

Kumpulan Abstrak

PROSIDING

ISSN 1411-4216



SEMINAR NASIONAL REKAYASA KIMIA & PROSES 2013

28 - 29 Agustus 2013



JURUSAN TEKNIK KIMIA



- D. 09 SUHU PEMANGGANGAN DAN PERBANDINGAN JENGKOL DENGAN TEPUNG TERIGU TERHADAP KARAKTERISTIK COOKIES JENGKOL (*Pithecolobium jiringa*), Thomas Gozali, Supli.Efendi, Hendra Abdul Buchori, Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan
- D. 10 ACETYLATION OF GADUNG (*Dioscorea hispida* Dennst) FLOUR USING ACETIC ACID GLACIAL: EFFECT OF REACTION TIME ON SWELLING POWER AND SOLUBILITY, Andri Cahyo Kumoro^{1,2}, Rizka Amalia^{1,2}, Catarina Sri Budiati¹, Diah Susetyo Retnowati¹ and Ratnawati¹, ¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Diponegoro University, ²Master of Chemical Engineering Program, Faculty of Engineering, Diponegoro University
- D. 11 PENGARUH KONSISTENSI SUSPENSI DAN KONSENTRASI OKSIDATOR H₂O₂ TERHADAP SIFAT FUNGSIONAL TEPUNG UMBI TALAS BOGOR (*Colocasia esculentum* (L) Schott) TEROKSIDASI, Dessy Ariyanti dan Catarina Sri Budiati, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- D. 12 DIVERSIFIKASI MINYAK, CENGKEH MENJADI FINE CHEMICAL, Widayat¹, Bambang Cahyono², Hadiyanto¹, dan Ngadiwiyo², ¹Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, ²Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang

E. Perancangan Proses dan Alat Proses

- E. 01 METODE PEMARUTAN DAN PEMERASAN KELAPA DALAM PRODUKSI VIRGIN COCONUT OIL SECARA FERMENTASI ALAMI BERBASIS RAMAH LINGKUNGAN, Lastri Wiyani¹, Andi Aladin^{*1}, Abdullah², Mustafiah³ dan Rahmawati³, ¹ Jurusan Teknik Kimia Fak. Tek Industri Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar, ² Jurusan Budidaya Pertanian, Fak. Pertanian UMI Makassar, ³ Mahasiswa Teknik Kimia Fak. Tek Industri UMI Makassar
- E. 02 PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP PEMBUATAN KARBON HITAM DARI BAMBU ORI DAN PETUNG UNTUK BAHAN TINTA FOTOKOPI, Paiman Jhony, Hosta Ardhyananta, Andromeda Dwi Laksono, Gita Novian Hermana dan Aulia Fajrin, Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- E. 03 PRODUKSI GAS HIDROGEN DENGAN PEMANFAATAN GELOMBANG RADIO *SHORTWAVE* (SW), Silvana Dwi Nurherdiana, Maulita Dismayanda, Rangga Aji Baskara, Nuari Wahyu Dwi Cahyani dan Hamzah Fansuri, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- E. 04 PENINGKATAN LAJU REAKSI GLISEROL MENJADI GLISEROL KARBONAT MENGGUNAKAN KATALIS PADATAN DIDALAM REAKTOR BERPENGADUK, Hilman Ibn Mahdi, Eka Irawan, Nuryoto, Jayanudin, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- E. 05 DESAIN PROTOTYPE *ROTARY DRYER* UNTUK PROSES *UPGRADING* BATUBARA LIGNIT KALIMANTAN TIMUR, Mardhiyah Nadir*, Muhammad Syahrir*, Bahtiar**, *Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda, ** Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Samarinda
- E. 06 EVALUASI METODE PENGERINGAN VAKUM-FREEZE DRYING PADA TEKanan PENGERINGAN DAN KETEBALAN CAIRAN SAMPLE YANG BERBEDA TERHADAP KARAKTERISTIK FUNGSIONAL TEPUNG PUTIH TELUR, A. Hintono¹, Sutaryo¹, Nahariah² A.M.Legowo¹, ¹ Program Studi Ilmu

EVALUASI METODE PENGERINGAN VAKUM - *FREEZE DRYING* PADA TEKANAN PENGERINGAN DAN KETEBALAN CAIRAN SAMPLE YANG BERBEDA TERHADAP KARAKTERISTIK FUNGSIONAL TEPUNG PUTIH TELUR

A. Hintono¹, Sutaryo¹, Nahariah² A.M.Legowo¹

Program Studi Ilmu Peternakan Fakultas Peternakan dan Pertanian UNDIP Semarang,
Jl. Drh. Soejono Koesomowardojo Tembalang-Semarang 50275 Laboratorium Daging dan Telur
Fakultas Peternakan Unhas Makassar, Jl. Perintis Kemerdekaan km 8, Makassar 90245

Penulis korespondensi: nahariah1@gmail.com

Abstrak

Kualitas bahan dapat dipertahankan dengan pengeringan vakum-freeze drying. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tekanan dan ketebalan pengeringan yang berbeda terhadap karakteristik fungsional tepung putih telur. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap pola factorial 3x3 dengan perlakuan tekanan (0,37 : 0,28 : 0,20) mbar dan ketebalan (4: 5: 6) mm. telur sebanyak 540 butir dan peternakan yang sama. Parameter yang diukur adalah karakteristik fungsional meliputi daya busa, stabilitas busa, waktu koagulasi dan daya larut tepung putih telur. Hasil penelitian menunjukkan ketebalan sample berbeda nyata ($P \leq 0,01$) pada semua perlakuan terhadap daya busa tepung putih telur namun tekanan pengeringan tidak memberikan pengaruh nyata meskipun ada interaksi yang nyata antara keduanya. Ada perbedaan nyata antara ketebalan 5 dan 6 mm terhadap stabilitas busa, tekanan 0,28 dan 0,2 mbar memberikan pengaruh yang berbeda dan ada interaksi keduanya. Waktu koagulasi menunjukkan perbedaan nyata pada ketebalan 5 dan 6 mm namun tekanan tidak memberikan pengaruh yang nyata meskipun ada interaksi antara keduanya. Ketebalan sample 4 dan 6 mm, tekanan 0,37 dan 0,2 mbar menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata ($P < 0,01$) terhadap kelarutan tepung putih telur meskipun tidak menunjukkan interaksi antara keduanya. Pembuatan tepung putih telur hasil pengeringan vakum-freeze drying pada tekanan 0,37 mbar dan ketebalan cairan sample 5 mm menghasilkan karakteristik fungsional yang baik.

Kata kunci: Karakteristik Fungsional; Pengeringan Vakum-Freeze Drying ;Tepung Putih Telur

PENDAHULUAN

Telur merupakan bahan pangan yang mudah mengalami kerusakan. Berbagai metode dilakukan untuk memperpanjang masa simpan telur antara lain dengan metode pengeringan. Beberapa jenis pengeringan telur yang digunakan antara lain *spray drying*, *pan drying* dan *freeze drying*. Pembuatan tepung putih telur dengan *spray drying* oleh Lechevalier *et al.* (2007) dan dengan menggunakan suhu 60-80 °C menunjukkan sifat fungsional yang baik (Talansier *et al.*, 2009), metode *pan drying* dengan menggunakan suhu 55°C dapat mempertahankan sifat fungsional tepung putih telur meskipun akibat perlakuan fermentasi mengalami penurunan (Nahariah dkk., 2012). Pemanfaatan vakum-freeze drying pada suhu -20 °C dapat memperbaiki karakteristik fisikokimia dan organoleptik pada daun bawang demikian pula ada peningkatan konsentrasi protein putih telur (Grohgan *et al.*, 2013) dan mempertahankan karakteristik fungsional kilning telur (Jaekel *et al.*, 2008) dengan menggunakan *freeze drying*. Pengeringan vakum-freeze drying merupakan salah satu jenis pengeringan yang bersifat vakum, beberapa penelitian sebelumnya meneliti pengaruh ketebalan dan tekanan yang berbeda pada yogurt dan menghasilkan ketebalan 6,2 mm pada tekanan 0,01 mbar menghasilkan karakteristik yogurt yang baik (Sharma dan Arora, 1995) namun belum banyak penelitian serupa pada pembuatan tepung putih telur dengan tekanan dan ketebalan yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tekanan dan ketebalan pengeringan vakum-freeze drying yang berbeda terhadap karakteristik fungsional tepung putih telur.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hasil Ternak Fakultas Peternakan Undip Semarang dan Laboratorium Terpadu Fakultas Peternakan Unhas Makassar. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial 3x3 dengan perlakuan tekanan pengeringan (0,37 : 0,28 : 0,2) mbar dan ketebalan pengeringan (4: 5: 6) mm, telur sebanyak 540 butir (18 rak telur) berasal dari peternakan yang sama, jumlah tersebut dihitung berdasarkan jumlah unit perlakuan secara keseluruhan sebesar (3x3) dengan 4 ulangan, setiap unit perlakuan membutuhkan 15 butir telur ayam ras. Parameter yang diukur adalah karakteristik fungsional meliputi daya busa (%), stabilitas busa (%), waktu koagulasi; (menit) dan kelarutan (%) tepung putih telur. Pengukuran daya busa dan kestabilan Busa (Romanoff dan Romanoff, 1963 yang dimodifikasi), Waktu koagulasi (Nahariah dkk., 2012), Daya larut (Nahariah dkk., 2012 yang dimodifikasi).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Busa

Analisa sidik ragam menunjukkan bahwa ketebalan cairan pada pengeringan vakum berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap daya busa tepung putih telur meskipun tekanan tidak menunjukkan pengaruh nyata namun keduanya menunjukkan interaksi yang berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$).

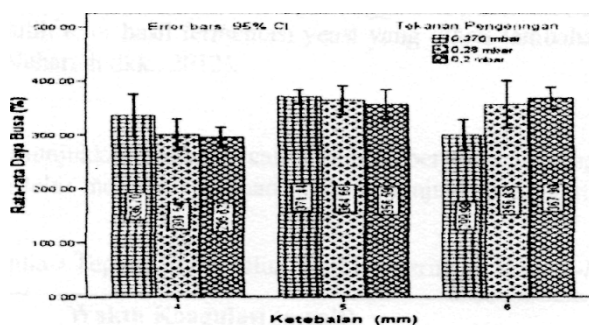
Tabel 1. Daya Busa Tepung Putih Telur Hasil Pengeringan Vakum-Freeze Drying

Ketebalan (mm)	Daya Busa (%)			Rataan
	Tekanan Pengeringan (mbar)			
	0,37	0,28	0,20	
4	336,70±24,42	301,54±18,12	295,62±11,80	311,28±25,47 ^b
5	371,44±7,86	364,66±16,48	356,59±17,00	364,23±14,49 ^a
6	299,98±17,84	356,83±27,49	367,90± 12,78	341,57±36,10 ^a
Rataan	336,04±34,57	341,01 ±35,08	340,04±35,51	339,03±34,11

Keterangan : Perbedaan superskrip a, b yang mengikuti angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan sangat nyata ($P < 0,01$)

Table 1 menunjukkan ada perbedaan nyata ($P < 0,01$) kenaikan daya busa dari 4 mm (311,28 $\pm$ 25,47) ke 5 mm (364,23 $\pm$ 14,49) namun mengalami penurunan pada ketebalan 6 mm (341,57 $\pm$ 36,10), meskipun tidak menunjukkan perbedaan nyata ketebalan 5 dan 6 mm hal ini disebabkan oleh adanya kerusakan protein akibat pemanasan. Ketebalan cairan sample berhubungan dengan transfer panas yang mempercepat pengeringan (Oetjen, 1999), namun selama pengeringan berlangsung maka produk akan mengalami kerusakan protein. Protein memegang peranan penting pada proses pembentukan busa.

Interaksi antara ketebalan dan tekanan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap daya busa. Daya busa pada tekanan 0,37 ; 0,28 dan 0,20 mbar mengalami peningkatan sejalan dengan bertambahnya ketebalan 4 dan 5 namun mengalami penurunan pada ketebalan 6 mm. Hal ini menunjukkan besar pengaruh tekanan ruang dan ketebalan cairan selama pengeringan terhadap daya busa tepung putih telur. Nilai rata-rata daya busa hasil penelitian lebih rendah 339,03 $\pm$ 34,11 dan putih telur segar 526,66% (Stadelman dan Cotterill, 1994) dan daya busa tepung putih telur hasil fermentasi yeast yang diberi tambahan sukrosa dan menggunakan *pan drying* 523,07% (Nahariah dkk., 2012).



Gambar 1. Interaksi Ketebalan dan Tekanan Terhadap Daya Busa

Stabilitas Busa

Analisa sidik ragam menunjukkan ketebalan dan tekanan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap stabilitas busa tepung putih telur hasil pengeringan vakum-freeze drying dan ada interaksi antara keduanya. Penelitian menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata antara ketebalan (mm) 4(97,53 $\pm$ 0,55) dengan 5(97,38 $\pm$ 0,60) dan 6(97,80 $\pm$ 0,56) mm namun ketebalan 5 dan 6 mm menunjukkan perbedaan, hal ini karena ketebalan mempengaruhi kecepatan pengeringan. Pengurangan ketebalan akan mempercepat panas sampai di bagian dasar sample sehingga lebih cepat kering (Sharma dan Arora, 1995) dan mempercepat proses kerusakan protein. Fungsi protein dalam busa adalah sebagai bahan *surface active* yaitu untuk pembentuk dan penstabil fase gas yang terdispersi (Chayati dan Ari, 2008) sehingga busa lebih stabil akibat protein terdenaturasi terutama akibat pemanasan.

Table 2 menunjukkan tekanan 0,37 mbar tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan 0,28 dan 0,2 mbar namun ada

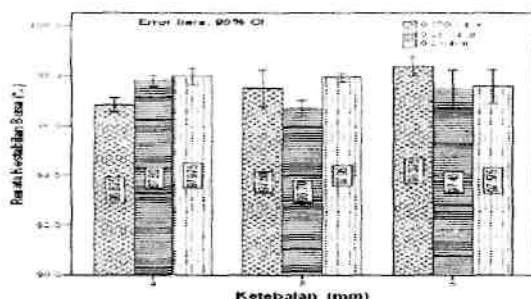
perbedaan nyata meningkat antara 0,28 ($97,32 \pm 0,56$) dengan 0,2 mbar ($97,83 \pm 0,31$). Suasana vakum hanya mempengaruhi tingkat pengeringan namun tidak menjadi penentu terjadinya proses sublimasi, dan proses ini tidak selalu di bawah tekanan rendah (Franks, 1998).

Tabel 2. Stabilitas Busa Tepung Putih Telur Hasil Pengeringan Vakum -Freeze Drying

Ketebalan (mm)	Daya Busa (%)			Rataan
	Tekanan Pengeringan (mba)			
	0,37	0,28	0,20	
4	96,83±0,17	97,80±0,14	97,53±0,21	97,53±0,55 ^{ab}
5	97,50±0,47	96,70±0,20	97,95±0,10	97,38±0,60 ^b
6	98,36±0,25	97,45±0,50	97,58±0,42	97,80±0,56 ^{ac}
Rataan	97.57±0.72 ^{ab}	97.32±0.56 ^b	97.83±0.31 ^{ac}	97.57±0.58

Keterangan : Perbedaan superskrip a, b, c yang mengikuti angka pada kolom dan baris yang sama menunjukkan perbedaan sangat nyata ($P < 0,01$)

Interaksi antara tekanan dengan ketebalan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap stabilitas busa. Terjadi peningkatan stabilitas busa pada tekanan 0,37 mbar diikuti oleh bertambahnya ketebalan cairan sample 4, 5 dan 6 mm namun pengurangan tekanan 0,28 menjadi 0,2 yang diikuti penambahan ketebalan cairan sample mengakibatkan penurunan stabilitas busa.



Gambar 2. Interaksi Ketebalan dan Tekanan Terhadap Stabilitas Busa

Nilai maksimum stabilitas busa $97,57 \pm 0,58$ % lebih tinggi dari putih telur segar 70,77% (Stadelman dan Cotterill, 1994) dan tepung putih telur hasil fermentasi yeast yang diberi tambahan sukrosa dan menggunakan *pan drying* sebesar 64,63% (Nahariah dkk., 2012).

Waktu Koagulasi

Analisa sidik ragam menunjukkan ketebalan cairan sample berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap waktu koagulasi tepung putih telur meskipun tekanan tidak menunjukkan pengaruh nyata namun ada interaksi antara keduanya.

Tabel 3. Waktu Koagulasi Tepung Putih Telur Hasil Pengeringan Vakum-Freeze Drying

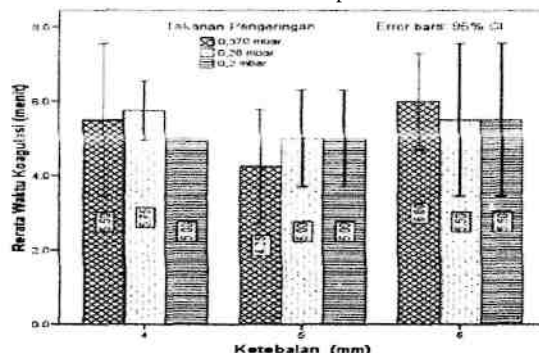
Ketebalan (mm)	Daya Busa (%)			Rataan
	Tekanan Pengeringan (mbar)			
	0,37	0,28	0,20	
4	5,00±0,82	6,00±0,82	5,00±0,82	5,33±0,89 ^{ab}
5	4,00±0,82	5,00±0,82	5,00±0,82	4,67±0,89 ^a
6	6,00±0,82	5,00±0,82	7,00±0,82	6,00±1,13 ^{bc}
Rataan	5,00±1,13	5,33±0,89	5,67±1,23	5,33±1,09

Keterangan : Perbedaan superskrip a, b, c yang mengikuti angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan sangat nyata ($P < 0,01$)

Hasil penelitian menunjukkan waktu koagulasi tepung putih telur hasil pengeringan *vakum-freeze drying* tidak ada perbedaan nyata antara ketebalan 4 (5,33±0,89) dengan 5 (4,67±0,89) dan 6 (6,00±1,13) mm, namun ada perbedaan waktu koagulasi antara ketebalan 5 dan 6 mm. Ketebalan cairan 5 lebih cepat mengalami koagulasi dibandingkan ketebalan cairan lainnya, hal ini kemungkinan disebabkan oleh transfer panas dan massa ke dan dari cairan telur belum sempurna sehingga bahan masih menyisakan air yang mempercepat ikatan protein dan air bereaksi membentuk koagulasi, hal ini sejalan dengan Winarno dan Koswara (2002) yang menyatakan bahwa koagulasi oleh panas terjadi akibat reaksi antara protein dan air yang diikuti dengan penggumpalan protein (karena ikatan-ikatan antar molekul), disamping itu ukuran sample yang berbeda akan menghasilkan tingkat pengeringan yang berbeda (Tsinontides et al., 2004).

Tekanan tidak berpengaruh nyata terhadap waktu koagulasi, hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan penurunan tekanan terhadap waktu koagulasi pada perlakuan *vakum-freeze drying* namun nilainya menunjukkan kecenderungan mengalami peningkatan berturut-turut 0,37 mbar (5,00±1,13) menit, 0,28 mbar (5,33±0,89) menit, 0,2 mbar (5,67±1,23) menit, hal ini menunjukkan bahwa butuh waktu yang lama untuk terkoagulasi karena berkurangnya tekanan ruang pengeringan.

Interaksi ketebalan dan tekanan menunjukkan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$), terhadap waktu koagulasi. Waktu koagulasi menurun pada tekanan 0,37 mbar, 0,28 dan 0,2 mbar yang diikuti oleh bertambahnya ketebalan cairan sample dari 4 ke 5 mm namun waktu koagulasi meningkat setelah ketebalan bertambah 6 mm pada semua tekanan pengeringan.



Gambar 3. Interaksi Ketebalan dan tekanan terhadap Waktu Koagulasi

Nilai rata-rata waktu koagulasi adalah 5,33±1,09 menit sedikit lebih rendah dan Stadelman dan Cotterill (1994) 7-60 menit pada temperatur 77- 90°C dan Nahariah dkk., 2012 sebesar 65,55 menit demikian pula waktu koagulasi lebih cepat dari putih telur segar yaitu 15 menit.

Daya Larut

Analisa sidik ragam menunjukkan ketebalan cairan sample dan tekanan ruang pengeringan *vakum-freeze drying* berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap daya larut tepung putih telur, meskipun tidak ada interaksi antara keduanya.

Tabel 4. Daya Larut Tepung Putih Telur Hasil Pengeringan Vakum-Freeze Drying

Ketebalan (mm)	Daya Busa (%)			Rataan
	Tekanan Pengeringan (mbar)			
	0,37	0,28	0,20	
4	15,34±1,11	14,50±0,11	13,61±0,51	14,48±0,98 ^a
5	14,37±0,41	14,35±0,14	13,79±0,19	14,17±0,37 ^{ac}
6	13,71±0,52	13,64±0,82	13,41±0,86	13,59±0,69 ^c
Rataan	14,47±0,97 ^a	14.16±0,59 ^{ac}	13.60±0,55 ^c	14,08±0,80

Keterangan : Perbedaan superskrip a, b, c yang mengikuti angka pada kolom dan baris yang sama menunjukkan perbedaan sangat nyata ($P < 0,01$)

Hasil penelitian menunjukkan ketebalan 4 mm daya larutnya sebesar (14,48±0,98) gr berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan 6

mm ($13,59 \pm 0,69$) gr namun tidak ada perbedaan dengan ketebalan 5 mm ($14,17 \pm 0,37$) gr. Ketebalan 4 lebih mudah larut dibandingkan ketebalan cairan larutnya dan mengalami penurunan kelarutan dengan bertambahnya ketebalan cairan sample, hal ini disebabkan oleh semakin tebal cairan sample maka rendemennya semakin banyak dan bersifat porous sehingga sifat porous pada tepung putih telur hasil pengeringan vakum-freeze drying membutuhkan air lebih banyak untuk melarutkan sample. Penelitian ini menggunakan air dengan jumlah yang sama pada semua ukuran ketebalan untuk rekonstruksi tepung putih telur akibatnya daya larut menurun pada sample yang lebih tebal. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ganguly *et al.*, (2012) bahwa freeze drying merupakan jenis pengeringan yang menghilangkan pelarut dengan proses sublimasi dan produk akhirnya bersifat porous di samping itu hasil pengeringan mengakibatkan kadar air yang sangat rendah (Tsinontides *et al.*, 2004) sehingga untuk melarutkan kembali membutuhkan air yang lebih banyak.

Table 4 menunjukkan tepung putih telur hasil pengeringan vakum-freeze drying bertekanan 0,37 mbar lebih mudah larut dibandingkan tekanan 0,28 dan 0,2 mbar, meskipun ada perbedaan kelarutan antara tekanan 0,37 dengan 0,2 namun tidak berbeda kelarutannya dengan 0,28 mbar, hal ini karena kerapatan menurun dan porositas meningkat dengan penurunan tekanan selama pengeringan (Oikonomopoulou *et al.*, 2011). Prinsip pengeringan vakum-freeze drying adalah bertekanan rendah dan menghasilkan produk akhir bersifat porous dan kadar air yang lebih rendah (Tsinontides *et al.*, 2004 ; Kochs *et al.*, 1993) karena selama pengeringan air mengalami transisi fase es dan dikeluarkan melalui proses sublimasi dan diangkut ke ruang vakum dan terjadi transfer panas melalui rongga yang sebelumnya berisi kristal es (Lombrana *et al.*, 1997) sehingga membutuhkan air yang lebih banyak untuk melarutkannya.

KESIMPULAN

Pembuatan tepung putih telur menggunakan metode pengeringan vakum-freeze drying pada tekanan 0,37 mbar dan ketebalan cairan sample 5 mm menghasilkan karakteristik fungsional yang baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Ditlitabmas atas pendanaan penelitian ini melalui program penelitian hibah bersaing.

DAFTAR PUSTAKA

- Chayati, I., dan Ari, A., (2008), *Bahan Ajar Kimia Pangan*, Fakultas Peternakan, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Franks, F., (1998), Freeze-Drying of Bioproducts : Putting Principles into Practice, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 45, pp.221-229.
- Ganguly, A., and Alexeenko, A. A., (2012), Modeling and Measurements of Water-Vapor Flow and Icing at Low Pressures with Application to Pharmaceutical Freeze-Drying, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55, pp.5503-5513.
- Grohganz, H., Lee, Y.Y., Rantanen, J., and Yang, M., (2013), Tire Influence of Lysozyme on Mamutol Polymorphism in Freeze-Dried and Spray-Dried Formulation depends on The Selection of the Drying Process, *International Journal of Pharmaceutics*, 447, pp.224-230.
- Jaekel, T., Dautel JC., and Ternes, W., (2008), Preserving Functional Properties of Hen's Egg Yolk During Freeze-Drying, *Journal of Food Engineering*, 87, pp.522-526.
- Kochs, M., Korber, C.H., Tieschel, T., and Nunner, B., (1993), The Influence of The Freezing Process on Vapour Transmit During Sublimation in Vacuum-Freeze-Drying of Macroscopic Sample, *International Journal Heat Mass Transfer*, 30(7), pp. 1727-1738.
- Lechevalier, V., Jeantet, R., Arhaliass, A., Legendre, J. and Nan, F., (2007), Egg White Drying: Influence of Industry Processing Steps on Protein Structure and Functionalities, *Journal of Engineering*, 83, pp. 404-413.
- Lombrana, J.T. and Villaran, M.C., (1997), The Influence of Pressure and Temperature on Freeze-Drying in an Adsorbent Medium and Establishment of Drying Strategies, *Food Research*, 30(3), pp.213-222.
- Nahariah, E., Abustam, E., dan Malaka, R., (2012), Sifat Fungsional Tepung Putih Telur Hasil Fermentasi Yeast dan Penambahan Gula pada Putih Telur Ayam Ras, *Prosiding Seminar Nasional Peternakan Berkelanjutan: Inovasi Agribisnis Peternakan untuk Ketahanan Pangan*, Universitas Padjajaran, Bandung, Hal. 265-269.
- Oetjen, G.W., (1999), *Freeze - Drying*, Wiley- VCH, Federal Republic of Germany.
- Oikonomopoulou, V.P., Krokida, M.K., Karathanos, V.T., (2011), The Influence of Freeze Drying Condition on Microstructural Changes of Food Products, *International Congress On Engineering and Food, Procedia Food Science*, 1, pp.647-654.
- Romanoff, A.L., and Romanoff, A. J., (1963), *The Avian Egg*, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Sharma, N.K., Arora, C.P., (1995), Influence of Product Thickness, Chamber Pressure and Heating Conditions on Production Rate of Freeze-Dried Yogurt, *Int. J. Refrig*, 18(5), pp.297-307.
- Stadelman, W.J., and Cotterill, O.J., (1994), *Egg Science and Technology*, Food Product Press An Imprint of The Haworth Press, Inc. New York, London.
- Talansier, E., Loisel, C., Dellavaille, D., Desrumaux, A., Lechevalier, V., and Legendre, J., (2009), Optimization of Dry Heat Treatment of Egg White in Relation to Foam and Interfacial Properties, *Food Science and Technology*, 42, pp. 496 -503.
- Tsinontides, S.C., Rajniak, Pham, D., Hunke, W.A., Placek, J., and Reynolds, S.D., (2004), Freeze Drying- Principle and Practice for Successful Scale-Up to Manufacturing, *International Journal of Pharmaceutics*, 280, pp.1-16.
- Winarno, F.G., dan Koswara, S., (2002), *Telur, Penanganan dan Pengolahannya*, M-BRIO Press, Bogor.