadi lembek karena terdapat air yang masuk ke dalam mi.

Pendinginan

Mi hasil perebusan kemudian ditiriskan dalam wadah bambu atau plastik. Selanjutnya, mi didinginkan dan ditambahkan minyak kacang agar kekenyalan mi lebih kelihatan halus dan antar pilinan mi tidak lengket. Adapun formulasi bahan yang digunakan dalam pembuatan mi basah dapat dilihat pada Tabel 2 sesuai formulasi menurut Astawan (1999).

Analisis data

Analisis sifat kimia mi basah

Analisis sifat kimia mi basah meliputi analisis kadar air, kadar abu, kadar protein total, dan kadar serat kasar. Adapun metode analisis yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Analisis sifat fisik secara organoleptik

Uji organoleptik yang dilakukan adalah uji kesukaan dengan parameter warna, rasa, kekenyalan, dan aroma yang bertujuan untuk mengetahui tingkat penerimaan dan kesukaan konsumen terhadap mi basah.

Pengolahan data

Penelitian menggunakan pola rancangan acak lengkap dengan tiga kali ulangan. Data dianalisis secara statistik dengan Anova, apabila hasil yang diperoleh berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji DMRT dengan tingkat signifikansi 0,05. Dalam rancangan penelitian ini, terdapat dua faktor penentu, yaitu faktor tetap dan faktor tidak tetap. Faktor tetapnya yaitu konsentrasi penambahan tepung koro glinding pada pembuatan mi basah, sedangkan faktor tidak tetapnya yaitu kadar air, kadar protein, kadar abu serat kasar, dan sifat organoleptik (warna, rasa, kekenyalan, dan aroma).

Tabel 2. Formulasi bahan dalam pembuatan mi basah

Bahan	Jumlah
Tepung terigu 'Kereta Kencana'	250 g
Garam	1,13 g
Air	102,2 ml
STTP	0,86 g

Tabel 3. Metode analisis yang digunakan pada penelitian

Macam uji	Metode
Kadar air	Termogravimetri
Kadar protein	Mikro Kjeldahl
Kadar serat kasar	Perlakuan asam dan basa panas
Kadar abu	Pengabuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk akhir pengolahan berupa mi basah dari ubi jalar ungu dengan penambahan tepung koro glinding, selanjutnya dianalisis sifat kimia dan sifat organoleptik untuk mengetahui karakteristik mi basah yang dihasilkan. Gambar mi basah ubi jalar ungu dapat dilihat pada Gambar 1.A.

Sifat kimia mi basah

Untuk mengetahui sifat-sifat kimiawi mi basah maka dilakukan beberapa pengujian secara kimiawi. Sifat kimia mi basah yang dianalisis yaitu kadar air, kadar abu, kadar protein, dan kadar serat kasarnya (Tabel 4, Gambar 2).

Kadar air

Air merupakan unsur penting dalam bahan makanan. Air dalam bahan makanan sangat diperlukan untuk kelangsungan hidup organisme, hal itu antara lain disebabkan karena air dapat mempengaruhi daya tahan makanan dari serangan mikrobial (Winarno 1997). Sehubungan dengan hal itu maka kadar air suatu bahan cukup penting untuk diketahui. Kadar air merupakan salah satu parameter mutu mi basah yang penting, yang akan mempengaruhi umur simpan mi.

Menurut Charley (1982), kadar air suatu produk sangat penting untuk dikendalikan, karena akan menentukan daya tahan atau keawetan produk yang bersangkutan pada waktu penyimpanan. Air yang dicampurkan ke dalam adonan selain diserap oleh tepung terigu, juga diserap oleh tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding, serta digunakan untuk memasak pati hingga mengalami gelatinisasi. Dalam proses tersebut, sejumlah air terperangkap dalam struktur tiga dimensi penyusun gel. Hal ini menyebabkan gel pati menjadi lebih kuat dan tahan terhadap tarikan. Tingkat kesempurnaan gelatinisasi akan mempengaruhi tingkat pengembangan mi.

Dari hasil analisis kadar air mi basah, dapat dilihat bahwa mi basah kontrol (F_0) memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan mi basah dengan formula yang lain (F_1 - F_4) yang disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu 20% dan tepung koro glinding.

Menurut Astawan (1999), kadar air pada tepung terigu yang digunakan dalam pembuatan mi basah sebesar 12%, sedangkan menurut Jamriyanti (1999), kadar air maksimal 14,5% (bk) untuk semua jenis tepung terigu. Kadar air pada tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding dalam penelitian ini masing-masing sebesar 13% dan 14%.

Pada perlakuan F_1 yang sudah ditambahkan ubi jalar ungu 20% tanpa ditambah dengan tepung koro glinding, hasilnya berbeda nyata dengan mi basah kontrol (F_0), begitu juga untuk mi yang sudah ditambah dengan tepung koro glinding sebesar 5% (F_2). Namun, kadar air pada mi basah F_1 dan F_2 tidak beda nyata, sedangkan untuk mi basah F_3 dan F_4 yang masing-masing ditambah dengan tepung koro glinding 10% dan 15%, hasilnya berbeda nyata baik dengan mi basah kontrol (F_0) maupun dengan mi basah yang lain.

Kadar air mi basah meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi tepung koro glinding yang

ditambahkan ke dalam formulasi mi basah. Konsentrasi tepung ubi jalar yang ditambahkan tetap, akan tetapi ternyata berpengaruh terhadap kadar air pada mi yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding yang ditambahkan ke dalam formulasi bersifat higroskopis, yang memiliki kapasitas penyerapan air yang tinggi, sehingga semakin banyak tepung ubi jalar dan tepung koro glinding yang ditambahkan dalam formulasi menyebabkan mi yang dihasilkan memiliki kadar air yang tinggi. Menurut Winarno (1997), keterikatan air dalam bahan berbeda-beda, bahkan ada air yang tidak terikat. Kandungan air dalam bahan pangan dapat dibedakan menjadi air bebas dan air terikat yang terdapat dalam jaringan tenun bahan pangan.

Kadar protein pada bahan baku formulasi mi basah juga mempengaruhi besarnya kadar air dari mi basah, hal ini dikarenakan protein memiliki daya serap air yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan makromolekul lain seperti karbohidrat dan lemak. Dengan demikian, jika kadar protein dari mi basah tinggi maka diduga kadar air mi basah tersebut juga tinggi. Dari hasil penelitian menunjukkan semakin besar konsentrasi penambahan koro glinding maka kadar air pada mi basah juga akan meningkat. Hal ini dikarenakan koro glinding mengandung protein dalam jumlah yang cukup tinggi.

Kadar air mi basah menurut SNI 01-2987 Tahun 1992 berkisar antara 20-35%. Kadar air mi basah yang dihasilkan berkisar antara 38,13-43,52%, sehingga mi basah yang dihasilkan belum memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang ada. Sementara itu, pada hasil penelitian Ngantung (2003), kadar air mi basah yang dihasilkan berkisar antara 48,05-51,05%, sehingga apabila dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut, kadar air mi basah masih lebih rendah.

Kadar abu

Abu merupakan residu anorganik setelah bahan dibakar pada suhu tinggi (diabukan). Pada umumnya, abu terdiri dari natrium (Na), kalsium (Ca), kalium (K), dan silikat (Si). Menurut Sudarmadji et al. (1996), abu merupakan salah satu faktor yang menentukan kualitas suatu bahan. Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengontrol konsentrasi garam anorganik seperti natrium, kalium, karbonat, dan fosfat. Apabila kadar abu tinggi maka kandungan mineralnya juga tinggi. Menurut SNI 01-2987 (1992), kadar abu mi basah maksimal sebesar 3%, sedangkan menurut Sudarmadji et al. (1996) maksimal 2%.

Dari hasil analisis kadar abu (Tabel 4), kadar abu mi basah F_0 (kontrol) lebih kecil jika dibanding dengan formulasi mi basah lainnya yang sudah disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding. Hal ini dipengaruhi oleh garam mineral yang terkandung dalam tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding yang ditambahkan ke dalam formulasi mi basah. Menurut Sudarmadji et al. (1996), kadar abu berkaitan dengan mineral suatu bahan. Mineral yang terdapat dalam suatu bahan dapat merupakan dua macam garam yaitu garam organik dan garam anorganik.

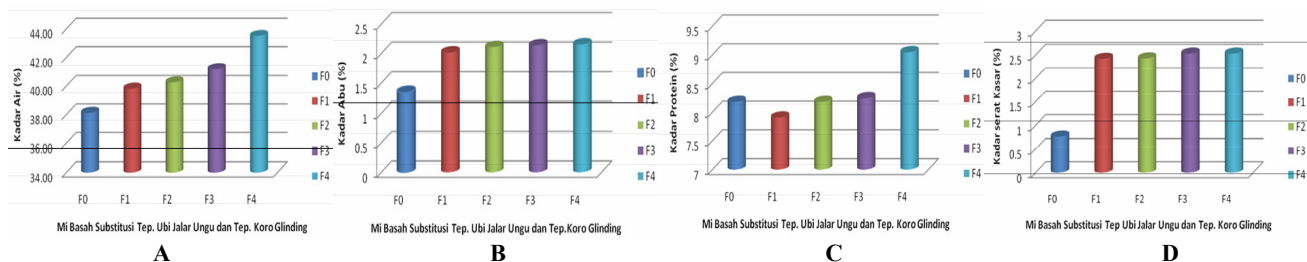
Tabel 4. Pengukuran berbagai parameter pada mi basah dengan berbagai perlakuan

Sampel	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Kadar protein (%)	Kadar serat kasar (%)	Warna (skor)	Aroma (skor)	Rasa (skor)	Kekenyalan (skor)	Atribut keseluruhan (skor)
A	20-35*								
F ₀	38,1267a	1,3400 ^a	8,1833 ^a	0,7700 ^a	4,35 ^c	4,38 ^b	4,12 ^b	3,38 ^c	4,08 ^c
F ₁	39,8233b	2,0167 ^b	7,9067 ^a	2,4233 ^b	3,46 ^c	2,69 ^a	3,69 ^b	2,92 ^{bc}	3,31 ^b
F ₂	40,2633b	2,1100 ^b	8,1833 ^a	2,4333 ^b	3,27 ^{ab}	2,85 ^a	3,46 ^b	2,58 ^{ab}	2,92 ^{ab}
F ₃	41,1833c	2,1400 ^b	8,2467 ^a	2,5333 ^b	2,69 ^a	2,73 ^a	2,58 ^a	2,00 ^a	2,35 ^a
F ₄	43,5200d	2,1567 ^b	9,0467 ^b	2,5333 ^b	3,04 ^{ab}	2,77 ^a	2,54 ^a	2,46 ^{ab}	2,46 ^a
B	48,05-51,05**								

Keterangan: T: terigu, U: ubi jalar ungu, K: koro glinding, D: kedelai. A: T 100%, F₀: T 100%, F₁: T 80% + U 20% + K 0%, F₂: T 75% + U 20% + K 5%, F₃: T 70% + U 20% + K 10%, F₄: T 65% + U 20% + K 15%. B: T (80-100%) + D (20-0%). Huruf yang sama di belakang angka menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha=5\%$. *SNI-2987(1992), **Ngantung (2003).



Gambar 1. A. Mi basah dengan penambahan ubi jalar ungu, B. Penataan sampel mi basah pada proses uji organoleptik, C. Tepung ubi jalar ungu



Gambar 2. Kadar air (A), kadar abu (B), kadar protein (C) dan kadar serat kasar (D) mi basah yang disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu dan koro glinding. T = Terigu, U = ubi jalar ungu, K = koro glinding, F₀ = terigu 100%, F₁ = terigu 80% + ubi jalar ungu 20% + koro glinding 0%, F₂ = terigu 75% + ubi jalar ungu 20% + koro glinding 5%, F₃ = terigu 70% + ubi jalar ungu 20% + koro glinding 10%, F₄ = terigu 65% + ubi jalar ungu 20% + koro glinding 15%

Besarnya kadar abu pada produk pangan bergantung pada besarnya kandungan mineral bahan yang digunakan. Menurut Fajriyah (2003), kadar abu tepung terigu yang digunakan maksimal sebesar 0,6%, sedangkan menurut Astawan (1999), dikatakan bahwa dalam 100 g tepung terigu terdapat kalsium 1,6 mg, besi 1,2 mg, dan fosfor 10,6 mg.

Dari Gambar 2 dapat diketahui juga bahwa kadar abu pada mi basah meningkat seiring meningkatnya

penambahan konsentrasi tepung koro glinding. Menurut Onwueme (1978), setiap 100 g ubi jalar mengandung mineral yang berupa kalsium 55 mg, zat besi 0,7 mg, dan fosfor 51 mg. Selain itu, ubi jalar ungu juga mengandung antosianin yang merupakan garam polihidroksi flavilium (2-arilbenzopirilium) (Hardjono 1996). Menurut De Mann (1976), beberapa antosianin mengandung bahan tambahan seperti asam organik dan logam (Fe, Al, dan Mg).

Dalam 100 g koro glinding, terdapat mineral yang berupa kalsium sebesar 68 mg, fosfor 381 mg, besi 7,8 mg, natrium 22,5 mg, dan kalium 1758 mg. Dari kandungan mineral yang terdapat dalam koro glinding tersebut, dapat diketahui bahwa kadar abu tepung koro glinding lebih besar jika dibandingkan dengan kadar abu pada tepung terigu maupun tepung ubi jalar ungu. Oleh karena itu, diduga bahwa jika suatu makanan ditambah dengan tepung koro glinding maka kadar abunya akan meningkat, begitu juga dengan mi basah (Heinz 1959).

Dari hasil analisis kadar abu mi basah, dapat diketahui bahwa kadar abu sampel F_0 (kontrol) berbeda nyata dengan sampel mi basah yang lain yang sudah disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding (F_1 - F_4). Untuk mi basah dengan penambahan tepung koro glinding 0-15%, kadar abunya mengalami peningkatan, akan tetapi tidak berbeda nyata pada taraf signifikansi 5%. Hal ini berarti penambahan konsentrasi koro glinding tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada kadar abu dari masing-masing perlakuan.

Dalam SNI 01-2987 tentang syarat mutu mi basah yaitu kadar abu maksimal sebesar 3%. Berdasarkan hasil analisis kadar abu mi basah pada penelitian ini maka mi basah yang dihasilkan masih sesuai dengan SNI, yaitu untuk F_0 (kontrol) sebesar 1,34% dan F_1 - F_4 berkisar antara 2,0167-2,1567%.

Kadar protein

Dalam kondisi asli di alam, protein merupakan senyawa bermolekul besar dan kompleks yang tersusun dari unsur-unsur C, H, O, N, S, dan dalam kondisi kompleks terdapat unsur P. Protein dalam bahan biologis biasanya terdapat dalam bentuk ikatan fisik yang renggang maupun ikatan kimiawi yang lebih erat dengan karbohidrat ataupun lemak. Oleh karena adanya ikatan-ikatan tersebut maka terbentuk senyawa-senyawa glikoprotein dan lipoprotein yang berperan besar dalam penentuan sifat-sifat fisik aliran bahan (rheologis), misalnya pada sistem emulsi makanan atau adonan roti (Sudarmadji 1996).

Protein yang terkandung dalam mi basah dipengaruhi oleh jenis tepung terigu yang digunakan dan penambahan tepung ubi jalar ungu serta tepung koro glinding. Tepung terigu yang digunakan untuk pembuatan mi basah adalah jenis *hard wheat* yaitu tepung terigu yang mempunyai kadar protein tinggi yaitu antara 12-13%. Tepung terigu jenis ini menghasilkan adonan yang mempunyai daya serap tinggi, menghasilkan adonan yang kuat, kenyal, dan memiliki daya kembang yang baik (Astawan 1999).

Dalam penelitian ini digunakan tepung terigu merek 'Kereta Kencana' atau 'Cakra Kembar' produk dari Bogasari. Tepung terigu cap 'Cakra Kembar' atau 'Kereta Kencana' memiliki kandungan protein yang tinggi jika dibandingkan dengan tepung terigu jenis lain, sehingga tepung ini cocok untuk membuat roti tawar, mi, roti eropa, dan jenis-jenis roti *hard rolls*. Tepung tersebut dibuat dari 100% gandum keras (*hard wheat*) yang sifatnya ulet, liat, dan elastis, sehingga jika dibuat adonan yang memerlukan pengembangan volume yang tinggi dan perlu fermentasi tidak mudah pecah.

Dalam pembuatan mi basah ini, penggunaan tepung terigu disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding. Menurut Onwueme (1978), setiap 100 g ubi jalar mengandung protein 0,95-2,4 g, sedangkan menurut Jamriyanti (1999), sebesar 1,8 g/100 g bahan. Mi basah yang disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu, kadar proteinnya akan menurun, sehingga perlu dilakukan penambahan tepung dari kacang-kacangan atau koro-koroan. Dalam penelitian ini digunakan tepung koro glinding sebagai bahan substitusi dalam mi basah karena kadar proteinnya yang cukup tinggi. Koro glinding mempunyai kadar protein sebesar 22-25%, sedangkan menurut Salunske dan Kadam (1989) dalam Widjanarko (2008), kadar protein koro glinding berkisar antara 17,9-29%, sedangkan menurut Heinz (1959) sebesar 20,7%. Varian kadar protein pada koro glinding tersebut dapat dipengaruhi oleh daerah tempat tumbuh koro, faktor budi daya, dan sebagainya.

Dari hasil analisis kadar protein dari mi basah secara statistik dapat diketahui bahwa kadar protein mi basah kontrol (F_0) tidak berbeda nyata dengan mi basah F_1 - F_3 , yang disubstitusi dengan tepung ubi jalar 20% dan tepung koro glinding sampai konsentrasi 10%. Dengan konsentrasi 15% (F_4), kadar protein mi basah lebih besar dan berbeda nyata dengan mi kontrol.

Kadar protein pada mi basah menurun seiring dengan penambahan tepung ubi jalar ungu, selanjutnya kadar protein meningkat seiring dengan bertambahnya penambahan konsentrasi tepung koro glinding. Hal ini dikarenakan ubi jalar memiliki kadar protein yang lebih rendah jika dibanding pada tepung terigu. Jamriyanti (1999), kandungan protein dalam 100 g ubi jalar ungu sebesar 1,8 g. Atau dengan kata lain, kandungan protein pada ubi jalar ungu sebesar 1,8%, sedangkan untuk tepung terigu yang digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan mi adalah jenis tepung terigu berprotein tinggi, yaitu kadar proteinnya berkisar antara 8-14%.

Hasil tersebut sesuai dengan SNI 01-2987 Tahun 1992 tentang syarat mutu mi basah. Persyaratan kadar protein pada mi basah yang diterima minimal sebesar 3%. Berdasarkan hasil analisis maka kandungan protein pada mi basah yang dihasilkan sudah melebihi kadar standar yang ditetapkan oleh SNI, sehingga mi basah yang dihasilkan sudah dapat memenuhi SNI yang ada.

Kadar serat kasar

Serat kasar merupakan jaringan tanaman yang tidak dapat dicerna oleh sistem pencernaan manusia. Serat ini terdiri atas komponen utama yaitu polisakarida bukan pati, yang umumnya terdiri atas selulosa, pektin, getah, serta lignin (Olson et al. 1987). Menurut Jonathan dan Kathleen (1993), serat berfungsi untuk membantu melewati sisa makanan dengan cara yang lebih cepat, disebabkan daya serapnya yang besar terhadap cairan, sehingga memberikan sisa makanan dalam volume yang lebih besar.

Serat kasar sangat penting dalam penilaian kualitas suatu bahan makanan. Serat makanan mengandung senyawa selulosa, lignin, dan zat lain yang belum dapat diidentifikasi dengan pasti. Serat kasar merupakan senyawa

yang tidak dapat dicerna dalam organ pencernaan manusia ataupun hewan (Sudarmadji et al. 1996).

Hasil analisis serat kasar mi basah menunjukkan bahwa kadar serat kasar pada mi kontrol (F_0) berbeda nyata dengan mi yang sudah disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding. Seiring meningkatnya penambahan tepung koro glinding, kadar serat kasar juga mengalami peningkatan, akan tetapi tidak mengalami perbedaan yang nyata antar perlakuan. Hal ini terjadi karena kandungan serat kasar paling banyak dipengaruhi oleh penambahan tepung ubi jalar ungu. Dalam penelitian ini, penambahan tepung ubi jalar ungu adalah tetap yaitu sebesar 20%.

Besarnya kandungan serat kasar dalam suatu bahan makanan bergantung pada kadar serat kasar dalam formulasi bahan yang digunakan. Pada pembuatan mi basah ini, tepung terigu yang digunakan disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu dan diperkaya dengan tepung koro glinding. Menurut Jamriyanti (1999), komponen serat kasar pada ubi jalar ungu merupakan serat larut, serat ini menyerap kelebihan lemak atau kolesterol darah, sehingga kadar lemak atau kolesterol dalam darah tetap aman terkendali.

Kadar serat kasar dalam koro glinding juga cukup tinggi yaitu antara 3,5-11% (Widjanarko 2008). Menurut Heinz (1959) dalam 100 g bahan yang dapat dikonsumsi dalam koro glinding, terdapat serat kasar sebesar 4,3%. Dari beberapa pendapat tersebut, kadar serat kasar yang ada diduga dipengaruhi oleh faktor dari luar, misalnya tempat tumbuh serta faktor budi daya koro glinding yang diteliti/dianalisis. Dalam perbedaan konsentrasi tepung koro glinding yang ditambahkan ke dalam formulasi pembuatan mi basah, ternyata diperoleh kadar serat kasar yang tidak berbeda nyata, akan tetapi terjadi peningkatan kadar serat kasar seiring dengan meningkatnya konsentrasi tepung koro glinding yang ditambahkan.

Sesuai dengan SNI 01-2987 Tahun 1992 tentang syarat mutu mi basah, kadar serat kasar dalam mi basah tidak perlu dilakukan analisis, akan tetapi dalam penelitian ini mi basah yang dihasilkan dibuat dengan penambahan tepung ubi jalar dan tepung koro glinding yang diketahui mengandung serat pangan. Dengan demikian dalam penelitian ini, analisis serat kasar bertujuan untuk mengetahui kadar serat kasar yang terdapat dalam mi basah.

Sifat organoleptik mi basah

Analisis sifat organoleptik mi basah digunakan untuk mengetahui tingkat penerimaan panelis terhadap produk mi basah hasil penelitian yaitu setelah disubstitusi dengan ubi jalar ungu dan koro glinding. Untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis terhadap mi basah yang bahan bakunya berupa tepung terigu yang disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding dengan berbagai variasi maka digunakan uji kesukaan (*hedonic test*) (Tabel 4).

Pengujian tingkat kesukaan panelis terhadap mi basah pada penelitian ini meliputi penilaian terhadap atribut warna, bau, rasa, kekenyalan, dan keseluruhan panelis terhadap mi basah. Uji organoleptik ini dilakukan dengan

menggunakan 26 orang panelis yang tidak terlatih. Penilaian uji sensoris ini dimulai dari nilai 1 yang berarti tidak suka, sampai 5 yang berarti sangat suka. Untuk penataan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.B.

Warna

Warna merupakan suatu sifat bahan yang berasal dari penyebaran spektrum sinar, begitu juga dengan kilap dari bahan yang dipengaruhi oleh sinar pantul. Warna bukan merupakan suatu zat, melainkan sensasi sensoris akibat adanya rangsangan dari seberkas energi radiasi yang jatuh ke indra penglihatan/mata (Kartika et al. 1988). Menurut Fennema (1985), warna adalah atribut kualitas yang paling penting. Bersama-sama dengan kekenyalan dan rasa, warna berperan dalam penentuan tingkat penerimaan suatu makanan oleh konsumen.

Warna mempunyai peran dan arti yang sangat penting pada komoditas pangan, karena mempengaruhi penerimaan konsumen terhadap komoditas tersebut. Meskipun suatu produk bergizi tinggi, memiliki rasa yang enak, dan kekenyalan yang baik, namun jika warna kurang menarik maka produk tersebut kurang diminati. Menurut Kartika et al. (1988), warna merupakan salah satu profil visual yang menjadi kesan pertama konsumen dalam menilai suatu bahan makanan.

Dari hasil uji organoleptik terhadap atribut warna pada mi basah, secara umum panelis memberikan nilai netral pada mi basah sampel yaitu dengan nilai rata-rata berkisar antara 3,04-3,46. Pada mi basah F_2 , F_3 , dan F_4 , panelis memberikan nilai rata-rata yang rendah. Untuk mi basah kontrol (F_0), panelis memberikan nilai lebih suka yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 4,35.

Warna mi basah dipengaruhi oleh warna dari tepung yang digunakan, yaitu selain tepung terigu juga digunakan tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding yang pastinya sangat mempengaruhi warna mi basah yang dihasilkan. Dalam pembuatan mi basah ini, ubi jalar ungu maupun koro glinding ditambahkan dalam bentuk tepung. Pembuatan tepung ubi jalar tersebut menggunakan proses pengeringan. Pada ubi jalar ungu, daging umbinya kaya akan kandungan antosianin. Antosianin tergolong pigmen flavanoid yang mudah larut dalam air. Antosianin merupakan pembentuk dasar pigmen warna merah, ungu, dan biru pada tanaman. Menurut Markakis (1982), antosianin mudah rusak oleh adanya proses pemanasan. Adapun dalam proses pembuatan tepung ubi jalar ungu perlu dilakukan *blanching* dan pengeringan sebelum dibuat tepung, sehingga akan merusak warna ungu dari kandungan antosianin itu sendiri dan berpengaruh terhadap warna tepung ubi jalar, dan pada akhirnya berpengaruh pada mi basah yang dihasilkan. Selama proses pengeringan, terjadi perlakuan panas dan kontak dengan oksigen. Dalam pembuatan tepung ubi jalar ungu, pengeringan dilakukan pada suhu 60°C. Menurut Fennema (1985), antosianin mulai mengalami kerusakan di atas suhu 60°C. Pengeringan dilakukan pada suhu 60°C, akan tetapi membutuhkan waktu yang cukup lama dan adanya kontak dengan oksigen menyebabkan terjadinya oksidasi antosianin.

Stabilitas karotenoid dan antosianin selama pengolahan bahan pangan antara lain dipengaruhi oleh adanya perlakuan panas, perlakuan asam, dan adanya oksigen (Fennema 1985). Warna tepung ubi jalar ungu yang dihasilkan dalam penelitian ini berwarna ungu agak kecokelatan, akibat pengaruh proses *blanching* dan pengeringan.

Warna tepung koro glinding tidak berpengaruh terhadap warna pada mi basah yang dihasilkan, karena warnanya putih kekuningan seperti warna tepung terigu. Selain itu, warna tepung koro glinding juga ditutup dengan warna dari tepung ubi jalar ungu.

Dari hasil analisis mi basah terhadap atribut warna, dapat diketahui penambahan tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan mi basah kontrol (F_0). Akan tetapi, variasi konsentrasi penambahan tepung koro glinding menghasilkan mi basah yang tidak berbeda nyata antar perlakuan.

Berdasarkan hasil uji organoleptik, secara umum mi basah yang disukai konsumen adalah mi basah kontrol tanpa penambahan apapun (F_0). Hal ini dikarenakan warna dari sampel mi basah yang dilakukan uji sensoris berwarna ungu agak kecokelatan, hal ini karena dipengaruhi oleh warna tepung ubi jalar ungu yang digunakan. Telah diuraikan sebelumnya bahwa proses pemanasan, yaitu *blanching* dan pengeringan, menyebabkan kandungan antosianin dari ubi jalar ungu rusak, sehingga tepung yang dihasilkan berwarna ungu agak kecokelatan, yang menyebabkan warna mi basah tidak begitu disukai oleh konsumen. Perbedaan warna yang mencolok antara mi basah kontrol (F_0) dengan mi basah yang lain, secara tidak langsung berpengaruh terhadap penilaian panelis dalam proses uji organoleptik.

Aroma

Aroma merupakan sensasi oleh indra pembau yang dapat mempengaruhi penerimaan konsumen terhadap suatu produk makanan. Aroma dapat dijadikan sebagai indikator terjadinya kerusakan produk, misalnya sebagai akibat dari pemanasan, cara penyimpanan yang kurang baik, ataupun karena cacat (*off flavor*) pada suatu produk makanan tertentu. Menurut De Mann (1976), dalam industri makanan, pengujian aroma atau bau dianggap penting karena dapat cepat memberikan hasil penilaian terhadap produk tentang diterima atau tidaknya produk tersebut. Timbulnya aroma atau bau tersebut disebabkan karena zat bau tersebut bersifat volatil (mudah menguap).

Dari hasil pengujian organoleptik mi basah pada atribut bau atau aroma, panelis memberikan nilai lebih suka pada sampel mi basah kontrol (F_0) yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 4,38, sedangkan nilai aroma menurun seiring dengan penambahan tepung koro glinding dan ubi jalar ungu. Panelis memberikan penilaian kurang suka yaitu dengan nilai rata-rata antara 2,69-2,85. Aroma mi basah dipengaruhi oleh bau dari tepung yang digunakan. Tepung terigu dan tepung koro glinding tidak menimbulkan bau khusus pada mi basah, sedangkan tepung ubi jalar ungu menimbulkan bau yang khas, sehingga berpengaruh terhadap penerimaan konsumen.

Berdasarkan hasil pengujian atribut aroma mi basah, dapat diketahui bahwa mi basah yang disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan bau pada mi basah kontrol. Adapun untuk mi basah yang disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding dengan berbagai variasi konsentrasi, hasilnya tidak berbeda nyata.

Rasa

Rasa suatu bahan makanan merupakan faktor yang juga menentukan bahan tersebut disukai atau tidak oleh konsumen. Rasa suatu bahan makanan merupakan hasil kerjasama berbagai indra, seperti indra penglihatan, pembauan, pendengaran, dan peraba (Kartika et al. 1988).

Rasa merupakan sensasi yang terbentuk dari hasil perpaduan antara bahan pembentuk dan komposisinya pada suatu produk makanan yang ditangkap oleh indra pengecap. Oleh sebab itu, rasa suatu produk makanan sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusun formula dalam makanan.

Pada penelitian ini, pembuatan mi basah tepung terigu yang digunakan disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu dan penambahan tepung koro glinding. Penambahan ubi jalar ungu menyebabkan mi basah berasa sedikit manis. Menurut Jamriyanti (1999), ubi jalar ungu mengandung karbohidrat sebesar 72,9 g/100 g bahan. Adapun menurut Onwueme (1978), setiap 100 g ubi jalar mengandung pati 8-29 g, karbohidrat 31,8 g, dan gula reduksi 0,5-2,5 g yang merupakan gula, sehingga menimbulkan rasa manis.

Berdasar hasil uji organoleptik terhadap rasa pada mi basah, dapat diketahui bahwa mi basah yang disubstitusi dengan tepung ubi jalar ungu (20%) dan tepung koro glinding dengan konsentrasi 0% (F_1) dan 5% (F_2), panelis memberikan penilaian netral yaitu dengan nilai rata-rata berturut-turut 3,69 dan 3,46, sedangkan untuk penambahan koro glinding 10% (F_3) dan 15% (F_4), panelis memberikan penilaian rasa kurang suka yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 2,58 dan 2,54. Secara umum, mi basah yang disukai panelis yaitu mi basah kontrol dengan nilai rata-rata sebesar 4,12.

Dari hasil analisis secara statistik terhadap atribut rasa dapat diketahui bahwa mi basah yang disubstitusi dengan tepung ubi jalar (20%) dan tepung koro glinding 0% (F_1) dan 5% (F_2), hasilnya tidak berbeda nyata dengan mi basah kontrol. Untuk mi basah dengan penambahan tepung koro glinding 10% (F_3) dan 15% (F_4), hasilnya berbeda nyata dengan mi basah kontrol. Berdasarkan atribut rasa, ternyata mi basah dengan penambahan tepung koro glinding sampai konsentrasi 5% (F_2) masih dapat diterima oleh konsumen.

Kekenyalan

Tekstur didefinisikan sebagai sifat bahan makanan yang dideteksi oleh mata, kulit, dan otot-otot dalam mulut, termasuk di dalamnya *roughness* (sifat kasar), *smoothness* (sifat halus), *graininess* (sifat berpasir), dan sebagainya (Matz 1962). Menurut Lewis (1987), kekenyalan merupakan gambaran mengenai atribut bahan makanan yang dihasilkan melalui kombinasi sifat-sifat fisik dan kimawi, diterima secara luas oleh sentuhan, penglihatan,

dan pendengaran. Tekstur pada mi basah dihubungkan dengan tingkat kekenyalan.

Bahan dasar pembuatan mi basah adalah tepung terigu dengan kandungan protein tinggi (Kereta Kencana/Cakra Kembar). Menurut Matz (1972), besarnya kadar protein pada tepung terigu yang digunakan berkisar antara 8-14%. Sekitar 80% dari protein tersebut tersusun oleh fraksi gluten. Gluten merupakan kompleks protein yang tidak larut dalam air, berfungsi sebagai pembentuk struktur kerangka. Namun demikian dalam penelitian ini, digunakan tepung terigu jenis protein tinggi yang mempunyai kadar protein antara 12-13%.

Gluten pada tepung terigu akan mempengaruhi kekenyalan mi basah. Semakin tinggi kadar protein maka kadar gluten pada tepung terigu atau mi basah juga semakin tinggi, sehingga menghasilkan kekenyalan mi basah yang baik, yaitu dengan elastisitas yang tinggi. Pada penelitian ini, tepung terigu yang digunakan disubstitusi dengan tepung ubi jalar sebesar 20% dan difortifikasi tepung koro glinding 0-15%, sehingga kadar gluten sebagai bahan dasar dalam pembentukan elastisitas mi juga semakin berkurang, karena persentase tepung terigu juga berkurang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tepung ubi jalar 20% dan tepung koro glinding 0% (F_1) menghasilkan kekenyalan mi yang tidak berbeda nyata dengan mi kontrol. Akan tetapi, dengan meningkatnya penambahan tepung koro glinding 5-15% (F_2 - F_4) diperoleh kekenyalan mi basah yang berbeda nyata dengan mi kontrol. Hal ini terjadi karena tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding diduga memiliki kapasitas penyerapan air yang tinggi, sehingga semakin banyak tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding yang ditambahkan akan menyebabkan mi yang dihasilkan bersifat semakin lunak, karena kadar air yang terkandung di dalam mi semakin tinggi.

Berdasarkan hasil penilaian secara organoleptik oleh 26 orang panelis dapat diketahui bahwa kekenyalan pada mi kontrol dinilai netral oleh panelis yaitu dengan nilai rata-rata 3,38. Dengan penambahan tepung ubi jalar ungu (20%) dan seiring penambahan persentase tepung koro glinding, penilaian kekenyalan menurun, dimana panelis memberikan penilaian kurang suka terhadap kekenyalan mi basah dengan nilai rata-rata 2,00-2,92.

Untuk memperbaiki struktur adonan dan memperbaiki sifat fisik mi, terutama pada sifat kekenyalan, dapat ditambahkan air 'kie' atau garam 'bleng'. Penambahan garam bleng dimaksudkan agar mi bersifat lebih kenyal. Akan tetapi, garam bleng dapat menjadi masalah yang ramai diperbincangkan banyak orang, karena banyak ditemukan bleng yang mengandung boraks. Berdasarkan peraturan Pemerintah Nomor 235/MenKes/Per/VI/79 tentang bahan tambahan makanan, boraks dan asam borat termasuk bahan tambahan makanan yang dilarang penggunaannya, hal ini dikarenakan kedua senyawa tersebut bersifat toksik dan berbahaya bagi tubuh manusia (Supriyanto 1992).

Dalam formulasi mi basah pada penelitian ini, digunakan pengental berupa STPP (*sodium tripolyphosphate*) yang aman digunakan apabila

penambahannya dilakukan sesuai dengan aturan yang berlaku. STPP berfungsi untuk meningkatkan elastisitas mi, selain itu STPP juga bersifat sebagai emulsifier sekaligus pemantap. STPP ditambahkan ke dalam adonan mi sebagai bahan pengikat air, agar air di dalam adonan tidak mengalami kekeringan pada bagian permukaan.

Lamanya proses pemasakan juga dapat mempengaruhi kekenyalan mi yang dihasilkan. Proses pemasakan sebaiknya dilakukan dengan cepat pada air yang mendidih dan dengan api yang besar, agar air yang digunakan dalam proses pemasakan tidak masuk ke dalam mi yang menyebabkan mi menjadi lembek.

Sifat keseluruhan

Tingkat kesukaan secara keseluruhan merupakan salah satu aspek yang dinilai pada pengujian tingkat kesukaan panelis terhadap sifat organoleptik mi basah. Penilaian terhadap tingkat kesukaan secara keseluruhan dimaksudkan untuk mengetahui persentase tepung ubi jalar ungu dan tepung koro glinding yang ditambahkan, sehingga mi basah masih dapat diterima oleh konsumen. Kesukaan dan penerimaan konsumen terhadap suatu bahan diduga tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor, akan tetapi dipengaruhi oleh berbagai macam faktor sehingga menimbulkan penerimaan yang utuh.

Pada pengamatan mi basah secara organoleptik oleh 26 orang panelis tidak terlatih, diketahui bahwa secara umum mi basah kontrol mendapatkan nilai rata-rata tertinggi oleh panelis yaitu sebesar 4,08 yang berarti lebih disukai oleh panelis. Untuk sampel mi basah yang sudah disubstitusi dengan tepung ubi jalar, akan tetapi belum disubstitusi dengan tepung koro glinding (F_1) mendapat nilai rata-rata dari panelis sebesar 3,31 yang berarti panelis memberikan nilai netral. Untuk sampel mi basah yang lain dengan penambahan konsentrasi koro glinding hingga 15%, panelis memberikan penilaian antara 2,35-2,92 yang berarti kurang suka.

Dari hasil penilaian atribut secara keseluruhan, diketahui bahwa mi basah yang disubstitusi dengan tepung ubi jalar 20% dan tepung koro glinding 5-15%, hasilnya berbeda nyata dengan mi basah kontrol. Penambahan tepung koro glinding dan tepung ubi jalar berpengaruh terhadap tingkat kesukaan keseluruhan mi basah itu sendiri.

Sifat kimia dan organoleptik mi basah

Dari hasil analisis sifat kimia dan organoleptik secara keseluruhan, dapat diketahui bahwa kadar air, kadar abu, kadar protein, dan kadar serat kasar semakin meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi koro glinding yang ditambahkan, akan tetapi menurunkan tingkat penerimaan konsumen.

Dari hasil yang diperoleh dapat diketahui juga bahwa mi basah yang paling disukai konsumen adalah mi basah kontrol, akan tetapi dengan penambahan tepung ubi jalar ungu 20% dan koro glinding 5% (F_2), panelis masih menyukai dan dapat menerima mi basah tersebut dengan kandungan air 40,26%, abu 2,11%, protein 8,18%, dan serat kasar 2,43%.

KESIMPULAN

Kadar air, abu, protein, dan serat kasar mi basah mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya konsentrasi tepung koro glinding yang ditambahkan. Tingkat penerimaan konsumen terhadap mi basah menurun seiring bertambahnya konsentrasi tepung koro glinding. Penambahan tepung koro glinding sebesar 15%, menghasilkan mi dengan kadar protein yang lebih besar dan berbeda nyata dengan mi tepung terigu (kontrol), namun secara organoleptik mi ini tidak dapat diterima oleh konsumen. Mi basah yang paling disukai konsumen adalah mi basah kontrol, akan tetapi dengan penambahan tepung ubi jalar ungu 20% dan koro glinding 5% (F₂), panelis masih menyukai dan dapat menerima mi basah tersebut, dengan kandungan air 40,26%, abu 2,11%, protein 8,18%, dan serat kasar 2,43%.

DAFTAR PUSTAKA

- Antarlina SS. 1994. Peningkatan kandungan protein tepung ubi jalar serta pengaruhnya terhadap kue yang dihasilkan. Risalah Seminar Penerapan Teknologi Produksi dan Pasca Panen Ubi Jalar Mendukung Agroindustri. Balittan, Malang.
- Antarlina SS, Utomo JS. 1999. Proses pembuatan dan penggunaan tepung ubi jalar untuk produk pangan. *Balitkabi* 15: 30-44.
- Astawan M. 1999. Membuat mi dan bihun. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Budi S. 2006. Kandungan gizi ubi jalar merah, vitamin A-nya mencapai 2310 Mcg. *budiboga.blogspot.com*. [14 Februari 2008].
- Charley. 1982. Food science. 2nd edition. John Wiley and Sons, New York.
- De Mann. 1976. Principle of food chemistry. The Avi Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Fajriyah S. 2003. Pengaruh Konsentrasi Labu Kuning (*Curcubita* sp.) dan Pengukusan-Perebusan terhadap Sifat Kimia, Fisik, dan Organoleptik Mi Kering. [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Fennema RO. 1985. Food chemistry. Second edition. Academic Press, New York.
- Hardjono S. 1996. Sintesis bahan alam. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Heinz HJ. 1959. Handbook of nutrition. McGraw Hill Book Company Inc., New York.
- Jamriyanti R. 1999. Ubi jalar, saatnya menjadi pilihan. *www.beritaipstek.com*. [26 Juni 2007].
- Jonathan KF, Kathleen LKF. 1993. Makanan sehat. Indonesia Publishing House, Bandung.
- Kartika B, Pudji H, Wahyu S. 1988. Pedoman uji inderawi bahan pangan. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kruger JE, Robert BM, Dick JW. 1996. Pasta and noodle technology. American Association of Cereal Chemistry, Inc., Minnesota, USA.
- Kumalaningsih S. 2006. Antioksidan alami. Trubus Agrisarana, Surabaya.
- Lewis MJ. 1987. Physical properties of foods and food processing system. Cametot Press, Canada.
- Markakis P. 1982. Anthocyanin as food colors. Academic Press, New York.
- Matz SA. 1972. Food texture. The Avy Publishing Company, Westport, Connecticut.
- Miskelly DM. 1993. Noodles – A new look at an old food. *Food Australia* 45: 496-500.
- Moss HJ. 1971. The quality of noodles prepared from the flour of some Australian wheats. *Aust J Exp Agric Anim Husb* 11: 243-247.
- Nagao S, Ishibashi S, Imai S et al. 1977. Quality characteristics of soft wheats and their utilization in Japan. II. Evaluation of wheats from the United States, Australia, France, and Japan. *Cereal Chem* 54: 198-204.
- Ngantung N. 2003. Pengaruh penambahan tepung kedelai pada tepung terigu terhadap nilai gizi mi basah yang dihasilkan. *Jurnal Sains dan Teknologi* 3(3): 110-118.
- Olson A, Gray GM, Chiu M. 1987. Chemistry and analysis of soluble dietary fibers. *Food Technol* 41: 71-80.
- Onwueme IC. 1978. The tropical tuber crops, yams, cassava, sweet potato and cocoyams. John Wiley and Sons, Chichester, New York, Brisbane and Toronto.
- Sudarmadji S, Suhardi, Haryono B. 1996. Analisis bahan makanan. Lyberty, Yogyakarta.
- Supriyanto. 1992. Laporan penelitian mi basah dari berbagai jenis pati. FTP Press, UGM, Yogyakarta.
- Widaningrum SW, Soekarto ST. 2005. Pengayaan tepung kedelai pada pembuatan mi basah dengan bahan baku tepung terigu yang disubstitusi tepung garut. *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian. Jurnal Pascapanen* 2(1): 41-48.
- Widjanarko WB. 2008. Efek pengolahan terhadap komposisi kimia dan fisik ubi jalar ungu dan kuning. *www.republika.co.id*. [5 September 2008].
- Winarno FG. 1997. Kimia pangan dan gizi. PT Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- Yeh AI, Shian SY. 1999. Effect of oxido-reductants on rheological properties of wheat flour dough and comparison with some characteristics extruded noodles. *Cereal Chem* 76: 614-620.
- Yustiareni E. 2000. Kajian Substitusi Terigu oleh Tepung Garut dan Penambahan Tepung Kedelai dalam Pembuatan Mi Kering. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Zuraida N, Yati S. 2001. Usaha tani ubi jalar sebagai bahan pangan alternatif dan diversifikasi sumber karbohidrat. *Bulletin Agro-Bio* 4 (1): 13-23.

Pengaruh penambahan tepung temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) dalam ransum terhadap persentase karkas dan lemak abdominal kelinci lokal jantan

Influence of temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) flour addition in ration on carcass and abdominal fat percentage of male local rabbit

PRIYO WISMA PRAYOGI, PUDJO MARTATMO, Y.B.P. SUBAGYO

Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126, Jawa Tengah

Manuskrip diterima: 6 September 2008. Revisi disetujui: 27 November 2008.

Abstract. Prayogi PW, Martatmo P, Subagyo YBP. 2009. Influence of temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) flour addition in ration on carcass and abdominal fat percentage of male local rabbit. *Biofarmasi* 7: 42-47. Increasing people's demand for rabbit meat was the reason to increase carcass percentage and decrease fat content, especially abdominal fat, so it can increase the meat productivity of rabbit. To increase rabbit productivity, it could be reached by giving temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) flour in the diet condition. Temulawak, has curcumin and essential oil contents which can stimulate the passion to eat and stimulate the liver cells to increase bile product, so that the bile secretion occurs well and gives good growth. The aim of this research was to determine the influence of temulawak flour addition in ration on carcass and abdominal fat percentage of male local rabbit. This research was conducted in RT 04/21, Gulon village, Jebres district, Surakarta, Central Java for eight weeks, started on November 28th, 2007 until January 8th, 2008. This research used one-way classification of Completely Randomized Design (CRD) with 24 male local rabbits, about two months old with body weight 727.9±97.3 g. It consisted of four treatments (P₀, P₁, P₂, P₃), each treatment consisted of three replications, and each replication consisted of two male local rabbits. The treatments given were: P₀ = as control, consisted of peanut tree (*rendeng*) 70% + concentrate 30%; P₁ = control + 2% temulawak flour; P₂ = control + 4% temulawak flour; and P₃ = control + 6% temulawak flour. Variable measured were body weight, carcass weight, carcass percentage, carcass conformation, and the percentage of abdominal fat. The results showed that the average of four treatments (P₀, P₁, P₂, and P₃) in series for body weight were 1,014.333; 1,002.667; 961.667; and 944.667 grams, respectively. The averages of carcass weight were 428.667, 429.001, 410.667, and 390.333 grams. The carcass percentages were 42.297, 42.771, 42.717, and 40.997%. The carcass conformations were 41.593, 43.117, 40.147, and 40.450. In this research, no abdominal fat was found. The analysis of variance showed that the result was not significant in every parameter. It caused by temulawak flour supplementation until level 6% could not improve eat passion on male local rabbit yet, so that its consumption was still not significant ($P \geq 0.05$). The conclusion which could be taken from this research was the addition of temulawak flour in ration until level 6% had no effect on body weight, carcass weight, carcass percentage, carcass conformation, and the percentage of abdominal fat of male local rabbit.

Keywords: Abdominal fat percentage, carcass percentage, *Curcuma xanthorrhiza*, male local rabbit, temulawak flour

PENDAHULUAN

Kelinci, dilihat dari aspek reproduksi merupakan ternak yang produktif. Ternak ini apabila dikelola secara intensif dapat beranak 4-8 kali setahun (Sarwono 2005). Kelinci juga dapat dimanfaatkan sebagai penghasil daging. Menurut Lebas (2003) dalam Jauzit et al. (2006), produksi daging kelinci dunia mencapai 1,8 juta ton per tahun, produksi ini masih terbatas pada beberapa negara besar seperti Italia, Perancis, Spanyol, Ukraina, dan Cina, disamping itu juga di negara-negara berkembang seperti Nigeria, Mesir, Ghana, dan Maroko. Di Indonesia, terdapat kelinci lokal yang pertumbuhannya lambat. Menurut Sarwono (2005), kelinci lokal di Indonesia, rata-rata mempunyai bobot badan antara 0,9-1,2 kg, dan belum dipelihara secara intensif.

Ternak kelinci merupakan salah satu ternak alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan protein

hewani masyarakat. Menurut Kartadisastra (1997), daging kelinci memiliki kualitas yang lebih baik daripada daging sapi, domba, dan kambing. Struktur seratnya lebih halus dengan warna dan bentuk menyerupai daging ayam. Menurut Sarwono (2005), daging kelinci mengandung protein tinggi, kandungan lemaknya sedikit, dan rendah kolesterol. Kandungan nutrisi daging kelinci menurut Kartadisastra (1997) yaitu kandungan kalori 160 kkal, protein 21%, lemak 8%, dan Ca 0,02%. Oleh karena keunggulannya tersebut, diprediksi tingkat konsumsi masyarakat akan daging kelinci di masa mendatang meningkat.

Di dunia peternakan, pakan merupakan salah satu faktor yang memiliki porsi terbesar dibanding faktor lainnya yaitu antara 60-70% (Rasidi 2001). Soeparno (1994) menyatakan bahwa pakan mempengaruhi kecepatan pertumbuhan dan komposisi tubuh yang meliputi berat dan komposisi kimia karkas. Penambahan temulawak dosis 1%

ke dalam ransum domba dan kambing masih dapat memberikan peningkatan respons produksi daging karkas yang diikuti dengan penurunan produksi lemak karkas. Pemberian temulawak hingga dosis 1% masih toleran bagi ternak domba dan kambing. Hal ini ditandai dengan kenaikan nafsu makan yang disertai dengan kenaikan bobot daging dari kedua jenis ternak tersebut (Socheh et al. 1995).

Untuk memenuhi permintaan daging kelinci diperlukan upaya untuk meningkatkan persentase karkasnya, serta menekan kadar lemaknya. Dengan begitu, secara tidak langsung akan menaikkan produktivitas daging kelinci. Salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas daging kelinci yaitu dengan menambahkan tepung temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) pada pakan. Dalam rimpang temulawak terdapat kurkumin dan minyak atsiri yang dapat merangsang nafsu makan dan merangsang sel hati untuk meningkatkan produksi empedu, sehingga sekresi empedu berjalan lancar. Kandungan kurkumin dalam rimpang temulawak berkisar 1,60-2,22% dihitung berdasarkan berat kering. Berkat kandungan kurkumin dan minyak atsiri diduga merupakan penyebab berkhasiatnya temulawak (Rukmana 1995).

Rimpang temulawak mempunyai aktivitas meningkatkan produksi dan sekresi empedu. Meningkatnya sekresi empedu ke dalam duodenum serta banyaknya ekskresi asam empedu dan kolesterol bersama feses menyebabkan kolesterol dalam darah dan tubuh berkurang (Mangisah 2003). Sebagai penambah nafsu makan, kurkuminoid berfungsi untuk memperbaiki kelainan pada kantong empedu dengan memperlancar pengeluaran cairan empedu dan pankreas, sehingga terjadi peningkatan aktivitas pencernaan. Penggunaan ekstrak rimpang temulawak akan mempercepat pengosongan lambung sehingga akan menambah nafsu makan.

Penambahan tepung temulawak dalam ransum diharapkan dapat melancarkan pencernaan, akumulasi lemak tubuh, dan pertumbuhan kelinci lokal jantan menjadi lebih baik. Pertumbuhan yang meningkat akan menghasilkan bobot badan yang meningkat serta mampu menghasilkan persentase karkas secara optimal dan lemak abdominal yang rendah. Berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik untuk meneliti pengaruh penambahan tepung temulawak dalam ransum terhadap persentase karkas dan kandungan lemak abdominal kelinci lokal jantan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk: 1) mengetahui pengaruh penambahan tepung temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) dalam ransum terhadap persentase karkas dan lemak abdominal kelinci lokal jantan, serta 2) mengetahui aras penambahan tepung temulawak yang optimal terhadap persentase karkas dan lemak abdominal kelinci lokal jantan.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian tentang pengaruh tingkat penambahan tepung temulawak dalam ransum terhadap produksi karkas kelinci ini dilaksanakan di RT 04/21, Desa Gulon, Kecamatan

Jebres, Surakarta selama 8 minggu, dimulai pada tanggal 28 November 2007 sampai 8 Januari 2008. Analisis konsentrat dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, sedangkan analisis jerami kacang tanah (*rendeng*) dilakukan di Laboratorium Ilmu Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Diponegoro, Semarang.

Alat dan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebanyak 24 ekor kelinci lokal jantan umur sekitar 2 bulan dengan bobot badan rata-rata $727,79 \pm 97,3$ g yang diperoleh dari Desa Gawok, Kecamatan Gatak, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah.

Ransum yang digunakan berupa hijauan jerami kacang tanah (*rendeng*) serta konsentrat yang terdiri dari campuran bekatul (60%), dedak jagung (20%), bungkil kedelai (17%), tepung ikan (2%), premix (1%), dan tepung temulawak sesuai perlakuan ($P_0 = 0\%$, $P_1 = 2\%$, $P_2 = 4\%$, $P_3 = 6\%$) berdasarkan total ransum. Pemberian ransum sebanyak 8% dari bobot badan kelinci (de Blass dan Wiseman 1998). Konsentrat diberikan pada pagi hari pukul 07.00 WIB, dilanjutkan hijauan sebanyak 30% setelah konsentrat habis, dan 70% sisanya diberikan pada sore hari yaitu pukul 17.00 WIB. Menurut Sarwono (2005), kelinci merupakan hewan yang aktif pada malam hari, sehingga pemberian pakan lebih banyak diberikan menjelang malam hari. Kebutuhan nutrisi kelinci dapat dilihat pada Tabel 1, kandungan nutrisi bahan pakan penyusun ransum dapat dilihat pada Tabel 2, dan susunan ransum perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Kandang yang digunakan sebanyak 24 petak kandang yang terbuat dari bambu dengan ukuran 40 cm x 40 cm x 40 cm. Peralatan kandang yang digunakan berupa tempat pakan dan tempat minum, masing-masing sejumlah 24 buah yang ditempatkan pada masing-masing petak kandang.

Tabel 1. Kebutuhan nutrisi kelinci pada masa pertumbuhan

Nutrisi	Kebutuhan
<i>Digestible energy</i> (kkal/kg) ¹	2151-2500
Protein (%) ¹	12-16
Lemak (%) ¹	2-4
Serat kasar (%) ²	12-16

Keterangan: ¹ Whendrato dan Madyana (1983); ² Kartadisastra (1997)

Tabel 2. Kandungan nutrisi ransum untuk percobaan

Bahan pakan	DE (kkal/kg)	PK (%)	SK (%)	LK (%)
Rendeng	2869,02 ¹	12,38 ²	28,46 ²	2,88 ²
Konsentrat	2810,73 ⁴	16,20 ³	11,14 ³	11,94 ³

Keterangan:

¹ DE legum = 4370-68 (% SK) (NRC 1994)

² Hasil Analisis Laboratorium Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, UNDIP (2008)

³ Hasil Analisis Laboratorium Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian FTP UGM (2007)

⁴ Hasil perhitungan berdasarkan Hartadi et al. (2005)

Tabel 3. Susunan ransum perlakuan untuk kelinci

Bahan pakan	Ransum perlakuan			
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃
Rendeng	70%	70%	70%	70%
Konsentrat	30%	30%	30%	30%
Tepung temulawak	0%	2%	4%	6%
Kandungan nutrien				
DE (kkal/kg)	2851,5	2851,5	2851,5	2851,5
PK (%)	17,43	17,43	17,43	17,43
SK (%)	23,26	23,26	23,26	23,26
LK (%)	5,60	5,60	5,60	5,60

Sumber: Perhitungan berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi termometer ruang sebanyak dua buah untuk mengukur suhu kandang, timbangan merek *Idealife* dengan kapasitas 5 kg dan kepekaan 1 gram untuk menimbang bobot kelinci, pakan, sisa pakan, dan karkas, pisau potong untuk memotong kelinci lokal jantan yang akan diambil datanya, penumbuk untuk membuat tepung temulawak yang dilakukan dengan menumbuk hasil perajangan temulawak yang telah kering kemudian diayak untuk mendapatkan tepung temulawak.

Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola searah dengan empat macam perlakuan (P₀, P₁, P₂, P₃), setiap perlakuan terdiri dari enam ulangan dan setiap ulangan terdiri dari satu ekor kelinci. Ransum yang diberikan adalah hijauan berupa rendeng dan konsentrat yang tersusun dari bekatul, dedak jagung, bungkil kedelai, dan tepung ikan. Perbandingan antara hijauan dan konsentrat yang digunakan adalah 70:30. Penambahan tepung temulawak diberikan dengan cara dicampurkan dengan konsentrat. Jumlah penambahan tepung temulawak dihitung berdasarkan total ransum.

Perlakuan tepung temulawak yang diberikan adalah sebagai berikut:

P₀ = Rendeng 70% + konsentrat 30% (kontrol)

P₁ = Ransum kontrol + 2% tepung temulawak

P₂ = Ransum kontrol + 4% tepung temulawak

P₃ = Ransum kontrol + 6% tepung temulawak

Cara kerja

Persiapan kandang

Kandang dan semua peralatan dibersihkan terlebih dahulu sebelum digunakan, kemudian dilakukan pengapuran pada dinding dan lantai kandang. Selanjutnya, kandang disucikan dengan menggunakan desinfektan *Lysol* dosis 15 mL/L liter air. Tempat pakan dan tempat minum yang sudah bersih direndam dalam antiseptik dosis 15 mL/L liter air.

Persiapan kelinci

Kelinci ditimbang bobot awalnya, kemudian dimasukkan ke dalam petak kandang. Sebanyak 24 ekor kelinci dikelompokkan ke dalam empat perlakuan. Setiap

perlakuan diulang 6 kali dan setiap ulangan terdapat satu ekor kelinci. Sebelum digunakan, kelinci diberi obat cacing merek *Albendazole* dosis 0,5 g/kg berat badan yang diberikan secara oral untuk menghilangkan parasit dalam saluran pencernaan.

Penentuan petak kandang

Penentuan petak kandang dilakukan secara acak sederhana.

Pembuatan tepung temulawak

Pembersihan, Pembersihan dilakukan untuk memisahkan bagian-bagian tanaman temulawak dari bahan lain seperti tanah, kerikil, bagian tanaman yang rusak, dan bagian tanaman lain selain rimpang.

Pencucian, Bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang masih melekat pada bahan tanaman/simplisia. Pencucian dilakukan sesingkat mungkin untuk menghindari larut dan terbuangnya zat-zat yang terkandung dalam simplisia.

Perajangan, Dilakukan untuk memudahkan tahap penggilingan. Selain itu, ukuran perajangan juga berpengaruh terhadap kualitas tepung temulawak yang dihasilkan. Ukuran perajangan yang terlalu tipis dapat mengakibatkan berkurangnya zat-zat yang terkandung dalam simplisia. Sebaliknya, jika ukuran perajangan terlalu tebal akan sulit menghilangkan kadar air dalam simplisia sehingga akan mudah rusak dan busuk.

Pengeringan, Dilakukan agar simplisia dapat tahan lama dengan kualitas yang tetap baik. Selain itu, penggilingan harus dilakukan dalam kondisi kering untuk mendapatkan kualitas tepung yang baik. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pengeringan antara lain aliran udara dan luas permukaan bahan. Pengeringan dilakukan dengan penjemuran simplisia yang sudah dirajang di bawah sinar matahari. Hasil yang baik dari proses pengeringan adalah bahan simplisia mengandung air antara 5-10% (Martha Tilaar Innovation Centre 2002).

Penepungan, Dilakukan dengan menumbuk hasil perajangan temulawak yang telah kering kemudian diayak untuk mendapatkan tepung temulawak.

Pelaksanaan penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 6 minggu dengan adaptasi selama dua minggu sebelum penelitian. Tepung temulawak dicampurkan dalam konsentrat secara homogen dan pemberian pakan sesuai dengan perlakuan. Pemberian air minum dilakukan secara *ad libitum*. Pengambilan data yang dilakukan yaitu: (i) menimbang bobot badan awal kelinci, dilakukan setelah selesai adaptasi; (ii) menimbang bobot badan kelinci pada akhir penelitian setelah dipuaskan selama 12 jam (Kesmavet 1993); (iii) menyembelih kelinci pada akhir penelitian; (iv) menimbang bobot potong, bobot karkas, menghitung persentase karkas, konformasi karkas, dan persentase lemak abdominal.

Peubah penelitian

Bobot potong, Bobot potong diketahui dengan menimbang kelinci sebelum dipotong, setelah kelinci dipuaskan terlebih dahulu selama 12 jam (Kesmavet 1993). Bobot potong dinyatakan dalam gram/ekor.

Bobot karkas, Bobot karkas diketahui dengan menimbang karkas kelinci. Karkas adalah berat tubuh dari ternak potong setelah pemotongan, dikurangi dengan bagian kepala, darah, serta organ internal. Bagian ginjal diikutsertakan sebagai karkas (Soeparno 1994).

Persentase karkas, Presentase karkas dihitung dengan cara membagi bobot karkas dengan bobot potong kelinci yang bersangkutan kemudian dikalikan 100% (Soeparno 1994).

Konformasi karkas, Konformasi karkas diperoleh dengan cara menghitung perbandingan lingkaran karkas dan panjang karkas, kemudian dikalikan 100 (Pujianto et al. 1997).

Persentase lemak abdominal, Persentase lemak abdominal diperoleh dari perbandingan antara bobot lemak abdominal dengan bobot potong, kemudian dikalikan 100% (Abubakar dan Notoamidjojo 1997).

Analisis Data

Semua data yang diperoleh dianalisis dengan analisis variansi untuk mengetahui pengaruh penambahan tepung temulawak terhadap parameter-parameter yang diukur. Apabila didapatkan hasil yang berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT). Model matematika yang digunakan dalam rancangan ini adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + C_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} = nilai pengamatan perlakuan ke- i dan ulangan ke- j

μ = rata-rata nilai dari seluruh perlakuan

τ_i = pengaruh perlakuan ke- i

C_{ij} = pengaruh galat perlakuan (Yitnosumarto 1993).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bobot potong

Rata-rata bobot potong yang diperoleh selama penelitian dari perlakuan P_0 , P_1 , P_2 , dan P_3 berturut-turut yaitu 1014,333; 1002,667; 961,667; dan 944,667 g. Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa pengaruh penambahan tepung temulawak dalam ransum kelinci lokal jantan menghasilkan bobot potong yang berbeda tidak nyata ($P > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan tepung temulawak dalam ransum hingga taraf 6% dari total ransum, tidak berpengaruh terhadap peningkatan bobot potong kelinci lokal jantan.

Menurut Abubakar dan Notoamidjojo (1997), bobot potong dipengaruhi oleh konsumsi pakan. Konsumsi ransum yang tidak berbeda nyata dapat mempengaruhi bobot potong. Semakin tinggi konsumsi ransum maka zat makanan yang masuk ke dalam tubuh akan semakin tinggi, sehingga pertumbuhan ternak semakin baik, dan akhirnya dapat meningkatkan bobot potong yang dihasilkan. Konsumsi pakan yang sama antar perlakuan akan mengakibatkan nutrisi yang dikonsumsi sama.

Hasil analisis variansi pada variabel bobot potong yang berbeda tidak nyata diduga disebabkan karena penambahan tepung temulawak dalam ransum sampai taraf 6% tidak

menambah nafsu makan kelinci lokal jantan, sehingga konsumsinya sama dan mengakibatkan bobot potong yang berbeda tidak nyata. Pertumbuhan ternak juga dipengaruhi oleh ransum yang dikonsumsi. Nutrien yang terdapat dalam ransum digunakan untuk mencukupi kebutuhan hidup pokok dan pertumbuhan organ serta jaringan tubuh (Tillman et al. 1991).

Bobot karkas

Rata-rata bobot karkas yang diperoleh selama penelitian dari perlakuan P_0 , P_1 , P_2 , dan P_3 berturut-turut yaitu 428,667; 429,001; 410,667; dan 390,333 g. Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa penambahan tepung temulawak dalam ransum kelinci lokal jantan menghasilkan bobot karkas yang berbeda tidak nyata ($P > 0,05$). Hal ini berarti penambahan tepung temulawak sampai taraf 6% dari total ransum tidak berpengaruh terhadap bobot karkas kelinci lokal jantan.

Bobot potong yang berbeda tidak nyata berpengaruh terhadap bobot karkas yang berbeda tidak nyata. Hal ini sesuai dengan pendapat Mujilah (2007) bahwa adanya kecenderungan proporsi bagian-bagian tubuh yang menghasilkan daging (kaki belakang, pinggang, dada, leher) akan bertambah besar seiring dengan bertambahnya bobot badan, sehingga bobot karkas yang dihasilkan dipengaruhi oleh bobot potong dari ternak yang bersangkutan. Komponen karkas terdiri dari tulang, daging, dan lemak (Soeparno 1994). Soeparno (1994) juga menyatakan bahwa bobot potong sangat berpengaruh terhadap berat karkas dan bagian-bagian karkas.

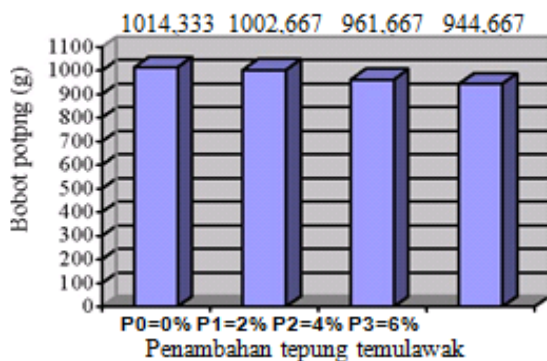
Minyak atsiri dan kurkumin berkhasiat untuk merangsang sel-sel hati untuk meningkatkan produksi empedu dan memperlancar sekresi empedu, sehingga cairan empedu meningkat. Hal ini akan mengurangi partikel-partikel padat yang terdapat dalam kantung empedu. Empedu berfungsi untuk melarutkan lemak. Dengan lancarnya sekresi empedu dapat melancarkan pencernaan dan emulsi lemak (Wijayakusuma 2003), sehingga lemak dalam karkas sedikit dan mempengaruhi bobot karkas.

Persentase karkas

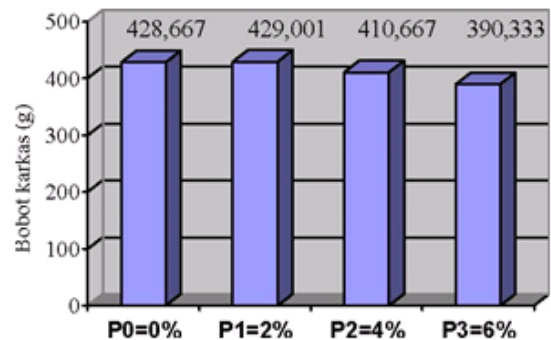
Rata-rata persentase karkas yang diperoleh selama penelitian dari perlakuan P_0 , P_1 , P_2 , dan P_3 berturut-turut yaitu 42,297; 42,771; 42,717; dan 40,997% (Tabel 4). Persentase karkas yang dihasilkan tersebut sesuai dengan pendapat Kartadisastra (1997) bahwa berat karkas ternak kelinci yang baik berkisar antara 40-52% dari berat badan hidupnya.

Tabel 4. Rata-rata persentase karkas kelinci lokal jantan selama penelitian (%).

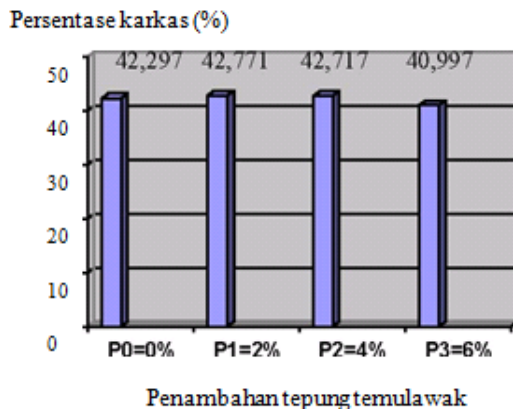
Perlakuan	Ulangan				Rata-rata (g)
	1	2	3	4	
P_0	43,571	42,105	41,216	126,892	42,297
P_1	41,507	43,992	42,813	128,312	42,771
P_2	42,284	42,771	43,096	128,151	42,717
P_3	43,336	39,054	40,601	122,991	40,997



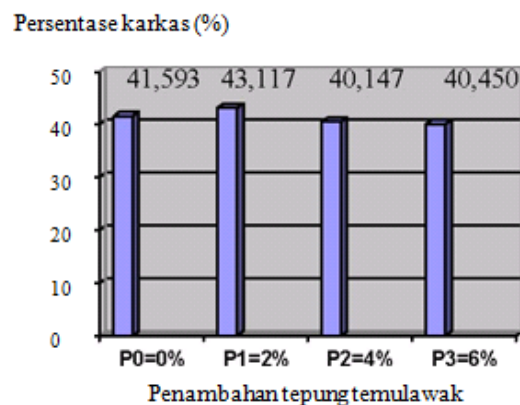
Gambar 1. Rata-rata bobot potong selama penelitian (g)



Gambar 2. Rata-rata bobot karkas selama penelitian (g)



Gambar 3. Rata-rata persentase karkas selama penelitian (g)



Gambar 4. Rata-rata konformasi karkas selama penelitian

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa pengaruh penambahan tepung temulawak dalam ransum berbeda tidak nyata ($P>0,05$) terhadap persentase karkas kelinci lokal jantan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan tepung temulawak sampai taraf 6% dari total ransum tidak berpengaruh terhadap peningkatan persentase karkas kelinci lokal jantan.

Hasil persentase karkas yang berbeda tidak nyata disebabkan karena bobot potong dan bobot karkas yang dihasilkan juga berbeda tidak nyata, kedua variabel tersebut mempengaruhi persentase karkas yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pendapat Abubakar dan Notoamidjojo (1997) yang menyatakan bahwa persentase karkas diperoleh dengan membagi berat karkas dengan berat potong kemudian dikalikan 100%, sehingga nilainya dipengaruhi langsung oleh bobot karkas dan bobot potong. Soeparno (1994) menyatakan bahwa persentase karkas dapat dipengaruhi oleh tingkat bobot potong, hal ini menyebabkan selisih bobot potong dan bobot karkas antar perlakuan yang relatif sama sehingga menghasilkan persentase karkas yang berbeda tidak nyata.

Soeparno (1994) menyatakan bahwa faktor-faktor yang menentukan persentase karkas antara lain umur, berat badan, perlemakan, dan isi saluran pencernaan. Wijayakusuma (2003) menyatakan bahwa kandungan minyak atsiri dan kurkumin dalam temulawak berkhasiat untuk merangsang sel-sel hati untuk meningkatkan produksi empedu dan memperlancar sekresi/pengeluaran empedu, sehingga cairan empedu yang dihasilkan meningkat. Hal ini akan mengurangi partikel-partikel padat yang terdapat dalam kantong empedu. Empedu berfungsi untuk melarutkan lemak.

Jaringan tubuh ternak mencapai pertumbuhan maksimal dengan urutan dari jaringan syaraf, tulang, otot, dan lemak (Soeparno 1994). Kelinci lokal jantan dalam usia pertumbuhan akan memanfaatkan pakan untuk memaksimalkan pertumbuhannya, sehingga menyebabkan persentase karkas yang dihasilkan tidak berbeda nyata.

Konformasi karkas

Rata-rata konformasi karkas kelinci lokal jantan yang diperoleh selama penelitian dari perlakuan P_0 , P_1 , P_2 , dan P_3 berturut-turut yaitu 41,593; 43,117; 40,147; dan 40,450.

Hasil dari analisis variansi menunjukkan bahwa pengaruh penambahan tepung temulawak sampai taraf 6% dari total ransum berbeda tidak nyata ($P>0,05$) terhadap konformasi karkas. Artinya, penambahan tepung temulawak sampai taraf 6% dari total ransum tidak berpengaruh terhadap konformasi karkas.

Konformasi karkas diperoleh dengan cara menghitung perbandingan lingkaran karkas dan panjang karkas, kemudian dikalikan 100 (Pujianto et al. 1997). Hasil yang berbeda tidak nyata diduga disebabkan kelinci lokal jantan berada pada masa pertumbuhan yang sama dan merupakan jenis kelinci yang sama. Menurut Pujianto et al. (1997), konformasi karkas dipengaruhi oleh umur perkembangan, kecepatan perkembangan bagian tubuh, dan perbedaan jenis ternak.

Persentase lemak abdominal

Pada penelitian ini tidak didapatkan lemak abdominal. Minyak atsiri dan kurkumin berkhasiat untuk merangsang sel-sel hati untuk meningkatkan produksi dan memperlancar sekresi cairan empedu (Wijayakusuma 2003). Empedu berfungsi untuk mengemulsikan lemak. Hal ini akan mengurangi partikel-partikel padat yang terdapat dalam kantong empedu kelinci lokal jantan dan mengakibatkan kandungan lemak tubuhnya sedikit.

Hasil ini dapat disebabkan karena kelinci lokal jantan yang digunakan dalam penelitian ini masih dalam usia pertumbuhan, sehingga belum terjadi penimbunan lemak abdominal. Menurut Pamungkas et al. (1992), pada tingkatan umur yang lebih tua terdapat kecenderungan peningkatan berat hidup, berat karkas, dan berat organ non karkas. Pertumbuhan jaringan memiliki urutan dari sistem saraf pusat, tulang, tendo, otot, lemak intermuskular, dan lemak subkutan (Soeparno 1994). Pertumbuhan kelinci lokal jantan pada penelitian ini diduga belum sampai pada pembentukan lemak abdominal.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu bahwa penambahan tepung temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) dalam ransum tidak berpengaruh terhadap persentase karkas, sedangkan persentase lemak abdominal kelinci lokal jantan belum terbentuk. Saran yang dapat diberikan adalah tidak perlu dilakukan penambahan tepung temulawak ke dalam ransum kelinci lokal jantan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, Notoamidjojo AG. 1997. Persentase karkas dan bagian-bagiannya dua galur ayam Broiler dengan penambahan tepung temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) dalam ransum. Buletin Peternakan Edisi Tambahan. Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- De Blass C, Wiseman J. 1998. The nutrition of the rabbit. CABI Publishing, New York, USA.
- Hartadi H, Reksohadiprodjo S, Tillman AD. 2005. Tabel komposisi pakan untuk Indonesia. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Jauzit T, Barkok A, Bouzekraoui A et al. 2006. Evaluation of some production parameters in rabbit. Comparative Study Of Local Moroccan Rabbit and Californian Breed in Pure and Cross Breeding. www.jauzi@jav.com.
- Kartadisastra HR. 1997. Ternak kelinci: Teknologi pascapanen. Kanisius, Yogyakarta.
- Kesmavet M. 1993. Pedoman pembinaan Kesmavet. Direktorat Bina Kesehatan Hewan, Direktorat Jenderal Peternakan, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Mangisah I. 2003. Pemanfaatan kunyit (*Curcuma domestica* Val) dan temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) sebagai upaya menurunkan kadar kolesterol daging ayam Broiler. Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah, Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Tengah, Semarang.
- Martha Tilaar Innovation Centre. 2002. Budidaya secara organik tanaman obat rimpang. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Mujilah SA. 2007. Pengaruh penggunaan onggok fermentasi dalam ransum terhadap persentase karkas dan bukan karkas kelinci lokal jantan. Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- NRC. 1994. Nutrient requirement of poultry. National Academy Science, Washington.
- Pamungkas D, Uum U, Yusran MA. 1992. Analisis berat dan persentase karkas domba ekor gemuk berdasarkan berat hidup dan berat bagian tubuh non karkas pada dua tingkatan umur. Jurnal Ilmiah Penelitian Ternak Grati 3(1).
- Pujianto E, Haris I, Widodo Y. 1997. Studi konformasi karkas dan potongan karkas antara domba priangan dan domba ekor gemuk. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Rasidi. 2001. 302 formulasi pakan lokal alternatif untuk unggas. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Rukmana R. 1995. Temulawak tanaman rempah dan obat. Kanisius, Yogyakarta.
- Sarwono B. 2005. Kelinci potong dan hias. AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- Socheh M, Haryanto B, Purwaningsih H et al. 1995. Perbaikan produksi dan kualitas daging domba dan kambing lokal di bawah tingkat dosis temulawak dalam ransum. Majalah Ilmiah 11 (2): 87-99.
- Soeparno. 1994. Ilmu dan teknologi daging. Edisi II. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tillman AD, Hartadi H, Reksohadiprodjo S et al. 1991. Ilmu makanan ternak dasar. Cetakan ke-5. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Whendrato I, Madyana IM. 1983. Beternak kelinci secara populer. Eka Offset, Semarang.
- Wijayakusuma H. 2003. Penyembuhan dengan temulawak. Milenia Populer, Jakarta.
- Yitnosumarto S. 1993. Percobaan perancangan, analisis, dan interpretasinya. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Kinetika fermentasi pada teh kombucha dengan variasi jenis teh berdasarkan pengolahannya

Fermentation kinetics in kombucha tea with tea kind variation based on its processing

MINANG ARDHENIATI, M.A.M. ANDRIANI, BAMBANG SIGIT AMANTO

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126, Jawa Tengah

Manuskrip diterima: 22 Oktober 2008. Revisi disetujui: 3 Februari 2009.

Abstract. Ardheniati M, Andriani MAM, Amanto BS. 2009. *Fermentation kinetics in kombucha tea with tea kind variation based on its processing. Biofarmasi 7: 48-55.* Tea (*Camellia sinensis*) is one of agriculture commodities which contains powerful substance, especially in health sector. The kinds of tea in Indonesia are green tea and black tea. Kombucha tea is made from water and tea boiled with fermentation process about 8-12 days. It consists of complex material changed by *Acetobacter xylinum* bacteria and *Saccharomyces cerevisiae* leavened. The purpose of the research was to find out the impact of the kinds of tea toward kombucha tea fermentation kinetics with the parameter of specific growth pace (μ), cell growth result (Y_x/s), product formation (Y_p/s), generation time (td), and the amount of multiplication (N). This research was done in UPT Central Laboratory of MIPA Faculty, Sebelas Maret University, Surakarta. The fermentation process optimization was done with the amount of inoculum of 10% (v/v), the temperature of 30°C and the initial sugar content of 10% (b/v). The analysis toward sugar content reduction, acetate acid content, pH value, and kombucha tea microbiology was done about 8 days of fermentation with 24 hours interval. The data generated were treated by a descriptive analysis and t-test investigation, so that the difference of fermentation kinetics between green kombucha tea and black kombucha tea could be found. The results of the research showed that the fermentation kinetic of green kombucha tea had an aerobe and anaerobe specific growth pace of 0.055/hour and 0.015/hour, respectively, cell growth result 1.901×10^7 cfu/mg, product formation 0.064, the efficiency of acetic acid production toward sugar reduction 11.814%, the generation time in aerobe and anaerobe condition 12.6 and 46.2 hours, respectively, and the amount of multiple of 3.583 times. Meanwhile, the fermentation kinetic of black kombucha tea showed an aerobe and anaerobe specific growth pace of 0.054/hour and 0.018/hours, respectively, cell growth result 2.425×10^7 cfu/mg, product formation 0.081, the efficiency of acetic acid production toward sugar reduction 11.510%, the generation time in aerobe and anaerobe condition 12.8 hours and 38.5 hours, respectively, and the amount of multiple 3.583 times. From t-test investigation, it was found that the aerobe specific growth pace, the efficiency of acetic acid production toward sugar reduction, the aerobe generation time, the cell growth, and the product formation were not significantly different. Meanwhile, the anaerobe specific growth pace, the anaerobe generation time, and the amount of multiple were significantly different.

Keywords: Black tea, fermentation kinetic, green tea, kombucha tea

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis yang saat ini dikenal sebagai salah satu negara penghasil teh yang cukup besar dengan jumlah penduduk yang hampir 80% sebagai petani. Dalam bidang pertanian, Indonesia mampu menghasilkan berbagai macam komoditas pertanian, salah satunya adalah teh (*Camellia sinensis*). Teh diperoleh dari pengolahan daun teh yang merupakan anggota dari Famili Teaceae (Nazaruddin dan Paimin 1993).

Hampir seluruh penduduk dunia mengenal teh. Teh sudah menjadi komoditas dunia, oleh karenanya banyak negara yang berusaha mendapatkannya. Jenis-jenis teh pada dasarnya hanya terdiri dari tiga kelompok utama, yaitu *Black Tea* (teh hitam), *Oolong Tea* (teh oolong), dan *Green Tea* (teh hijau). Teh oolong adalah teh yang diproses secara semifermentasi. Daun teh dilaayukan lebih dahulu, kemudian dipanaskan pada suhu 160-240°C selama 3-7 menit untuk inaktivasi enzim, selanjutnya digulung dan dikeringkan. Teh disukai karena mempunyai banyak manfaat, selain berguna sebagai minuman penyegar tubuh,

teh juga berkhasiat mencegah kanker, meningkatkan daya tahan tubuh dari serangan bakteri, kaya akan vitamin C dan vitamin B, serta dapat mengurangi gangguan kekejangan pada anak-anak. Selain itu, konon teh dapat memperpanjang umur (Nazaruddin dan Paimin 1993). Khasiat utama teh berasal dari senyawa polifenol yang dikandungnya.

Dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan dan kesehatan masyarakat, perlu adanya usaha-usaha pemanfaatan sumber daya pangan secara optimal. Salah satu cara untuk meningkatkan keanekaragaman hasil olahan teh adalah dengan membuat minuman teh secara fermentasi yang dikenal dengan nama "*Kombucha Tea*" (teh kombucha).

Teh kombucha merupakan minuman fungsional yang menempati posisi di antara minuman konvensional dan obat, sehingga dapat digunakan dalam pencegahan suatu penyakit. Minuman fungsional merupakan minuman yang dirancang secara khusus dengan memanfaatkan senyawa bioaktif tertentu yang berperan dalam mencegah penyakit (Hartoyo 2003). Produk minuman fungsional ini

merupakan hasil fermentasi larutan teh manis dengan menggunakan *starter* mikrobial kombucha (*Acetobacter xylinum* dan beberapa jenis khamir yang merupakan organisme tingkat rendah) dan difermentasi selama 8-12 hari yang biasa dikenal dengan “jamur kombu” atau “Jamur dipo” (Paimin 2001). Dalam istilah asing, “jamur kombu” disebut dengan *scooby* (*symbiotic colon of bacteria yeast*). “Jamur” tersebut akan tumbuh secara terus-menerus sehingga membentuk susunan berlapis-lapis mengikuti tempat pembiakannya.

Saat proses fermentasi teh kombucha, bakteri akan mengubah glukosa menjadi berbagai jenis asam, vitamin, dan alkohol yang berkhasiat bagi tubuh. Glukosa tersebut berasal dari inversi sukrosa oleh khamir menghasilkan glukosa dan fruktosa. Pada pembuatan etanol oleh khamir dan selulosa oleh *Acetobacter xylinum*, glukosa dikonversi menjadi asam glukonat melalui jalur fosfat pentosa oleh bakteri asam asetat, sedangkan sebagian besar fruktosa dimetabolisme menjadi asam asetat dan sejumlah kecil asam glukonat. Glukosa dalam proses tersebut berperan sebagai substrat untuk pertumbuhan sel dan pembentukan produk (asam asetat).

Jenis teh, seperti teh hijau dan teh hitam, dihasilkan dengan pengolahan yang berbeda, sehingga kandungan teh juga berbeda. Senyawa yang terkandung dalam teh kombucha mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan sel, pembentukan produk, kadar glukosa, dan pH teh kombucha. Hal ini digambarkan dalam kinetika fermentasi teh kombucha. Perlakuan variasi jenis teh diduga memiliki kinetika fermentasi teh kombucha yang berbeda, sehingga perlu dilakukan penelitian.

Tujuan dari penelitian ini adalah: (i) Mengetahui kinetika fermentasi teh kombucha dengan perilaku kinetika fermentasi, antara lain kecepatan pertumbuhan spesifik (μ), hasil pertumbuhan konstan (Y_x/s), pembentukan produk (Y_p/s), waktu penggandaan (t_d), banyaknya penggandaan/derajat multiplikasi (N), dan efisiensi pembentukan asam asetat; (ii) Mengetahui pengaruh kecepatan pertumbuhan sel dengan kecepatan pembentukan produk dari teh kombucha dengan variasi jenis teh berdasarkan pengolahannya.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di UPT Laboratorium Pusat MIPA Sub Laboratorium Biologi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta selama bulan Maret-Agustus 2008.

Alat dan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kultur murni *Acetobacter xylinum* dan *Saccharomyces cerevisiae* yang diperoleh dari Fakultas Teknologi Pertanian UGM Yogyakarta, gula pasir (merek ‘Gulaku’), teh hitam dan teh hijau (Cap Tong Tji), air, akuades, reagen Nelson, reagen Arsenomolibdat, media NA (*Nutrient Agar*), NaOH 0,1 N, dan fenoltalein 1%.

Sementara itu, alat yang digunakan adalah spektrofotometer, saringan teh, timbangan analitik,

autoklaf, tabung reaksi, rak tabung reaksi, kuvet, penjepit, karet gelang, kapas, termometer, petridish, labu ukur, buret, gelas ukur, inkubator, oven, dan erlenmeyer.

Metode penelitian

Kadar gula reduksi diukur dengan metode Nelson Somogyi (Sudarmadji et al. 1984). Penetapan kadar total asam dihitung sebagai asam asetat dengan metode titrasi (Ranggana 1997). Pengukuran pH dilakukan dengan pH-meter dengan larutan penyangga (*buffer*) pH=7 (Apriyantono 1988). Analisis mikrobiologis dilakukan dengan menghitung jumlah sel dengan metode hitungan cawan (*pour plate*) menggunakan media NA (*Nutrient Agar*) (Roberts dan Smith 1961). Perlakuan variasi jenis teh pada penelitian ini diulang sebanyak tiga kali ulangan analisis untuk mendapatkan data yang valid.

Cara kerja

Pembuatan teh kombucha menggunakan air 1000 ml, teh seduhan sebanyak 8 g, gula pasir sebanyak 10% dari air seduhan (100 g), dan *starter* 10% (100 ml). Tahapan kerja mencakup pembuatan *starter*, pembuatan teh kombucha, penentuan kadar gula reduksi sampel, pembuatan kurva standar, pembuatan medium, dan penanaman sampel. Analisis mikrobiologis dilakukan dengan menghitung jumlah sel dengan metode *pour plate* menggunakan media NA (*Nutrient Agar*). Sementara itu, penentuan total asam sebagai asam asetat dilakukan dengan titrasi seperti yang ditunjukkan oleh Ranggana (1997).

Jumlah koloni dihitung dengan ketentuan jumlah koloni memenuhi kriteria yaitu sebagai berikut: (i) Jumlah koloni berkisar antara 30-300, jika tidak terdapat koloni maka dipilih jumlah koloni yang mendekati. (ii) Tidak terdapat koloni yang menutupi lebih dari separuh permukaan (*spreader*). Perbandingan jumlah koloni suatu pengenceran dengan sebelumnya jika tidak lebih besar dari 2 maka jumlahnya dirata-rata, sebaliknya jika jumlahnya lebih besar dari 2 maka dipakai jumlah koloni pada pengenceran sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dikemukakan berikut ini mencakup parameter kinetika fermentasi pada teh kombucha hijau dan teh kombucha hitam.

Kadar gula reduksi

Mikroorganisme membutuhkan energi untuk kelangsungan hidupnya. Energi diperlukan untuk mempertahankan kehidupan sel, perkembangbiakan sel, serta pergerakan organisme yang bersifat motil. Substrat yang paling mudah digunakan adalah gula reduksi. Glukosa dan fruktosa adalah gula reduksi yang digunakan sebagai sumber karbon oleh bakteri asam asetat. Sukrosa bersifat non reduksi karena sukrosa tidak mempunyai gugus OH yang bersifat reaktif, dimana keduanya saling mengikat, sehingga sukrosa akan mengalami inverse terlebih dahulu menjadi glukosa dan fruktosa, dengan demikian jalur metabolismenya menjadi lebih panjang. Enzim invertase

tersebut bekerja optimum pada suhu 37-52°C dan pH berkisar antara 4-5,25. Kadar gula reduksi pada teh kombucha hitam dan teh kombucha hijau ditampilkan pada Gambar 1.

Gambar 1 memperlihatkan bahwa pada awal fermentasi selama 2 hari, kadar gula reduksi semakin meningkat. Kenaikan gula reduksi disebabkan oleh hidrolisis sukrosa menjadi glukosa oleh enzim invertase. Hidrolisis terjadi karena pH media sangat rendah dimana pada kondisi pH tersebut, sukrosa mudah dihidrolisis oleh enzim invertase (Apriyantono 1988). Semakin lama proses fermentasi (setelah 2 hari), kadar gula reduksi semakin menurun. Dari Gambar 1 terlihat pada hari ke-2 sampai hari ke-8, kadar gula reduksi pada teh hitam menurun dari 113,0 mg/ml menjadi 16,5 mg/ml, sedangkan pada teh hijau dari 135,0 mg/ml menjadi 18,0 mg/ml. Menurut Rahayu dan Kuswanto (1987), kadar gula reduksi semakin menurun dikarenakan khamir (*S. cerevisiae*) menguraikan glukosa menjadi alkohol, sehingga kadar alkohol teh kombucha semakin meningkat. Penggunaan gula oleh khamir dapat berlangsung melalui membran sel, baik secara langsung atau dihidrolisis terlebih dahulu, baru kemudian hasil hidrolisis masuk ke dalam sel. Dalam penelitian ini, gula yang digunakan adalah sukrosa (gula pasir merek "Gulaku").

Kadar gula reduksi tertinggi dari kedua jenis teh yang digunakan terjadi pada fermentasi 2 hari pertama yaitu sebesar 113,0 mg/ml untuk teh hitam dan 135,0 mg/ml untuk teh hijau. Pada teh kombucha hijau, kadar gula reduksinya lebih tinggi daripada teh hitam, hal ini disebabkan teh hijau merupakan jenis *unfermented tea*. Tingginya kadar gula pada teh kombucha hijau disebabkan karena perbedaan suhu pelayuan pada saat pengolahan pucuk teh. Menurut Setiawati dan Nasikun (1991), pada pengolahan teh hijau harus dihindarkan terjadinya fermentasi dengan cara pelayuan. Pelayuan dilakukan dengan memanaskan segera daun teh pada suhu tinggi agar enzim-enzim berada dalam kondisi inaktif.

Pelayuan pada suhu tinggi (80-100°C) tersebut menyebabkan berkurangnya kandungan pati dan gum yang disertai dengan naiknya kandungan gula. Pati dan polisakarida yang lain mengalami hidrolisis menjadi gula, sehingga kombucha dari teh hijau memiliki kadar gula reduksi yang tinggi. Pada proses sakarifikasi, terjadi proses pemecahan pati menjadi glukosa dan maltosa melalui reaksi hidrolisis asam. Gula sederhana yang terbentuk kemudian diubah oleh sel khamir menjadi alkohol dalam kondisi anaerob.

Proses fermentasi menyebabkan kandungan polifenol menurun akibat ikut teroksidasi. Perbedaan perlakuan pada pengolahan teh juga menyebabkan perbedaan jumlah senyawa (Zhang et al. 1997). Dengan demikian, kandungan gula yang rendah terdapat pada teh yang mengalami proses fermentasi (teh hitam). Menurut hasil riset Pusat Penelitian Teh dan Kina, Bandung dalam *Indonesian Food and Beverage*, dalam 100 g teh hitam mengandung gula sebesar 32,1 g, sedangkan pada teh hijau sebesar 35,2 g.

Jumlah sel mikrobia

Fermentasi kombucha melibatkan beberapa mikroorganisme yang bekerja secara simbiotik. Mikrobia yang mendominasi dalam fermentasi kombucha yaitu bakteri *A. xilynum* dan khamir *S. cerevisiae*. Selama proses fermentasi berlangsung, khamir akan merombak gula (sukrosa) dalam medium menjadi alkohol yang dilanjutkan dengan oksidasi alkohol menjadi asam asetat oleh bakteri *A. xilynum*. Khamir bersifat fakultatif anaerob, artinya ada atau tidak ada oksigen, khamir tetap dapat tumbuh, sedangkan bakteri asam asetat merupakan mikrobia yang bersifat obligat aerob, artinya bakteri tersebut hanya tumbuh apabila tersedia oksigen. Jumlah sel mikrobia pada teh kombucha hitam dan teh kombucha hijau ditampilkan pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa jumlah mikroorganisme mengalami kenaikan dari jumlah awal yang dimasukkan ke dalam media fermentasi masing-masing mencapai $1,85 \times 10^9$ cfu/ml pada teh hijau dan $1,68 \times 10^9$ cfu/ml pada teh hitam (pada hari ke-5), sedangkan mulai hari ke-6 sampai hari ke-8, baik teh hijau maupun teh hitam, mengalami penurunan jumlah sel mikrobia menjadi $6,50 \times 10^8$ cfu/ml dan $4,20 \times 10^8$ cfu/ml. Peningkatan jumlah sel pada hari pertama disebabkan adanya gula reduksi sebagai substrat yang masih cukup banyak (87 mg/ml pada teh hitam dan 116 mg/ml pada teh hijau). Kenaikan jumlah sel mikrobia menunjukkan gula reduksi hasil sakarifikasi dapat digunakan sebagai substrat untuk pertumbuhan sel dan produksi alkohol. Selain itu, pertumbuhan sel mikrobia juga dipengaruhi oleh suhu, pH, sumber karbon, serta air bebas (aw). Khamir bersifat fakultatif anaerob, artinya ada atau tidak adanya oksigen, khamir tetap dapat tumbuh, sedangkan bakteri asam asetat bersifat aerob. Dalam fermentasi ini, *yeast* dan bakteri termasuk mikroba mesofil (20-40°C).

Pada hari ke-6, jumlah sel mengalami penurunan sampai akhir fermentasi. Hal ini disebabkan karena jumlah nutrisi yang terdapat di dalam larutan teh mengalami penurunan dan kandungan polifenol teh dapat menghambat pertumbuhan khamir. Kondisi ini juga berkaitan dengan kadar gula reduksi yang menurun, sehingga mikrobia kekurangan makanan. Penghambatan oleh senyawa polifenol teh terhadap pertumbuhan khamir dilaporkan oleh Rose (1987) yang menyatakan bahwa senyawa polifenol teh dapat menghambat pertumbuhan beberapa spesies khamir. Namun pada kenyataannya, beberapa spesies khamir memanfaatkan senyawa polifenol teh sebagai sumber nutrisi dan energi. Sifat sebagai nutrisi dan antimikrobia bagi beberapa spesies khamir tergantung pada konsentrasi senyawa polifenol tersebut.

Dari data hasil penelitian terlihat bahwa jumlah sel kombucha teh hijau lebih tinggi daripada kombucha teh hitam. Hal ini disebabkan padatan terlarut dalam teh hijau lebih banyak daripada teh hitam. Seduhan teh hijau mengandung zat-zat padat terlarut, seperti gula, asam-asam amino, dan kafein. Zat-zat padat terlarut pada teh hijau tersebut dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi dan energi, sehingga semakin lama waktu fermentasi maka jumlah sel mikrobia pada teh hijau lebih banyak.

Menurut Sardjono et al. (1992), beberapa substrat tertentu, seperti senyawa alkohol, fenol, dan hidrokarbon, apabila jumlahnya berlebihan atau meningkat dapat menghambat pertumbuhan mikrobial. Terlihat jelas bahwa dalam penelitian ini digunakan larutan teh. Penurunan jumlah sel mikrobial dapat disebabkan oleh kadar alkohol pada media. Selain itu, polifenol merupakan senyawa antimikrobial (Rose 1987), sehingga pada jumlah tertentu bersifat toksik.

Rendahnya jumlah sel pada kombucha teh hitam disebabkan karena proses fermentasi pada pengolahan teh mempengaruhi rasa teh. Hasil oksidasi polifenol pertama adalah senyawa orthoquinon yang berwarna kekuningan dengan rasa yang sangat pahit. Ortho bersifat tidak stabil dan akan berubah menjadi theaflavin. Selanjutnya, theaflavin akan berubah menjadi polimer yang lebih kompleks yaitu thearubigin. Teh hitam mengandung senyawa theaflavin dan thearubigin. Kedua senyawa inilah yang menyebabkan teh hitam terasa pahit dan kondisi tersebut kurang sesuai untuk pertumbuhan mikrobial.

Kadar asam asetat

Pembentukan asam asetat dari alkohol oleh bakteri asam asetat berlangsung melalui dua tahap oksidasi. Crueger dan Crueger (1989) menyebutkan bahwa oksidasi tahap pertama mengubah alkohol menjadi asetaldehid oleh enzim NAD atau NADP-alkohol dehidrogenase. Asetaldehid dan air dapat membentuk keseimbangan reaksi dengan senyawa asetaldehid terhidrasi. Selanjutnya, oksidasi tahap kedua mengubah senyawa antara yaitu asetaldehid terhidrasi membentuk asam asetat. Oksidasi tahap kedua ini melibatkan enzim asetaldehid dehidrogenase. Selama oksidasi tersebut, 1 mol asam asetat dihasilkan dari 1 mol etanol, dan 6 ATP dihasilkan dari 1 mol asam asetat yang terbentuk. Oksidasi etanol menjadi asam asetat oleh bakteri asam asetat (*A. xylinum*) dilakukan secara aerob, dan dinamakan proses asetatifikasi.

Bakteri *A. xylinum* memiliki ciri-ciri morfologi antara lain: gram negatif, obligat aerob, berbentuk batang, membentuk kapsul, nonmotil, dan tidak membentuk spora. Obligat aerob artinya bakteri tersebut hanya tumbuh apabila tersedia oksigen. Pada penelitian ini, fermentasi asam asetat dilakukan dengan metode lambat, yaitu dengan cara mendiamkan cairan alkohol selama fermentasi. Bakteri asam asetat membentuk film pada lapisan permukaan, sekali film tersebut terbentuk dan tidak diganggu maka proses asetatifikasi berjalan cepat. Pembentukan asam asetat selama fermentasi pada teh kombucha hitam dan teh kombucha hijau ditampilkan pada Gambar 3.

Gambar 3 memperlihatkan bahwa semakin lama fermentasi berlangsung maka kadar asam semakin meningkat. Peningkatan total asam pada media terjadi karena terbentuknya senyawa-senyawa asam organik, terutama asam asetat. Total asam pada teh kombucha menentukan cita rasa teh kombucha sekaligus merupakan salah satu penentu mutu produk. Teh kombucha di Indonesia memiliki total asam berkisar antara 1-2% (Sugianto 1972). Bakteri *A. xylinum* mampu mengoksidasi etanol menjadi asam asetat.

Peningkatan total asam ditandai dengan penurunan pH. Semakin tinggi kadar asam, nilai pH semakin menurun. Kadar total asam pada teh hijau adalah dari 0,602% menjadi 1,151% pada hari ke-0 sampai hari ke-5, sedangkan untuk teh hitam yaitu dari 0,620% menjadi 1,160% pada hari ke-0 sampai hari ke-6. Konsentrasi asam asetat dalam kombucha hanya meningkat sampai batas tertentu lalu mengalami penurunan. Menurut Wood dan Lass (1985), kadar asam asetat mencapai puncak setelah 5,6 hari kemudian menurun. Penurunan laju pembentukan asam asetat disebabkan oleh laju pembentukan produk yang semakin tinggi, sehingga produk yang dihasilkan dapat menghambat reaksi penguraian substrat menjadi produk.

Kadar gula yang tinggi akan menghasilkan total asam yang lebih tinggi dibanding kadar gula yang rendah. Hal ini terlihat dari Gambar 3 pada akhir fermentasi, yaitu sebesar 1,059% pada teh hijau dan 0,954% teh hitam. Terbentuknya asam-asam organik terjadi karena oksidasi alkohol oleh bakteri asam asetat dengan bantuan enzim asetaldehid dehidrogenase. Sementara itu, teh hijau pada hari ke-6 dan teh hitam pada hari ke-7, kadar asam asetat turun masing-masing menjadi 1,126% dan 1,072%. Hal ini disebabkan karena persediaan gula semakin berkurang, sehingga bakteri asam asetat mengoksidasi asam asetat dalam memperoleh energi untuk pertumbuhan.

Jenis teh yang dihasilkan dengan cara pengolahan yang berbeda akan berpengaruh pada kadar asam asetat. Pada akhir fermentasi, kombucha teh hitam memiliki kadar asam asetat lebih kecil daripada kombucha teh hijau, karena teh hitam mengalami proses fermentasi yang sempurna. Proses fermentasi pada pengolahan teh tersebut menyebabkan senyawa polifenol dan berbagai komponen senyawa lainnya di dalam teh (polisakarida, pati, protein) menjadi teroksidasi. Proses pengolahan teh hijau tidak dilakukan melalui tahap fermentasi, karena fermentasi dapat menyebabkan hilangnya komponen-komponen yang berguna bagi kesehatan (Nazaruddin dan Paimin 1993), sehingga dimungkinkan masih banyak zat-zat (karbohidrat, protein, dan kelompok fenol seperti katekin) yang terkandung di dalam teh hijau. Sebagaimana dikemukakan Harler (1963) bahwa selama proses pelayuan teh hijau pada suhu tinggi menyebabkan enzim-enzim berada dalam kondisi inaktif, berkurangnya kandungan pati dan gum, disertai dengan naiknya kandungan gula (glukosa). Kandungan gula yang tinggi tersebut menjadikan kadar gula reduksi juga menghasilkan nilai tertinggi, sehingga diduga kadar asam tertinggi terdapat pada teh yang tidak mengalami proses fermentasi.

Meskipun pada teh hitam juga dilakukan proses pelayuan, tetapi pelayuan tersebut hanya dilakukan dengan cara mengembuskan udara panas (<30°C) ke pucuk daun, sehingga proses perubahan kimiawi dalam daun tidak terganggu. Menurut Fulder (2004), proses fermentasi menyebabkan teh menjadi pahit karena senyawa polifenol berubah menjadi theaflavin dan thearubigin, dan diduga senyawa tersebut dapat menghambat aktivitas mikrobial. Padahal, pengolahan teh hijau tidak melalui proses fermentasi, sehingga diduga bakteri lebih sesuai hidup dalam kombucha teh hijau. Oleh karena itu, pada akhir

proses fermentasi, kombucha teh hijau mempunyai kadar asam lebih tinggi daripada kombucha teh hitam.

Pembentukan selulosa (nata) pada permukaan media menunjukkan adanya aktivitas bakteri asam asetat. Bakteri asam asetat selain dapat merombak alkohol menjadi asam asetat, juga mampu membentuk selulosa dari glukosa yang terdapat pada media. *Acetobacter xylinum* akan mengubah glukosa menjadi prekursor pada membran sel yang kemudian disekresikan ke bagian luar sel menjadi selulosa (Mulyani 2003). Bakteri *A. xylinum* apabila ditumbuhkan pada media yang mengandung gula akan mengubah 19% gula yang tersedia menjadi selulosa (Thiman dan Kenneth 1955). Bakteri *A. xylinum* membentuk asam dari glukosa, etil alkohol, propil alkohol, dan glikol, serta mengoksidasi asam asetat menjadi senyawa CO_2 dan H_2O . Sifat spesifik dari bakteri tersebut adalah kemampuannya untuk membentuk selaput tebal pada permukaan cairan yang merupakan komponen selulosa (Lapaz et al. 1967).

Pada awal pembentukan, selulosa akan dihasilkan pertama kali dalam medium dalam bentuk tidak berstruktur, sebagai material yang dilepaskan oleh sel dan terdiri dari molekul-molekul yang terdistribusi secara acak. Kondisi ini menunjukkan selulosa kemungkinan tidak dibentuk secara utuh oleh bakteri, tetapi terbentuk kemudian di dalam larutan (Gunsalus dan Stainer 1962). Serabut selulosa yang disekresikan akan membentuk jaringan yang lepas menutupi sel yang secara bertahap menutupi permukaan cairan medium fermentasi. Konsentrasi gula yang semakin tinggi pada medium fermentasi menyebabkan kelarutan oksigen semakin rendah, sedangkan bakteri membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya yang mengakibatkan menurunnya aktivitas metabolisme bakteri untuk pertumbuhannya, dan hal ini dapat menyebabkan menurunnya aktivitas pembentukan selulosa.

Nilai pH (potensiil hidroksida)

Dalam fermentasi, kontrol pH penting dilakukan karena pH yang optimum harus dipertahankan selama fermentasi. Perubahan pH dapat terjadi selama fermentasi. Nilai pH teh kombucha selama fermentasi ditampilkan pada Gambar 4.

Perubahan pH dapat terjadi karena ion H^+ dilepaskan selama konsumsi NH_4^+ dan dikonsumsi selama metabolisme NO_3^- dan penggunaan asam amino sebagai sumber karbon. Perubahan pH selama fermentasi dipengaruhi oleh substrat gula menjadi produk alkohol dan asam asetat. Semakin tinggi penurunan asam maka nilai pH semakin rendah. Asam asetat yang terbentuk merupakan hasil metabolisme bakteri pembentuk asam asetat, sehingga akan menurunkan pH media. Nilai pH pada kombucha teh hitam berkisar antara 3-4 dan kombucha teh hijau 3-5. Nilai pH awal teh hijau lebih tinggi dibanding kombucha teh hitam.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa hasil analisis terhadap nilai pH teh kombucha cenderung menurun selama fermentasi berlangsung. Hal ini berkaitan dengan kadar asam asetat teh yang cenderung meningkat. Namun, terlihat bahwa pada fermentasi hari ke-6 dengan turunnya kadar asam asetat, nilai pH-nya tetap menurun. Hal ini disebabkan karena teh mengandung protein. Dalam 100 g

teh hijau mengandung protein sebesar 24 g, sedangkan pada teh hitam sebesar 19,4 g. Perubahan komponen protein oleh enzim protease diubah menjadi senyawa protein dengan berat molekul yang lebih kecil, yaitu asam-asam amino. Asam amino adalah senyawa organik yang memiliki gugus fungsional karboksil ($-\text{COOH}$) dan amina ($-\text{NH}_2$). Gugus karboksil memberikan sifat asam.

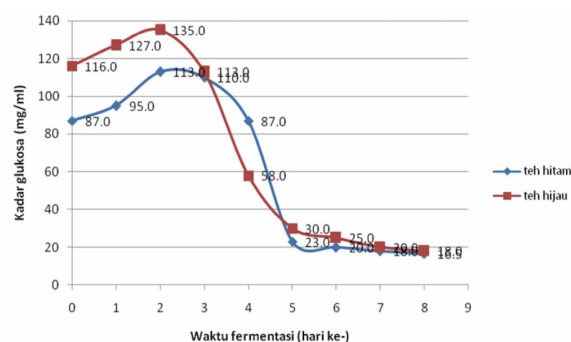
Jenis teh berpengaruh terhadap pH teh kombucha. Hal ini disebabkan karena perbedaan jumlah senyawa polifenol dan katekin pada teh yang menyebabkan rasa pahit dan sepat, sehingga mempengaruhi aktivitas mikrobia dan khamir dalam menguraikan sukrosa menjadi monosakarida yang nantinya akan diubah menjadi etanol dan karbon dioksida. Etanol tersebut dioksidasi membentuk asam.

Katekin merupakan senyawa kompleks turunan dari polifenol, yang mampu mengendapkan protein dari larutan serta dapat membentuk kompleks dengan polisakarida, asan nukleat, dan alkaloid (Shahidi dan Nacz 1995). Karakteristik katekin pada umumnya berbentuk kristal, menyebabkan rasa sepat dan segar, serta mudah larut dalam air panas dan alkohol. Perubahan pH tersebut terjadi karena adanya aktivitas enzim amilolitik yang dihasilkan oleh khamir selama fermentasi sehingga mengakibatkan nilai keasaman meningkat. Sebagaimana dikemukakan oleh bahwa asam merupakan substansi yang menyumbang ion hidrogen, sedangkan basa merupakan substansi yang menyumbang ion hidroksida. Hal ini berarti bahwa semakin tinggi kandungan asam maka semakin rendah angka derajat keasamannya.

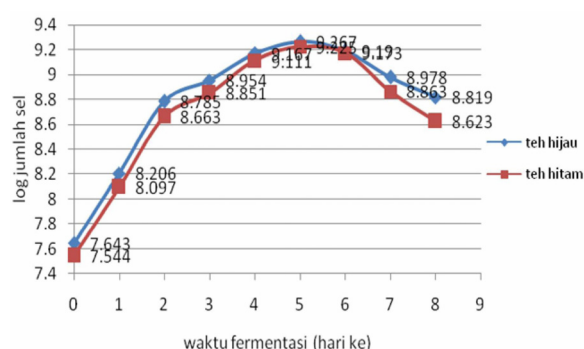
Kinetika fermentasi

Fermentasi adalah perubahan zat gula menjadi alkohol, CO_2 , energi, dan zat-zat lainnya terutama zat organoleptik yang menimbulkan aroma dan rasa yang khas. Teh kombucha merupakan produk fermentasi oleh khamir dan bakteri asam asetat pada media yang mengandung gula dan difermentasi selama 8-12 hari (Naland 2003). Pada penelitian ini, terjadi dua proses fermentasi, yaitu fermentasi alkohol dan fermentasi asam asetat. Khamir yang terlibat dalam fermentasi kombucha ini adalah *S. cereviceae*, sedangkan bakteri asam asetat yang terlibat adalah *A. xylinum*. Khamir berperan merombak gula menjadi alkohol, sedangkan bakteri asam asetat mengoksidasi alkohol menjadi asam asetat.

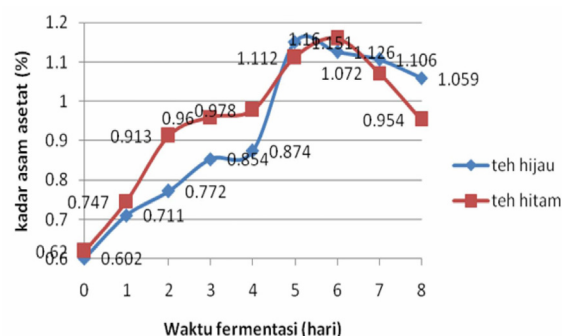
Menurut Desrosier (1969), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi fermentasi, yaitu pH, suhu, dan substrat. Pada penelitian ini, nilai pH antara 3-5 merupakan pH yang optimal untuk pertumbuhan *yeast*. Suhu yang digunakan pada penelitian ini (30°C) merupakan suhu yang optimal untuk mikrobia mesofilik ($20-30^\circ\text{C}$). Sementara itu, substrat yang digunakan adalah sukrosa, yang nantinya akan dihidrolisis oleh enzim invertase menjadi glukosa dan fruktosa. Hasil analisis kadar sel, kadar asam asetat, kadar glukosa, dan pH pada kombucha teh hitam (Gambar 5) dan kombucha teh hijau ditampilkan pada Gambar 6.



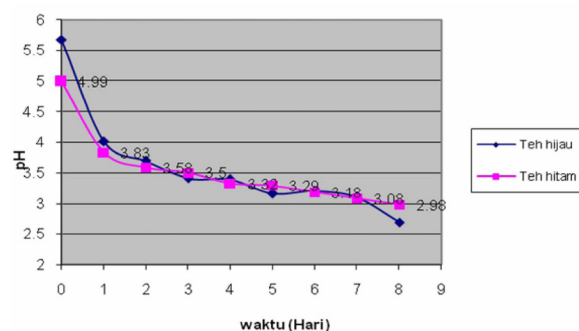
Gambar 1. Kadar gula reduksi teh kombucha selama fermentasi



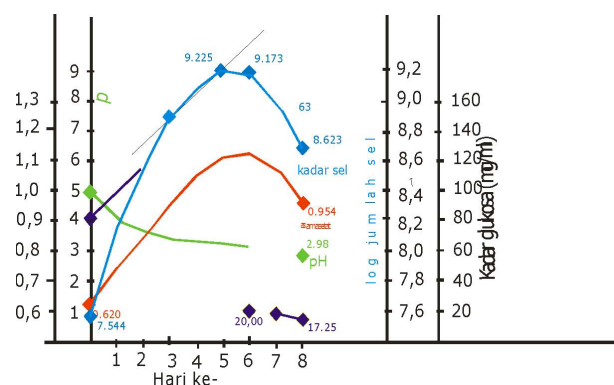
Gambar 2. Kurva kadar sel mikrobial pada teh kombucha selama fermentasi



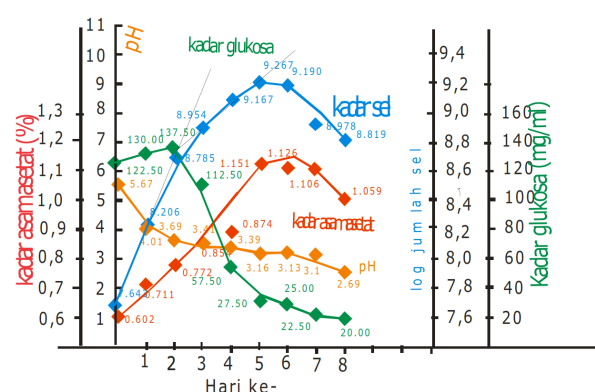
Gambar 3. Kurva kadar asam asetat pada teh kombucha selama fermentasi



Gambar 4. Nilai pH pada teh kombucha selama fermentasi



Gambar 5. Kadar sel, kadar gula reduksi, kadar asam asetat, dan nilai pH selama fermentasi pada kombucha teh hitam



Gambar 6. Hasil analisa kadar sel (cfu/ml), kadar asam asetat (%), kadar gula reduksi (mg/ml), dan pH kombucha teh hijau

Berdasarkan produk dan pertumbuhan sel, fermentasi kombucha ini termasuk tipe pertumbuhan *associated*, yaitu suatu proses dengan pertumbuhan sel dan pembentukan produk berjalan seiring (Gambar 5-6). Mikroorganisme tumbuh dalam spektrum yang luas dalam lingkungan fisik maupun kimia. Pertumbuhan dan aktivitas fisiologis lainnya ternyata merupakan respons lingkungan fisiologis sekitarnya. Kinetika fermentasi menggambarkan pertumbuhan dan pembentukan produk oleh mikroorganisme, tidak hanya sel-sel yang aktif, tetapi juga sel yang istirahat, bahkan juga sel-sel yang mati, karena banyak produk komersial yang dihasilkan setelah berhentinya pertumbuhan. Dari Gambar 5-6 dilakukan penentuan parameter-parameter kinetika fermentasi, antara lain kecepatan pertumbuhan spesifik (μ) dalam suasana aerob dan anaerob, hasil pertumbuhan (*growth yield constant*), Y_x/s , pembentukan produk (*product yield constant*), Y_p/s , efisiensi produksi asam asetat terhadap glukosa, waktu penggandaan (*doubling time*), dan banyaknya penggandaan (N).

Kecepatan pertumbuhan spesifik yaitu kecepatan pertumbuhan per satuan jumlah biomassa ($1/x$) (dx/dt) dan mempunyai satuan yang berupa kebalikan dari satuan waktu ($1/t$) (Wibowo 1990). Tahap fermentasi dibagi menjadi dua tahap yaitu fermentasi aerob dan anaerob. Selama fermentasi aerob berlangsung, gula akan diubah

menjadi CO_2 , H_2O , dan energi. Proses fermentasi aerob sering juga disebut sebagai masa pertumbuhan *yeast*. Setelah masa pertumbuhan *yeast* berakhir, ditandai dengan habisnya oksigen, maka proses fermentasi anaerob dimulai. Pada tahap ini, *yeast* mampu mengubah gula menjadi alkohol, CO_2 , dan energi. Dalam fermentasi ini, ternyata suasana aerob berlangsung selama kira-kira 2 hari (dapat dilihat dari data kadar sel yang digambarkan sebagai hubungan $\ln$ (kadar sel) dan waktu, seperti pada Gambar 5-6 menunjukkan kecepatan pertumbuhan yang tinggi. Selanjutnya, kecepatan pertumbuhan menurun yang ditunjukkan oleh penggal garis B, sampai akhirnya dicapai fase stasioner pada hari ke-5. Hal ini terlihat pada Gambar 5-6, baik pada kombucha teh hijau maupun kombucha teh hitam.

Berdasarkan pada laju pertumbuhan, pertumbuhan mikrobial dapat dibagi menjadi 4 fase, yaitu fase pertumbuhan lambat (*lag phase*), fase pertumbuhan eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian. Pada Gambar 5-6 tampak bahwa tidak terdapat fase lag atau fase adaptasi, tetapi langsung masuk ke fase logaritmik, pada tersebut ditunjukkan oleh garis A. Fase log adalah periode pertumbuhan seimbang atau status mantap dengan laju pertumbuhan spesifik konstan (Jodoamidjojo et al. 1992). Fase log ini muncul sebagai garis lurus.

Pada fermentasi ini, laju pertumbuhan khamir lebih dominan karena kondisi fermentasinya lebih mendukung dibanding laju pertumbuhan bakteri yang lambat. Dari Tabel 5, kombucha teh hitam dengan kadar awal sel $3,5 \times 10^7$ cfu/ml, dan setelah 2 hari, kadar sel naik menjadi $4,60 \times 10^8$ cfu/ml, maka diperoleh kecepatan pertumbuhan spesifik sebesar 0,054/jam, sedangkan pada suasana anaerob berlangsung mulai hari ke-3 sampai hari ke-5. Fase logaritmik dalam suasana anaerob ini digambarkan oleh penggal garis lurus B yang merupakan garis pendekatan yang paling mungkin. Dari data pembentukan sel mikrobial dapat diperoleh kecepatan pertumbuhan spesifik yaitu sebesar 0,018/jam.

Pada kombucha teh hijau (Gambar 6) dapat dilihat bahwa suasana aerob juga terjadi selama 2 hari dengan kadar awal sel $4,4 \times 10^7$ cfu/ml dan setelah 2 hari naik menjadi $6,10 \times 10^8$ cfu/ml, sehingga diperoleh kecepatan pertumbuhan spesifik sebesar 0,055/jam, sedangkan dalam suasana anaerob sebesar 0,015/jam. Kecepatan pertumbuhan spesifik aerob lebih tinggi pada kombucha teh hijau, sedangkan kecepatan pertumbuhan spesifik anaerob lebih tinggi pada kombucha teh hitam.

Hal ini menunjukkan bahwa sel lebih cepat tumbuh dalam suasana aerob pada kombucha teh hijau, dan suasana anaerob pada kombucha teh hitam. Dengan uji *t-test*, kecepatan pertumbuhan spesifik anaerob berbeda nyata. Hal ini dikarenakan seduhan teh hijau mengandung kadar gula reduksi yang lebih tinggi, sehingga kecepatan pertumbuhan spesifik juga lebih tinggi. Gula reduksi digunakan sebagai substrat untuk pertumbuhan sel mikrobial.

Pertumbuhan dan pembentukan hasil (*growth yield*) adalah proses biokonversi bahan-bahan kimia nutrisi dalam fermentasi menjadi massa sel dan/atau produk metabolik (Jodoamidjojo 1992). Hal ini dinyatakan dengan

$Y_{x/s}$ dan $Y_{p/s}$. Pola pertumbuhan kedua mikroorganisme (*yeast* dan bakteri asam asetat) dalam fermentasi kombucha menunjukkan adanya simbiosis, terutama dalam hal penyediaan nutrisi dan kondisi substrat bagi masing-masing mikroorganisme. Sel-sel khamir menghasilkan alkohol dan beberapa asam organik sebagai substrat dan prekursor bagi aktivitas sel-sel bakteri.

Dalam fermentasi ini, $Y_{x/s}$ sebesar $2,425 \times 10^7$ cfu/mg dan $Y_{p/s}$ sebesar 0,081 untuk kombucha teh hitam, sedangkan kombucha teh hijau $Y_{x/s}$ sebesar $1,901 \times 10^7$ cfu/mg dan $Y_{p/s}$ sebesar 0,064. $Y_{x/s}$ menyatakan banyaknya substrat yang digunakan untuk pertumbuhan sel, sedangkan $Y_{p/s}$ menyatakan banyaknya substrat yang digunakan untuk pembentukan asam asetat. Oleh karena tanpa adanya sel tidak akan terjadi pembentukan hasil maka pembentukan hasil dan pertumbuhan ditentukan oleh pemanfaatan nutrisi. Semua organisme memerlukan nutrisi dasar sebagai sumber karbon, nitrogen, energi, dan faktor esensial pertumbuhan (mineral dan vitamin) untuk menopang pertumbuhannya. Fermentasi kombucha ini menggunakan glukosa sebagai substrat dan sumber karbon.

Pembentukan produk dan pertumbuhan sel pada kombucha teh hitam lebih tinggi daripada kombucha teh hijau. Hal ini menunjukkan bahwa substrat pada kombucha teh hitam lebih efisien untuk pembentukan produk dan pertumbuhan sel dibanding pada kombucha teh hijau. Dengan uji *t-test*, pertumbuhan sel dan pembentukan produk antara kedua jenis teh tersebut tidak berbeda nyata. Hal tersebut disebabkan karena zat padat terlarut pada teh hijau dan teh hitam masing-masing sebesar 37,41% dan 36,23%. Jumlah zat padat terlarut digunakan sebagai nutrisi dan sumber energi untuk pertumbuhan sel dan pembentukan produk. Jumlah zat padat terlarut antara kedua jenis teh tidak berbeda jauh, sehingga pertumbuhan sel dan pembentukan produknya tidak berbeda nyata.

Efisiensi produksi asam asetat terhadap gula reduksi yaitu perbandingan antara gula reduksi yang diubah menjadi asam asetat dengan gula reduksi mula-mula selama 8 hari fermentasi. Efisiensi produksi asam asetat terhadap gula reduksi pada kombucha teh hijau dan teh hitam masing-masing sebesar 11,814% dan 11,510%. Hal ini menunjukkan bahwa gula reduksi yang digunakan untuk pembentukan asam asetat pada kombucha teh hijau lebih efisien daripada kombucha teh hitam. Dengan uji *t-test*, efisiensi produksi asam asetat terhadap kadar gula reduksi antara kedua jenis teh tidak berbeda nyata. Hal ini disebabkan asam asetat yang terbentuk dari kedua jenis teh kombucha tersebut tidak berbeda secara signifikan. Asam asetat yang terbentuk pada akhir fermentasi pada kombucha teh hijau sebesar 1,059% dan pada kombucha teh hitam sebesar 0,954%. Rendahnya efisiensi produksi asam asetat terhadap gula reduksi pada kedua jenis kombucha tersebut disebabkan karena gula reduksi tidak hanya digunakan untuk pembentukan asam asetat, tetapi juga untuk pembentukan alkohol, pertumbuhan sel, dan pembentukan selulosa.

Waktu generasi (td) adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu kultur untuk memperbanyak jumlah sel, massa sel, atau komponen sel sebanyak dua kali lipat, misalnya dari satu sel menjadi dua sel. Pada penelitian ini, waktu

generasi dalam suasana aerob pada kombucha teh hitam lebih tinggi daripada teh hijau, masing-masing yaitu 12,8 jam dan 12,6 jam. Sementara itu pada suasana anaerob, waktu generasi kombucha teh hijau lebih tinggi daripada teh hitam, masing-masing yaitu 46,2 jam dan 38,5 jam. Hal ini menunjukkan waktu penggandaan sel pada suasana aerob pada kombucha teh hitam lebih tinggi daripada kombucha teh hijau, sebaliknya pada suasana anaerob. Dengan uji *t-test*, waktu generasi anaerob antara kedua teh tersebut berbeda nyata. Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan pertumbuhan spesifik pada jenis teh kombucha. Semakin tinggi kecepatan pertumbuhan spesifik maka waktu penggandaan menjadi lebih singkat.

Selama 8 hari fermentasi, sel melakukan penggandaan yang dapat dinyatakan dengan N (banyaknya penggandaan dari suatu biomassa). Pada penelitian ini, banyaknya penggandaan sel pada kombucha teh hitam dan teh hijau masing-masing adalah 3,583 dan 3,875. Dengan uji *t-test*, banyak penggandaan kedua teh tersebut berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa sel pada kombucha teh hijau lebih cepat memperbanyak diri, disebabkan karena kadar gula reduksi lebih tinggi. Semakin tinggi kadar gula reduksi maka semakin banyak nutrisi atau energi untuk penggandaan sel.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Perilaku kinetika fermentasi pada kombucha teh hijau antara lain kecepatan pertumbuhan spesifik (μ) aerob dan anaerob masing-masing yaitu 0,055/jam dan 0,015/jam, *Growth Yield Constant* ($Y_{x/s}$) dan *Product Yield Constant* ($Y_{p/s}$) masing-masing sebesar $1,901 \times 10^7$ cfu/mg dan 0,064, waktu penggandaan (td) aerob dan anaerob masing-masing 12,6 jam dan 46,2 jam, derajat multiplikasi 3,875 kali, dan efisiensi pembentukan asam asetat terhadap gula reduksi sebesar 11,814%. Sementara itu, perilaku kinetika fermentasi pada kombucha teh hitam antara lain kecepatan pertumbuhan spesifik (μ) aerob dan anaerob masing-masing yaitu 0,054/jam dan 0,018/jam, *Growth Yield Constant* ($Y_{x/s}$) dan *Product Yield Constant* ($Y_{p/s}$) masing-masing sebesar $2,425 \times 10^7$ cfu/mg dan 0,081, waktu penggandaan (td) aerob dan anaerob masing-masing yaitu 12,8 jam dan 38,5 jam, derajat multiplikasi 3,583 kali, dan efisiensi pembentukan asam asetat terhadap gula reduksi sebesar 11,510%. Kecepatan pertumbuhan spesifik anaerob, waktu generasi anaerob, dan banyaknya penggandaan antara kombucha teh hijau dan kombucha teh hitam berbeda nyata, sedangkan pertumbuhan sel, pembentukan produk, dan efisiensi produksi asam asetat terhadap gula reduksi tidak berbeda nyata. Kombucha teh

hitam memiliki kecepatan pertumbuhan spesifik anaerob yang tinggi, pertumbuhan sel dan pembentukan produk tinggi, dan waktu generasi anaerob rendah, sehingga dalam pembuatan teh kombucha lebih efektif digunakan teh hitam.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyantono. 1988. Analisis pangan. IPB Press, Bogor.
- Crueger W, Crueger A. 1989. Organic acids in biotechnology. A Text Book of Industrial Microbiology Science Technology. Madison Inc., USA.
- Desrosier NW. 1969. Teknologi pengawetan pangan. Penerjemah: Mulijohardjo M. Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- Fulder S. 2004. Khasiat teh hijau. Penerjemah: Wilujeng TR. Prestasi Pustaka Publisher, Jakarta.
- Gunzalus IC, Stainer RY. 1962. The bacteria, A treatise on structure and function. Academic Press Inc., New York and London.
- Harler CR. 1964. Tea manufacture. Oxford University Press, London.
- Hartoyo A. 2003. Teh dan khasiatnya bagi kesehatan. Kanisius, Yogyakarta.
- Jodoamidjojo M, Abdul AD, Endang GS. 1992. Teknologi fermentasi. Rajawali Pers, Jakarta.
- Lapaz MM, Galorda EG, Pale MA. 1967. The nata organism-cultural requirement, characteristic, and identity. The Philipp J Sci 96: 91-109.
- Mulyani TP. 2003. Pengaruh Waktu Inkubasi pada Fermentasi Cairan Kopi dengan Inokulum "Kultur Kombucha" terhadap Kadar Gula Reduksi, Daya Antibiotik dan Pembentukan Asam. [Skripsi]. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Naland H. 2003. Kombucha teh ajaib pencegah dan penyembuh aneka penyakit. PT Agromedia, Jakarta.
- Nazaruddin, Paimin. 1993. Teh, Pembudidayaan dan pengolahan. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Paimin FR. 2001. Jamur dipo harus tepat dosis. Trubus, Jakarta.
- Rahayu ES, Kuswanto KR. 1987. Teknologi pengolahan minuman beralkohol. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ranggana S. 1997. Manual of analysis of fruit and vegetables product. Tata McGraw Publishing Company Limited, New Delhi.
- Roberts EA, Smith RF. 1961. Spectrophotometric measurement of theaflavin and thearubigins in black tea liquor in assessment of quality in tea. Analyst 86: 94-98.
- Rose AH. 1987. Teh yeast. In: Anthony H, Rose (eds). Academic Press, Toronto.
- Sarjono, Rahayu K, Sudarmadji S. 1992. Growth and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in mixed culture with *Aspergillus oryzae*. ASEAN Food J 7: 30-33.
- Setiawati I, Nasikun. 1991. Teh, kajian sosial dan ekonomi. Aditya Media, Yogyakarta.
- Shahidi F, Nacz M. 1995. Food phenolics: Sources, chemistry, effects and applications. Technomic Publishing Company Inc., Lancaster.
- Sugianto S. 1972. Tea cider dan cara pembuatannya. Menara Perkebunan 40. IPB, Bogor.
- Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi. 1984. Prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian. Liberty, Yogyakarta.
- Thimann, Kenneth V. 1955. The life of bacteria. The Macmillan Company, New York.
- Wibowo D. 1990. Teknologi fermentasi. PAU Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta.
- Wood GRA, Lass RA. 1985. Cocoa. 4th edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Zhang A, Chan PT, Luk YS et al. 1997. Inhibitory effect of jasmine green tea epicatechin isomers on LDL-oxidation. Nut Biochem 8: 334-340.

PEDOMAN UNTUK PENULIS

Format penulisan pada nomor ini merupakan acuan utama bagi para penulis, adapun pedoman ini hanya merupakan ringkasannya. Setiap naskah harus disertai surat pengantar yang menyatakan bahwa tulisan merupakan hasil karya penulis atau para penulis dan belum pernah dipublikasikan. Penulis diminta mengirimkan dua kopi naskah dan satu disket ukuran 3½", kecuali naskah yang dikirim melalui e-mail. Pada koreksi terakhir kembali diminta satu disket untuk pencetakan.

Tulisan diketik pada satu sisi kertas putih, ukuran A4 (210x297 mm²), dalam satu kolom, menggunakan spasi ganda, jenis huruf *Times New Roman*, ukuran 12 point, dengan jarak tepi 2 cm di semua sisi. Program pengolah kata atau jenis huruf tambahan dapat digunakan, namun harus *PC compatible* dan berbasis *Microsoft Word*. **Nama ilmiah** (genus, spesies, author), dan kultivar atau strain disebutkan secara lengkap pada penyebutan pertama kali. Nama genus dapat disingkat setelahnya penyebutan yang pertama, kecuali menimbulkan kerancuan. Nama author dapat dihilangkan setelah penyebutan pertama. Misalnya pertama kali ditulis *Rhizopus oryzae* L. UICC 524, selanjutnya ditulis *R. oryzae* UICC 524. Nama daerah dapat dicantumkan apabila tidak menimbulkan makna ganda. Penyebutan nama ilmiah secara lengkap dapat diulang pada bagian Bahan dan Metode. **Tata nama kimia dan biokimia** mengikuti aturan IUPAC-IUB. Simbol-simbol kimia standar dan penyingkatan untuk nama kimia dapat dilakukan apabila jelas dan umum digunakan, misalnya pertama kali ditulis lengkap butirat hidrositoluen (BHT) selanjutnya ditulis BHT. **Ukuran metrik** menggunakan satuan SI, penggunaan satuan lain harus diikuti nilai ekuivalen dengan satuan SI pada penyebutan pertama. Penyingkatan satuan, seperti g, mg, ml, dan sebagainya tidak diikuti titik. Indeks minus (m⁻², l⁻¹, h⁻¹) disarankan untuk digunakan, kecuali dalam hal-hal seperti "per-tanaman" atau "per-plot". **Persamaan matematika** tidak selalu dapat dituliskan dalam satu kolom dengan teks, untuk itu dapat ditulis secara terpisah. **Angka** satu hingga sepuluh dinyatakan dengan kata-kata, kecuali apabila berhubungan dengan pengukuran, sedangkan nilai di atasnya dituliskan dalam angka, kecuali di awal kalimat. Pecahan sebaiknya dinyatakan dalam desimal. Dalam teks digunakan "%" bukannya "persen". Pengungkapan ide dengan kalimat yang rumit dan bertele-tele perlu dihindari, sebaiknya digunakan kalimat yang efektif dan efisien. Naskah hasil penelitian diharapkan tidak lebih dari 25 halaman (termasuk gambar dan tabel), naskah telaah pustaka menyesuaikan, masing-masing halaman berisi 700-800 kata, atau sebanding dengan naskah dalam nomor penerbitan ini.

Judul ditulis secara padat, jelas, dan informatif, maksimum 20 kata. Judul ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris untuk naskah dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris saja untuk naskah dalam bahasa Inggris. Naskah yang terlalu panjang dapat dibuat berseri, tetapi naskah demikian jarang diterbitkan jurnal ini. **Judul pelari** (*running title*) sekitar 5 kata. **Nama penulis** atau para penulis pada naskah kelompok ditulis secara lengkap dan tidak disingkat. **Nama dan alamat institusi** ditulis lengkap dengan nama dan nomor jalan (lokasi), kode pos, nomor telepon, nomor faksimili, alamat e-mail dan website. Pada naskah kelompok perlu ditunjukkan penulis untuk korespondensi beserta alamat dengan urutan seperti di atas. **Abstract** sebaiknya tidak lebih dari 200 kata, ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris untuk naskah dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris saja untuk naskah dalam bahasa Inggris. **Kata kunci** (*Keywords*) sekitar 5 kata, meliputi nama ilmiah dan daerah (apabila ada), topik penelitian, dan metode-metode khusus yang digunakan.

Pendahuluan (*Introduction*) sekitar 400-600 kata, meliputi latar belakang, tinjauan pustaka, dan tujuan penelitian. **Bahan dan Metode** (*Materials and Methods*) sebaiknya ditekankan pada cara kerja dan cara analisis data. **Hasil dan Pembahasan** (*Results and Discussion*) ditulis sebagai satu rangkaian, pada tulisan yang cukup panjang sebaiknya dibuat beberapa sub judul. Pembahasan merupakan jawaban pertanyaan *mengapa* dan *bagaimana* hasil penelitian dapat terjadi, bukan sekedar mengungkapkan kembali hasil penelitian dalam bentuk kalimat. Pembahasan yang lengkap dan menyeluruh lebih disukai dari pada pembahasan yang tidak tuntas. Naskah telaah pustaka tanpa sub judul Bahan dan Metode, serta Hasil dan Pembahasan. **Kesimpulan** (*Conclusion*) sebaiknya tetap diberikan, meskipun biasanya sudah terungkap pada Hasil dan Pembahasan. **Ucapan terima kasih** (*Acknowledgments*) apabila diperlukan ditulis secara singkat. **Gambar dan Tabel** maksimum 3 halaman, dapat dibuat dengan tinta cina atau printer laser. Judul gambar ditulis di bawah gambar, sedangkan judul tabel ditulis di atas tabel. Foto dicetak pada kertas *glossy* dan diberi keterangan. Gambar berwarna dapat diterima apabila informasi ilmiah dalam naskah dapat hilang tanpa gambar tersebut. Setiap gambar dan foto

sebaiknya menyertakan file digital. Penulis dianjurkan menyertakan foto atau gambar untuk sampel depan meskipun tidak dimuat dalam naskah sendiri. **Tidak ada lampiran**, semua data atau analisis data dimasukkan dalam Hasil dan Pembahasan.

Pustaka dalam naskah ditulis dalam bentuk nama belakang penulis dan tahun. Pada kalimat yang diacu dari beberapa penulis, nama penulis diurutkan berdasarkan kebaruan pustaka. Pada naskah yang ditulis oleh dua penulis, nama keduanya disebutkan, sedangkan pada naskah yang ditulis oleh tiga penulis atau lebih, hanya nama penulis pertama yang ditulis diikuti et al. atau dkk., misalnya: Sprent dan Sprent (1990) atau (Suranto et al. 1998; Baker and Manwell 1991; Smith 1982a, b). Pada sitasi bertingkat digunakan kata *cit* atau dalam, misalnya (Gyorgy 1991 *cit* Coward 1999) atau Gyorgy (1991, dalam Coward 1999).

Daftar Pustaka diketik dengan spasi ganda. Sitasi mengikuti CBE-ELSE-Vancouver style dengan modifikasi sebagai berikut:

Jurnal:

Suranto S, Gough KH, Shukla DD et al. 1998. Coat protein sequence of Krish-infecting strain of Johnson-grass mosaic potyvirus. Arch Virol 143: 1015-1020.

Buku:

Sprent JI, Sprent P. 1990. Nitrogen fixing organisms: Pure and applied aspects. Chapman and Hall, London.

Bab dalam buku:

Baker CMA, Manwell C. 1991. Population genetics, molecular markers and gene conservation of bovine breeds. In: Hickman CG (ed). Cattle Genetic Resources. Elsevier, Amsterdam.

Abstrak:

Liu Q, Salih S, Ingersoll J et al. 2000. Response of transgenic 'Royal Gala' apple (*Malus x domestica* Borkh.) shoots, containing the modified cecropin MB39 gene to *Erwinia amylovora* [084]. Abstracts of 97th Annual International Conference of the American Society for Horticultural Science. Lake Buena Vista, FL, 23-26 July 2000.

Prosiding:

Alikodra HS. 2000. Keanekaragaman hayati bagi pembangunan daerah otonom. In: Setyawan AD, Sutarno (eds). Menuju Taman Nasional Gunung Lawu, Prosiding Semiloka Nasional Konservasi Biodiversitas untuk Perlindungan dan Penyelamatan Plasma Nutfah di Pulau Jawa. Surakarta, 17-20 Juli 2000.

Skripsi, Tesis, Disertasi:

Purwoko T. 2001. Biotransformasi Isoflavon oleh *Rhizopus oryzae* UICC 524 dan Aktivitas Antioksidan Isoflavon Aglikon dari Tempe terhadap Oksidasi Minyak Kedelai. [Tesis]. Universitas Indonesia, Jakarta.

Informasi dari Internet:

Rosauer D. 1998. Forest disturbance and succession. <http://www.anu.edu.au/Forestry/silviculture/daniel/chapter1/1.1.html>

Naskah publikasi "*in press*" dapat disitasi dan dicantumkan dalam daftar pustaka. "Komunikasi pribadi" dapat disitasi, tetapi tidak dapat dicantumkan dalam daftar pustaka. Penelitian yang tidak dipublikasikan atau sedang dalam tahap pengajuan publikasi tidak dapat disitasi.

Beberapa catatan tambahan. Naskah diketik tanpa tanda hubung (-), kecuali kata ulang. Penggunaan huruf "l" (el) untuk "1" (satu) atau "O" (oh) untuk "0" (nol) perlu dihindari. Simbol α , β , χ , dan lain-lain dimasukkan melalui fasilitas insert, bukan mengubah jenis huruf. Kata-kata dan tanda baca sesudahnya tidak diberi spasi.

Kemajuan Naskah. Pemberitahuan naskah dapat diterima atau ditolak akan diberitahukan sekitar satu bulan setelah pengiriman. Naskah dapat ditolak apabila materi yang dikemukakan tidak sesuai dengan misi jurnal, kualitas materi rendah, format tidak sesuai, gaya bahasa terlalu rumit, terjadi ketidakjujuran keaslian penelitian, dan korespondensi tidak ditanggapi. Penulis atau penulis pertama pada naskah kelompok akan mendapatkan satu eksemplar jurnal yang memuat tulisannya selambat-lambatnya sebulan setelah naskah diterbitkan. Penulis akan kembali mendapatkan satu eksemplar jurnal nomor penerbitan berikutnya.

PENTING: Penulis atau para penulis dalam naskah kelompok masih memegang hak cipta (*copyright*) dan mempertahankan hak penerbitan tanpa pembatasan atas naskah yang diterbitkan **Biofarmasi**. Penulis atau pihak lain diperkenankan memperbanyak naskah dalam jurnal ini selama tidak untuk tujuan komersial. Untuk penemuan baru, penulis disarankan mengurus hak patennya sebelum mempublikasikan dalam jurnal ini.

Kajian kadar asam fitat dan kadar protein selama pembuatan tempe kara benguk (<i>Mucuna pruriens</i>) dengan variasi pengecilan ukuran dan lama fermentasi	1-9
• LAELA NUR ROKHMAH, CHOIRUL ANAM, SRI HANDAJANI, DIAN RACHMAWATI	
Karakterisasi edible film komposit dari glukomanan umbi iles-iles (<i>Amorphophallus muelleri</i>) dan maizena	10-21
• SISWANTI, R. BASKORO KATRI ANANDITO, GODRAS JATI MANUHARA	
Pengaruh pemberian jus tomat (<i>Lycopersicum esculentum</i>) terhadap kadar kolesterol LDL tikus putih	22-30
• MUH. UMAR AL MOKHTAR, DIAN ARININGRUM, KUSTIWINARNI	
Pengaruh penambahan tepung koro glinding (<i>Phaseolus lunatus</i>) terhadap sifat kimia dan organoleptik mi basah dengan bahan baku tepung terigu yang disubstitusi tepung ubi jalar ungu	31-41
• ARI WIDYAS RINI, SRI HANDAJANI, DIAN RACHMAWANTI AFFANDI	
Pengaruh penambahan tepung temulawak (<i>Curcuma xanthorrhiza</i>) dalam ransum terhadap persentase karkas dan lemak abdominal kelinci lokal jantan	42-47
• PRIYO WISMA PRAYOGI, PUDJO MARTATMO, Y.B.P. SUBAGYO	
Kinetika fermentasi pada teh kombucha dengan variasi jenis teh berdasarkan pengolahannya	48-58
• MINANG ARDHENIATI, M.A.M. ANDRIANI, BAMBANG SIGIT AMANTO	

