

PENGARUH WAKTU FERMENTASI TERHADAP SIFAT FUNGSIONAL DAN WARNA TEPUNG ALBUMIN TELUR ITIK

(EFFECT OF FERMENTATION TIME ON THE FUNCTIONAL PROPERTIES AND COLOUR OF DUCK EGG ALBUMIN POWDER)

Dwiyati Pujimulyani*, Sunar Andiwarsana* dan Suprapti**

ABSTRACT

The objective of this experiment was to produce fermented duck egg albumin powder and to evaluate its functional properties and colour, as well.

The fermentation of duck egg albumin at room temperature was done for 0, 6, 12, 18 and 24 hours, terminated with the addition of lactic acid 1 N 0.05% and drying in a cabinet drier at 45°C for 8 hours. The functional properties of duck egg albumin powder characterized were coagulant hardness, foaming capacity foam density.

The results showed that fermented duck egg albumin powder had good functional properties and lighter colour. The 24 hour fermentation of duck egg albumin resulted in good powder with coagulant hardness of 0.04 mm, foaming capacity 355.84%, foam density 0.21 g/ml, colour intensity (OD 420 nm) 0.05, moisture content 7.95% (wb) and ash content 5.66% (db).

Key Words: duck egg albumin, fermentation, functional properties

PENDAHULUAN

Telur sangat rentan terhadap kerusakan fisik maupun kimiawi sehingga perlu dilakukan pengawetan. Pengawetan telur itik yang sering dilakukan oleh masyarakat adalah pengawetan dengan cara pengasinan, pemindangan, pendinginan, penggunaan larutan kapur, pengasapan dan pelapisan kulit telur dengan minyak. Hasil pengawetan yang dilakukan tersebut memiliki kelemahan yaitu diperlukannya tempat penyimpanan yang luas, kurang tahan lama bila disimpan dan belum memenuhi keinginan setiap konsumen karena penggunaannya terbatas untuk lauk pauk serta tidak dapat dimanfaatkan untuk pengolahan pangan yang lain seperti mie telur, campuran adonan roti dan kue.

Di Indonesia dengan suhu lingkungan 28-33°C dan RH antara 70%-80% akan menyebabkan umur telur segar relatif pendek dan telur akan cepat mengalami kerusakan. Selama penyimpanan telur, kandungan CO₂ dan air akan berkurang akibatnya semakin lama telur disimpan semakin ringan bobotnya, ruang udara semakin besar dan telur akan semakin encer (Sri Harimurti, 1992).

Fungsi telur itik selain sebagai bahan lauk pauk juga dapat dimanfaatkan dalam industri kimia maupun dalam pembuatan obat-obat tradisional. Dalam produk makanan, telur berfungsi sebagai penggumpal, penghasil busa,

penstabil emulsi dan penunjang zat-zat gizi (Sri Naruki dan Sri Kanoni, 1982). Pengolahan roti dengan telur itik mempunyai nilai yang sama baiknya dengan telur ayam (Bambang Sri Gandono, 1986).

Peranan telur dalam pengolahan pangan yaitu memiliki beberapa sifat fungsional meliputi daya buih (sifat pengembangan), sifat sebagai pengemulsi dan daya koagulasi. Daya buih menunjukkan kemampuan protein telur untuk membentuk busa/ buih setelah dilakukan pengocokan. Pengocokan telur menyebabkan terpecahnya molekul protein, hal ini akan menyebabkan gelembung udara masuk dan bertahan di dalamnya, sehingga volume putih telur bertambah. Kuning telur, putih telur dan telur utuh sangat baik sebagai pengemulsi (*emulsifying*). Pada beberapa bahan makanan, kuning telur mempunyai kemampuan emulsifier 4 kali lebih efektif daripada putih telur, sedangkan telur utuh mempunyai kemampuan lebih rendah daripada putih telur. Sifat koagulasi menunjukkan kemampuan putih telur untuk menggumpal/ terkoagulasi bila dipanaskan pada suhu tertentu. Menurut Errington and Foegeding (1999) putih telur yang dipanaskan suhu 80°C selama 30 menit akan membentuk koagulan yang tingkat ketegangan (*shear strain*) tidak berubah walaupun suhu dan konsentrasinya dirubah, tetapi tingkat kekerasannya (*shear stress*) berubah jika konsentrasi dan suhu pemanasannya berubah.

Putih telur terdapat di antara kulit telur dan bagian kuning telur. Putih telur mengandung 5 jenis protein yaitu ovalbumin, ovomukoid, ovomucin, ovokonalbumin dan ovoglobulin. Dalam telur itik kandungan karbohidratnya 1,46g/ 100g, sebesar 75%-nya terdapat pada putih telur dalam bentuk bebas sebagai glukosa dan terikat sebagai mannosida dan galaktosa (Romanoff and Romanoff, 1949).

Sifat khas dari protein putih telur adalah mudah membentuk gel (terdenaturasi) dengan perlakuan panas. Menurut Handa *et al* (1999) putih telur yang membentuk gel dengan pH 11,25 menghasilkan gel yang transparan. Denaturasi adalah proses yang mengubah struktur molekul tanpa memutuskan ikatan kovalen. Proses denaturasi yang terjadi pada putih telur biasanya diikuti dengan hilangnya aktivitas biologi dan perubahan pada sifat fisik serta sifat fungsional seperti daya koagulasi dan daya buih.

Putih telur mudah mengalami kerusakan, oleh karena itu dilakukan pengawetan dengan diolah menjadi tepung. Menurut Aisyah Tri Septiana (1987) putih telur (albumin) ayam *leghorn* dapat dibuat tepung. Permasalahan pada tepung albumin telur ayam adalah perubahan warna menjadi kecoklatan, penurunan daya larut serta penurunan

* Staff Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian UNWAMA

** Alumni Fakultas Teknologi Pertanian UNWAMA

daya buih. Cara mengatasi permasalahan tersebut dilakukan fermentasi terhadap putih telur yang akan dikeringkan. Fermentasi putih telur menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* 1% dapat mengurangi karbohidrat secara sempurna (Ayres, 1958), sehingga warna tepung albumin cerah.

Waktu fermentasi merupakan salah satu faktor yang harus dikendalikan. Makin lama fermentasi maka semakin sedikit karbohidrat yang terkandung di dalam putih telur, sehingga dapat dicegah reaksi maillard yang merupakan penyebab perubahan warna pada tepung albumin telur. Fermentasi yang terlalu lama dapat menyebabkan degradasi protein yang lebih lanjut sehingga menyebabkan daya buih dan daya larut tepung albumin telur menurun (Aisyah Tri Septiana, 1987).

Telur itik dan telur ayam memiliki perbedaan kandungan karbohidrat yaitu telur itik adalah 1,46 g/100g, sedangkan telur ayam kandungan karbohidratnya adalah 1,20g/100g (Sri Harimurti, 1992). Kandungan karbohidrat telur itik yang lebih besar dibandingkan telur ayam akan mempengaruhi waktu fermentasi albumin telur itik. Oleh karena itu, maka diteliti waktu fermentasi yang tepat pada albumin telur itik.

Tujuan umum penelitian ini adalah menghasilkan tepung albumin telur itik dengan proses fermentasi. Tujuan khususnya adalah untuk mengevaluasi pengaruh waktu fermentasi terhadap sifat fungsional dan warna, kandungan air dan abu tepung albumin telur itik. Tujuan yang lain adalah untuk menentukan waktu fermentasi yang tepat sehingga dihasilkan tepung albumin telur itik yang mempunyai sifat fungsional dan warna yang baik.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

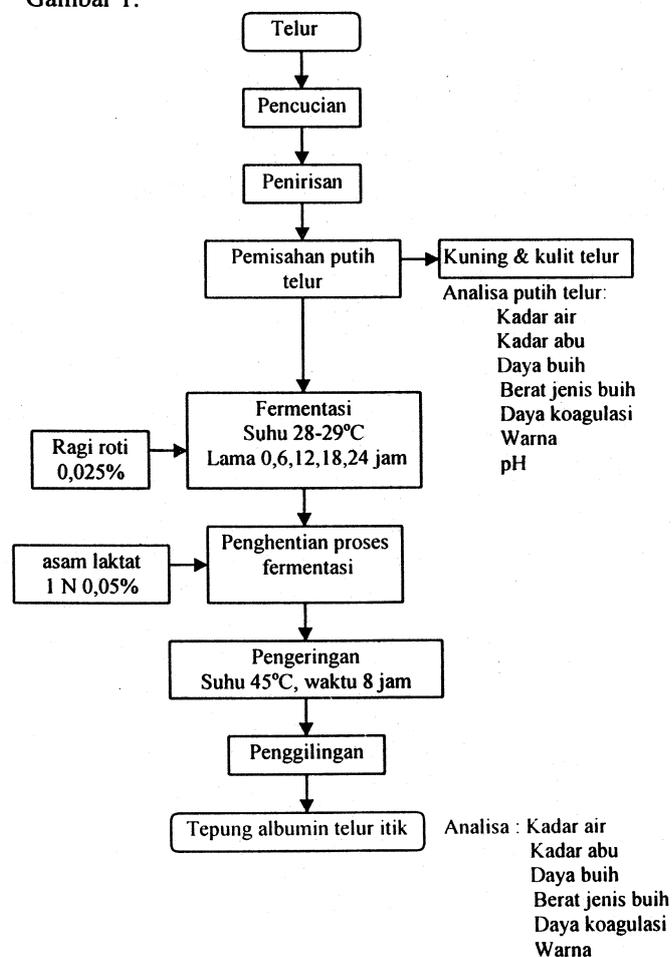
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah telur itik yang berumur kurang dari 24 jam dan diperoleh dari peternak itik di desa Nomporejo, Galur, Kulon Progo, ragi roti merk Saf Instan, air destilasi, asam laktat 1 N dan etanol 99% PA.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah inkubator merk Memmert Type: BE 500 suhu maksimum 70 °C buatan Jerman, baki aluminium, *grinder*, ayakan, *cabinet dryer* Wangdi 08 (buatan lokal), corong, oven merk Memmert Type: ULM 500 suhu maksimum 220 °C buatan Jerman, botol timbang, spektrofotometer Spectronic 20 D (Milton Roy), oven roti merk National NN-S357WF, *mixer* merk Philips HR 1505 buatan Belanda, *hardness tester* maksimum 5 kg, neraca Sartorius maksimum 160 g, neraca Ohaus maksimum 311 g, *beaker glass*, *muffle furnace*, merk Naber D-2804 Bremen suhu maksimum 1100 °C, desikator dan *magnetic stirer*.

Cara Penelitian

Telur itik yang berumur kurang dari 24 jam dicuci hingga bersih, kemudian ditiriskan sampai kering. Selanjutnya dilakukan pemisahan antara cangkang, albumin dan kuning telur. Albumin telur itik yang diperoleh dari pemisahan tersebut kemudian sebagian dianalisa daya koagulasi, daya buih, berat jenis buih,

warna, kadar air, kadar abu, pH dan sebagian lagi difermentasi. Proses fermentasi albumin telur itik dilakukan pada suhu kamar dengan variasi waktu fermentasi 0, 6, 12, 18 dan 24 jam dengan cara mencampurkan ragi yang telah diinkubasi sebanyak 0,025% per berat albumin telur itik. Inkubasi ragi roti dilakukan dengan cara mencampurkan ragi roti dengan aquades 1:3 (b/v), kemudian dimasukkan ke dalam inkubator pada suhu 37°C selama 75 menit. Setelah diinkubasi, ragi roti tersebut dicampurkan ke dalam albumin telur itik, agar dapat tercampur rata dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirer* dengan kecepatan rendah untuk mencegah terjadinya pembuihan. Setelah mencapai waktu yang dikehendaki, maka proses fermentasi dihentikan dengan cara menambahkan asam laktat 1 N 0,05% perberat albumin telur itik. Albumin telur itik yang telah difermentasi dituangkan dalam baki aluminium dan dikeringkan dengan *cabinet dryer* pada suhu 45°C selama 8 jam. Setelah mencapai waktu 8 jam pengeringan dihentikan kemudian *flake* lapisan tipis albumin telur itik yang dihasilkan diambil dan digiling dengan *grinder*. Tepung albumin telur itik dianalisa daya koagulasi (Barmore, 1934 dalam Lowe, 1954), daya buih dan berat jenis buih (Romanoff dan Romanoff, 1973), warna, air (AOAC, 1990) dan kadar abu (Sudarmadji dkk, 1996). Cara penelitian ini disajikan pada diagram alir Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan tepung albumin telur itik

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL). Data yang diperoleh dianalisis dengan Anava, jika berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji DMRT. Penelitian dilakukan 4 variasi waktu fermentasi dengan dua kali ulangan percobaan (3 ulangan analisa).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Albumin Telur Itik

Hasil analisa albumin telur itik segar dan tepung albumin telur itik dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Specification of fresh albumin and duck egg albumin powder *

Albumin	Moisture- content (%wb)	Ash content (%db)	Foaming capacity (%)	Foam density (g/ml)	Coagulant hardness (mm)	Colour inten- sity (OD) 420 nm
Fresh	88.20	5.44	365.17	0.21	0.11	0.43
Powder (0 jam)	6.70	5.64	202.75	0.30	0.14	0.21

* Means of two replicates

Albumin telur itik segar mempunyai kadar air 88,20% (wb), kadar abu 5,44% (db), BJ buih 0,21 g/ml, daya koagulasi 0,11 mm, intensitas warna (OD) 420 nm sebesar 0,43 dan daya buih 365,17%. Daya buih albumin telur itik segar menjadi rendah setelah diolah menjadi tepung (fermentasi 0 jam). Hal ini karena selama pengeringan albumin terjadi denaturasi protein sehingga menyebabkan kemampuan untuk membentuk buih menjadi rendah. Penurunan kemampuan membentuk buih menyebabkan berat jenis buih semakin besar karena pada dasarnya nilai berat jenis buih merupakan nilai tidak langsung dari daya buih. Daya koagulasi tepung albumin telur itik lebih rendah jika dibanding albumin telur itik segar karena selama pengeringan maka albumin akan terdenaturasi.

Sifat Fungsional Tepung Albumin Telur Itik

1. Daya Buih dan Berat Jenis Buih

Buih adalah suatu dispersi koloid dengan fase gas terdispersi dalam fase cairan atau padatan. Daya buih dan berat jenis buih tepung albumin telur itik dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2. Foaming capacity and foam density of duck egg albumin powder *

Fermentation time (hours)	Foaming capacity (%)	Foam density (g/ml)
0	202.75 c	0.30 a
6	250.00 cb	0.27 ab
12	272.50 b	0.25 b
18	284.16 b	0.25 b
24	355.84 a	0.21 c

* Means of two replicates

Means in the same column followed by same letter not different ($P>0.05$)

Daya buih tepung albumin telur itik dengan variasi waktu fermentasi 24 jam sebesar 355,84% tidak jauh berbeda dengan daya buih albumin telur itik segar sebesar 365,17%. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat dikatakan tepung albumin telur itik dengan waktu fermentasi 24 jam mampu mempertahankan daya buih albumin telur itik. Hal ini sesuai dengan pendapat Hill dan Sebring (1972) dalam Aisyah Tri Septiana (1987) yang menyatakan perlakuan fermentasi dapat mempertahankan kemampuan membentuk buih.

Perlakuan fermentasi dengan waktu yang semakin lama (sampai 24 jam) menghasilkan nilai daya buih yang semakin besar. Menurut Stadelman dan Cotteril (1973) senyawa kompleks antara lisozim dengan ovomisin akan meningkat setelah pH mendekati titik isoelektris lisozim, sehingga dimungkinkan terjadi peningkatan daya buih tepung albumin telur itik. Peningkatan daya buih tepung albumin telur itik selama fermentasi juga disebabkan oleh perubahan struktur senyawa ovomucin dari struktur tersier menjadi struktur sekunder bahkan dapat menjadi struktur primer. Berbeda dengan struktur primer dan sekunder, struktur tertier merupakan suatu bentuk protein yang terjadi karena pelipatan protein sekunder sehingga membentuk globula. Kemampuan struktur tersier suatu molekul protein selain disebabkan oleh ikatan kovalen yang terdapat pada struktur sekunder dan primer seperti ikatan peptida juga oleh ikatan bukan kovalen yang menyebabkan terjadinya pelipatan (Hill dan Sebring, 1972 dalam Aisyah Tri Septiana, 1987).

Pembentukan buih putih telur dengan pengocokan mengakibatkan ikatan dalam protein putih telur menjadi membuka dan rantai protein menjadi lebih panjang, selanjutnya udara masuk di antara molekul protein yang membuka rantainya dan ditahan serta membentuk gelembung buih sehingga volume bertambah dan sifat elastisitasnya berkurang (Romanoff dan Romanoff, 1949). Menurut Stadelman dan Cotteril (1973) setiap protein putih telur mempunyai kemampuan membentuk buih yang berbeda-beda, protein putih telur yang berperan dalam pembentukan buih adalah ovalbumin, ovomucin dan ovoglobulin. Protein ovomucin yang berstruktur tersier (globula) lebih sulit membentuk buih dari pada protein ovomucin dalam bentuk sekunder dan primer. Penurunan daya buih akan menyebabkan berat jenis (BJ) buih bertambah.

Berat jenis (BJ) buih merupakan perbandingan antara berat buih dengan volume buih. Tepung albumin telur itik dengan variasi waktu fermentasi 24 jam ternyata mempunyai BJ buih sama besar dengan BJ buih albumin telur itik segar yaitu sebesar 0,21 g/ml. Hal ini menunjukkan bahwa waktu fermentasi 24 jam mampu mempertahankan BJ albumin telur itik. Perbedaan BJ buih tepung albumin telur itik akibat adanya perubahan daya buih. Hubungan antara daya buih dengan BJ buih dapat dilihat pada Gambar 2.

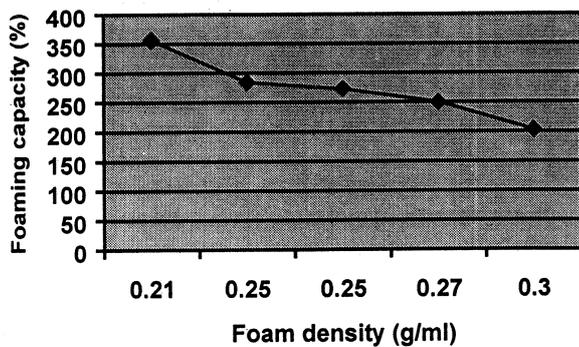


Fig. 2. Foam density dependence foaming capacity of duck egg albumin powder

Pada Gambar 2. menunjukkan bahwa jika daya buih meningkat maka BJ buih akan turun. Menurut Stadelman dan Cotterill (1973) BJ buih putih telur merupakan suatu ukuran tidak langsung dari volume buihnya yaitu jika BJ buih rendah maka volume buihnya besar. Daya buih merupakan hasil bagi antara volume buih dengan volume awal dikalikan dengan 100%, sedangkan BJ buih merupakan perbandingan antara berat buih dengan volume buih.

2. Daya Koagulasi

Koagulasi merupakan perubahan struktur molekul protein yang mengakibatkan hilangnya kelarutan dan terjadinya kekentalan atau dengan kata lain suatu perubahan bentuk dari bentuk encer menjadi bentuk padat/semi padat.

Pengukuran daya koagulasi didasarkan pada kedalaman penetrasi jarum *hardness tester* (mm) pada koagulum yang berupa putih telur, jika penetrasi jarum makin dalam menunjukkan bahwa daya koagulasinya semakin rendah. Adapun besarnya daya koagulasi tepung albumin telur itik dapat dilihat pada Tabel 3.

Table 3. Coagulant hardness of duck egg albumin powder *

Fermentation time (hours)	Coagulant hardness (mm)
0	0.14 a
6	0.11 ab
12	0.10 abc
18	0.06 bc
24	0.04 c

* Means of two replicates

Means in the same column followed by same letter not different ($P > 0.05$)

Berdasarkan data pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa tepung albumin telur itik dengan perlakuan waktu fermentasi 0 jam berbeda nyata jika dibandingkan dengan sampel perlakuan waktu fermentasi 18 dan 24 jam, tetapi tidak berbeda nyata dengan sampel perlakuan waktu fermentasi 6 dan 12 jam. Menurut Stadelman dan Cotterill (1973) salah satu faktor yang mempengaruhi daya

koagulasi putih telur adalah pH albumin, karena hal ini berkaitan dengan titik isoelektrik dari masing-masing jenis protein yang terdapat pada albumin. Protein penyusun putih telur masing-masing memiliki titik isoelektrik yang berbeda yaitu ovalbumin 4,6, konalbumin 6,0, ovomukoid 4,3, lisozim 10,7, ovomucin tidak terdeteksi dan avidin 9,2 (John, 1989). Menurut Fennema (1978) protein albumin mulai terkoagulasi pada suhu 62-70 °C dan daya koagulasi makin tinggi, maka suhu yang diperlukan untuk koagulasi makin rendah.

Daya koagulasi albumin telur itik segar mula-mula sebesar 0,11 mm jika dibandingkan dengan hasil analisa tepung albumin telur itik ternyata perlakuan lama fermentasi sampai 12 jam memiliki nilai yang sama. Hal ini menunjukkan penurunan pH pada lama fermentasi sampai 12 jam telah mampu mempertahankan daya koagulasi albumin telur itik segar. Waktu fermentasi yang semakin lama akan meningkatkan daya koagulasi tepung albumin telur itik karena selama fermentasi, albumin menjadi semakin asam dan penambahan asam pada putih telur akan menurunkan suhu permulaan koagulasi (suhu terendah yang dapat mengakibatkan terjadinya koagulasi) (Stadelman dan Cotterill (1973).

Warna, Kadar Air dan Kadar Abu Tepung Albumin Telur Itik

1. Warna

Hasil analisa warna tepung albumin telur itik disajikan pada Tabel 4.

Table 4. Colour intensity of duck egg albumin powder *

Fermentation time (hours)	Colour intensity (OD 420 nm)
0	0.21 a
6	0.13 b
12	0.08 c
18	0.07 d
24	0.05 e

* Means of two replicates

Means in the same column followed by same letter not different ($P > 0.05$)

Tepung albumin telur itik dengan waktu fermentasi 0, 6, 12, 18 dan 24 jam menunjukkan penurunan adsorbansi yang berbeda nyata. Penurunan nilai adsorbansi tersebut menunjukkan semakin cerah warna dari tepung albumin telur itik. Perbedaan warna karena perlakuan waktu fermentasi berkaitan dengan kadar gula reduksi, menurut Hill dan Sebring (1972) dalam Aisyah Tri Septiana (1987) fermentasi menyebabkan kadar gula reduksi yang terkandung dalam albumin berkurang. Hal ini mengakibatkan reaksi yang terjadi antara gugus karbonil dari gula reduksi dengan gugus amino dari asam amino (protein) juga berkurang. Akibatnya warna tepung albumin telur itik berbeda nyata seiring dengan pertambahan waktu fermentasi. Semakin lama waktu fermentasi reaksi gugus karbonil dengan gugus amino semakin berkurang karena gula reduksi terfermentasi sehingga warna yang dihasilkan semakin putih (cerah).

2. Kadar Air dan Kadar Abu

Hasil analisa kadar air dan kadar abu tepung albumin telur itik disajikan pada Tabel 5. Kadar air albumin telur itik mula-mula sebesar 88,20% setelah menjadi tepung albumin telur itik kadar airnya turun menjadi berkisar antara 6,70% - 7,95%. Hal ini dikarenakan pada proses pengeringan akan menyebabkan penguapan air sehingga kandungan airnya menjadi turun.

Tabel 5. Moisture content and ash content of duck egg albumin powder *

Fermentation time (hours)	Moisture content (%wb)	Ash content (%db)
0	6.70e	5.64a
6	6.89d	5.65a
12	7.09c	5.65a
18	7.50b	5.67a
24	7.95 a	5.72a

* Means of two replicates

Means in the same column followed by same letter not different (P>0.05)

Kadar air tepung albumin telur itik menurut *Food and Drug Administration* (1966) dalam Stadelman dan Cotteril (1973) adalah maksimal 8% (wb) sehingga kadar air hasil dari penelitian ini telah sesuai dengan pustaka.

Kenaikan kadar air tepung albumin telur itik akibat perlakuan fermentasi disebabkan oleh perubahan senyawa ovomucin struktur tersier menjadi struktur sekunder dan primer. Perubahan struktur selama proses fermentasi tersebut menyebabkan gugus aktif yang dalam posisi bebas menjadi lebih banyak sehingga potensi mengikat air lebih kuat. Hal ini menyebabkan kadar air pada tepung albumin telur itik seiring dengan pertambahan waktu fermentasi akan meningkat. Menurut Romanoff dan Romanoff (1949) dalam peristiwa fermentasi, ovomucin dapat berubah menjadi bersifat gelatinous pada albumin dan akan berubah menjadi berair bila fermentasi dilakukan lebih lama. Perubahan albumin telur itik menjadi bersifat gelatinous dan lama kelamaan berubah menjadi berair akan mempengaruhi proses pengeringan

Kadar abu dalam tepung albumin telur menurut *Food and Drug Administration* (1966) dalam Stadelman dan Cotteril (1973) adalah 5,7 %, sehingga kadar abu hasil penelitian ini yaitu berkisar antara 5,64% - 5,72% sudah sesuai dengan pustaka.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan umum dari penelitian ini adalah albumin telur itik dapat dibuat tepung dengan sifat fungsional dan warna yang baik.

Kesimpulan khusus yaitu:

1. Proses fermentasi mempengaruhi sifat fungsional dan warna tepung albumin telur itik. Semakin lama waktu fermentasi (sampai 24 jam) sifat fungsional tepung albumin telur itik semakin baik dan warna semakin cerah.

2. Fermentasi selama 24 jam memberikan hasil yang paling baik yaitu daya buih 355,84%, BJ buih 0,21 g/ml, daya koagulasi 0,04 mm, warna paling cerah (putih) OD (420 nm) 0,05, kadar air 7,95% (wb) dan kadar abu 5,66% (db).

Saran

Perlu diteliti lebih lanjut tentang lama waktu fermentasi albumin telur itik lebih dari 24 jam, sehingga diketahui waktu fermentasi optimal yang dapat menghasilkan tepung dengan sifat fungsional dan warna terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah Tri Septiana, 1987. Pengaruh Lama Fermentasi Putih Telur Leghorn terhadap Sifat Fisika, Kimia dan Organoleptik Tepung Putih Telur, FTP, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists, AOAC, Washington DC.
- Ayres, J.C., 1958. Methods for Depleting Glucose from Egg Albumin before Drying, *Food Technology*, Vol. 12, p. 186-189.
- Bambang Sri Gandono, 1986. Ilmu Unggas Air, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Errington, H.L.A.D. and E.A. Foegeding, 1999. Isostrength Comparison of Large-Strain (Fracture) Rheological Properties of Egg White and Whey Protein Gels, *Journal of Food Science*, Vol. 64, No. 5. p.893-898.
- Fennema, O.W., 1978. Principles of Food Science, Food Chemistry New York, Morces Dekker.
- Handa, A., Gennadios, A., M.A. Hanna, C.L. Weller and N. Kuroda, 1999. Physical and Molecular Properties of Egg-white Lipid Films, *Journal of Food Science*, Vol. 64, No. 5. p.860-864.
- Harry, W.L., 1943. Drying and Dehydration of Food, Reinhold Publishing Corporation.
- John, M.D., 1989. Principles of Food Chemistry, By Vannostrond Reinhold, A Division of Wadsworth Inc.
- Lowe, B., 1954. Experimental Cookery, Third edition, John Wiley and Sons Inc New York.
- Romanoff, A.L. dan A.J. Romanoff, 1949. The Avion Egg. John Wiley and Sons Inc, New York.
- Sri Harimurti, 1992. Pengolahan Telur, PAU Pangan dan Gizi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Sri Naruki dan Sri Kanoni, 1982. Pengolahan Hasil Hewani I, PAU Pangan dan Gizi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Stadelman, W.J., dan Q.J., Cotteril, 1973. Egg Science and Technology, The AVI Publishing Co Inc, Westport.
- Sudarmadji, S., Bambang, H., Suhardi, 1996. Analisa Bahan Makanan dan Pertanian, PAU Pangan dan gizi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Winarno, F.G., 1981. Biofermentasi dan Biosintesa Protein, Angkasa, Bandung.