

Karakteristik *Edible Film* Berbahan *Whey Dangke* dengan Penambahan *Karagenan*

(CHARACTERISTICS OF EDIBLE FILM BASED DANGKE WHEY WITH CARRAGEENAN ADDITION)

Fatma Maruddin¹, Ratmawati¹, Fahrullah², Muhammad Taufik³

¹Program Studi Teknologi Hasil Ternak,
Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan km 10, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia 90245

²Jurusan Peternakan, Fakultas Ilmu-Ilmu Pertanian,
Universitas Muhammadiyah Gorontalo
Jl. Prof. Dr. H. Mansoer Pateda, Desa Pentadio Timur,
Kec. Telaga Biru, Kota Gorontalo, Gorontalo 96181
Jl. Prof. Dr. Mansoer Pateda, Pentadio Timur, Gorontalo, Indonesia 9618,

³Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian Gowa
Jl. Malino, Km 7, 90121, Kec. Makassar, Makassar,
Sulawesi Selatan Indonesia 9012

Email: fatma_maruddin@yahoo.co.id, fatma_maruddin@unhas.ac.id

ABSTRAK

Whey dangke merupakan salah satu jenis protein dan dapat dibuat *edible film*. Karakteristik *edible film* berbahan *whhey dangke* dapat diperbaiki dengan penambahan *karagenan*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas *edible film* yang berbahan dasar *whhey dangke* dengan penambahan perbedaan konsentrasi *karagenan*. Karakteristik *edible film* yang diamati yaitu mikrostruktur, nilai warna *L, *a dan *b, laju transmisi uap air dan ketebalan. Data dianalisis ragam dengan rancangan acak lengkap. Perlakuannya adalah penggunaan *karagenan* dengan konsentrasi berbeda yaitu: 2%; 2,5%; 3% dan 3,5%. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Mikrostruktur dari *edible film* memperlihatkan perbaikan interaksi antara molekul-molekul bahan penyusun. Nilai dari warna *L yaitu 86,10-88,37, nilai dari warna *a yaitu -0,55-0,70 dan nilai dari warna *b yaitu 2,03-3,35. Laju transmisi uap air yaitu 5,08-5,35 g/mm².jam. Ketebalan yaitu 0,034-0,036 mm. Penggunaan konsentrasi *karagenan* hingga 4% untuk pembuatan *edible film* tidak mengubah nilai warna *L, *a dan *b, laju transmisi uap air dan ketebalan. Berdasarkan mikrostruktur memperlihatkan bahwa molekul-molekul dari *edible film* terdistribusi dengan baik dimulai pada penggunaan *karagenan* konsentrasi 2,5%.

Kata-kata kunci: *edible film*; konsentrasi *karagenan*; *whhey dangke*; karakteristik

ABSTRACT

Dangke whey is one type of protein and can be made edible film. The quality of the edible film made from dangke whey can be improved with the addition of carrageenan. The purpose of this research was to determine the quality of the edible film made from dangke whey with the addition of different concentrations of carrageenan. The qualities of the edible film observed were the microstructure, the color values L*, a* and b*, water vapor transmission rate (WVTR) and thickness. Data analyzed using ANOVA with a completely randomized design. The treatment used of carrageenan with different concentrations: 2%; 2.5%; 3% and 3.5%. Each treatment was repeated 3 times. Microstructure of edible film showed the improvement of interaction between the molecules of constituent materials. Values of color* L were 86.10-88.37, the value of color * a were -0.55-0.70 and a value of the color * b were 2.03-3.35. Water vapor transmission rate (WVTR) were 5.08-5.35 g/mm².jam. The thickness were 0.034-0.036 mm. The use of carrageenan concentrations up to 4% for manufacturing of edible film have not changed for the color *L, *a and *b, the rate of water vapor transmissions and thickness. Based on the microstructure showed that the molecules of edible film properly distributed beginning on the use of carrageenan concentration of 2.5%.

Keywords: edible film; the concentrations of carrageenan; dangke whey; characteristics

PENDAHULUAN

Edible film adalah lapisan tipis dan terbuat dari bahan yang dapat dimakan. Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa *edible film* dapat memperbaiki kualitas makanan dan memperpanjang umur simpan makanan. Penggunaan *edible film* sebagai kemasan tidak memberikan efek samping bagi tubuh dan lingkungan, sebagaimana kemasan sintesis (Chen, 1995; Callegarin, *et al.*, 1997; Li *et al.*, 2007). *Edible film* berfungsi sebagai *barrier* atau penghalang terhadap transfer air, oksigen, lipid, dan zat terlarut serta sebagai *carrier* atau zat pembawa bahan makanan dan aditif untuk meningkatkan penanganan makanan.

Karakteristik *edible film* secara umum adalah trasparan, fleksibel, dan tidak rapuh. Pembuatan *edible film* dengan bahan *whey dangke* saja tidak dapat menghasilkan karakteristik yang baik secara umum (Fatma *et al.*, 2015). Penambahan hidrokoloid dari polisakarida seperti *karagenan*, memperbaiki karakteristik *edible film*. Hal tersebut didasarkan pada konformasi dan interaksi biopolimer.

Whey dangke merupakan *hasil sampingan* pengolahan *dangke*, dan dapat dibuat *edible film*. Protein *whey* merupakan salah satu bahan pembentuk *edible film*. *Edible film* dari protein *whey* memiliki sifat yang baik sebagai pengemas yakni berbentuk transparan, lunak, tidak berbau, mengandung gizi yang baik dan mampu menahan aroma dari produk pangan yang dilapisinya (Sothornvit dan Krochta, 2000; Awwaly *et al.*, 2010).

Penggunaan *karagenan* sebagai *edible film* didasarkan pada beberapa pertimbangan seperti keamanan pangan, mudah didapat, merupakan sumber daya yang dapat diperbarui dan *biodegradable*. Selain itu, *karagenan* dapat membentuk gel yang baik, lentur, serta kaya serat. Penggunaan *karagenan* sebagai *edible film* dapat memberikan nilai tambah kesehatan bagi yang mengonsumsinya (Handito, 2011). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *karagenan* terhadap karakteristik (ketebalan, kekuatan tarik, kemuluran, laju transmisi uap air, dan mikrostruktur) *edible film* berbahan dasar *whey dangke*.

METODE PENELITIAN

Pembuatan *Edible Film*

Whey dangke bubuk liofilisasi sebanyak 4% (w/v) dan *karagenan* dalam berbagai konsentrasi (2%, 2,5%, 3%, dan 3,5%) (w/v) dicampurkan dengan akuades. Larutan tersebut dipanaskan selama 30 menit pada suhu 93°C. Gliserol ditambahkan selama pemanasan sebanyak 35% (w/v) (dari berat kering *whey+karagenan*). Larutan *edible film* selanjutnya dituang ke cetakan. Volume yang ditambahkan ke dalam cetakan sebanyak ±8,44 mL. Larutan selanjutnya dikeringkan dengan oven pada suhu 55°C selama 22 jam. *Edible film* yang telah kering dilepas dari cetakan dan disimpan 24 jam sebelum pengujian (dimodifikasi dari metode Sobral *et al.*, 2001; Yoshida dan Antunes, 2004; Gounga, 2007; Osés *et al.*, 2009).

Cara Analisis

Warna *L, *a, dan *b diukur dengan *digital color meter test* (T 135). Sebelum digunakan, alat dikalibrasi terlebih dahulu dengan standar yang berwarna putih (nilai kalibrasi L=94,76, a=-0,795, dan b=2,200). Nilai warna *L, *a, dan *b yaitu: nilai warna L= 0 (hitam) hingga 100 (putih); a = -60 (hijau) hingga +60 (merah), dan b = -60 (biru) hingga +60 (kuning) (Bourtoom *et al.*, 2006; Cho *et al.*, 2007; Bae *et al.*, 2008). Laju transmisi uap air menggunakan metode Sukkunta (2005) yang dimodifikasi. Ketebalan *edible film* diukur dengan *micrometer* (model MDC-25M, Mitutoyo, MFG, Japan) (Bourtoom, 2008). *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dianalisis dengan alat spesifikasi JEOL JSM 5310 LV *Scanning Microscope* (Jongjareonrak *et al.*, 2006).

Penelitian dirancang menggunakan rancangan acak lengkap dan data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam. Perlakuan yang memberi pengaruh nyata diuji lanjut dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik *Edible Film*

Edible film berbahan *whey dangke* dapat diperbaiki karakteristiknya (ketebalan, kekuatan tarik, kemuluran, laju transmisi uap

air dan mikrostruktur) dengan penambahan *karagenan*. Karakteristik *edible film* tersebut disajikan pada Tabel 1.

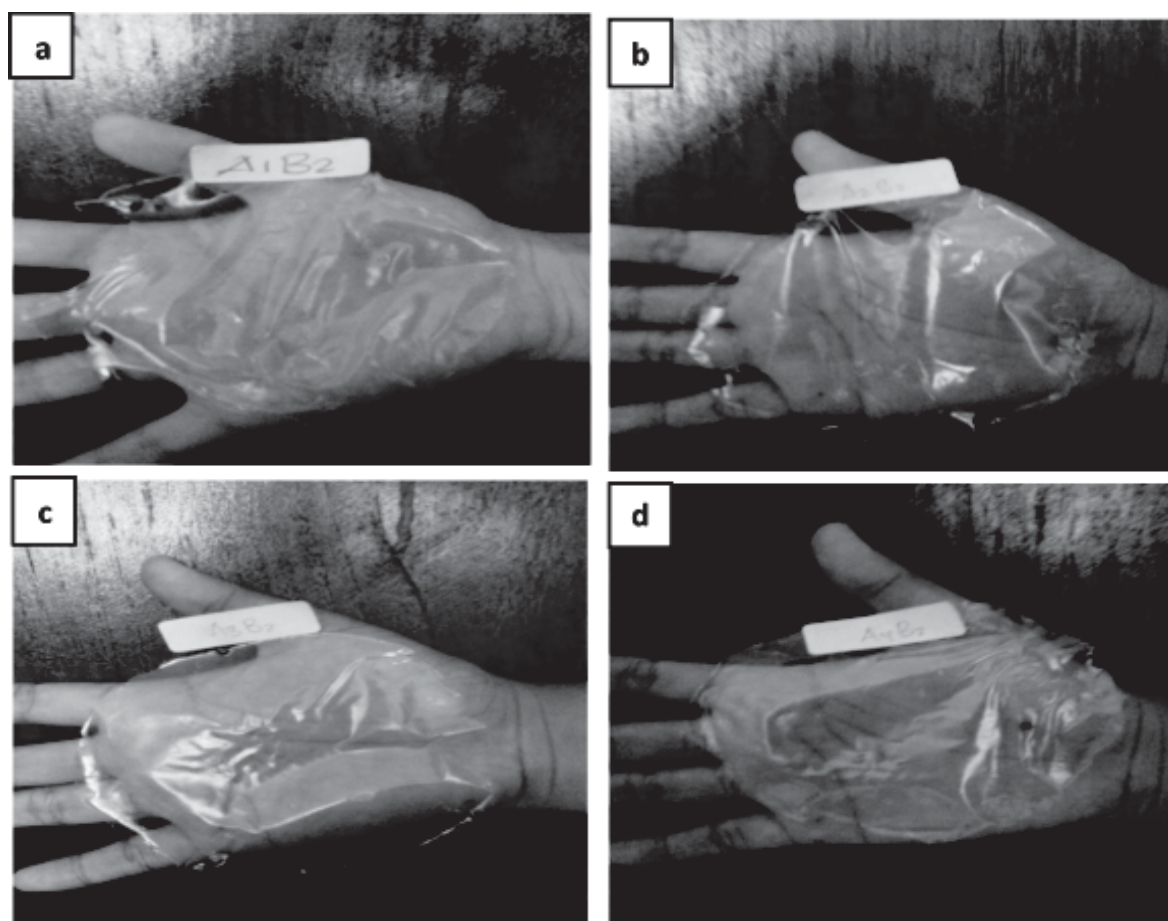
Nilai Warna *L, *a, dan *b

Nilai warna *L *edible film* yang terdeteksi dengan penambahan *karagenan* berbeda yaitu 86,10-88,37 (Tabel 1). Nilai *L *edible film* hasil penelitian yang terlihat oleh mata adalah transparan seiring peningkatan konsentrasi *karagenan* (Gambar 1). Nilai warna *a *edible*

film yang terdeteksi dengan penambahan *karagenan* berbeda yaitu sekitar -0,55-0,70. Nilai warna *b *edible film* yang terdeteksi dengan penambahan *karagenan* berbeda yaitu sekitar 2,03-3,35. Warna *edible film* yang juga terdeteksi oleh mata adalah kekuningan. Warna tersebut mendapat sedikit pengaruh dari warna *whey*. Warna *whey* dari beberapa literatur adalah berwarna putih kekuningan. Intensitas warna *edible film* ditentukan oleh kandungan karotenoid dalam susu. Karotenoid ini

Tabel 1. Karakteristik *edible film* berbahan *whey dangke* dengan penambahan konsentrasi *karagenan* berbeda

Karagenan (%)	Warna (*L)	Warna (*a)	Warna (*b)	WVTR (g/mm ² .jam)	Ketebalan (mm)
2,0	86,10±2,33	-0,38±0,56	3,32±1,52	5,08±0,74	0,034±0,006
2,5	87,87±1,13	0,70±2,36	2,03±0,95	5,35±1,46	0,036±0,002
3,0	86,34±2,31	0,52±2,45	3,35±0,87	5,09±1,32	0,036±0,003
3,5	88,37±0,98	-0,55±1,27	2,23±1,21	5,26±0,94	0,036±0,002
Rataan	87,17±1,93	0,07±1,77	2,73±1,24	5.20±1,06	0,036±0,0035



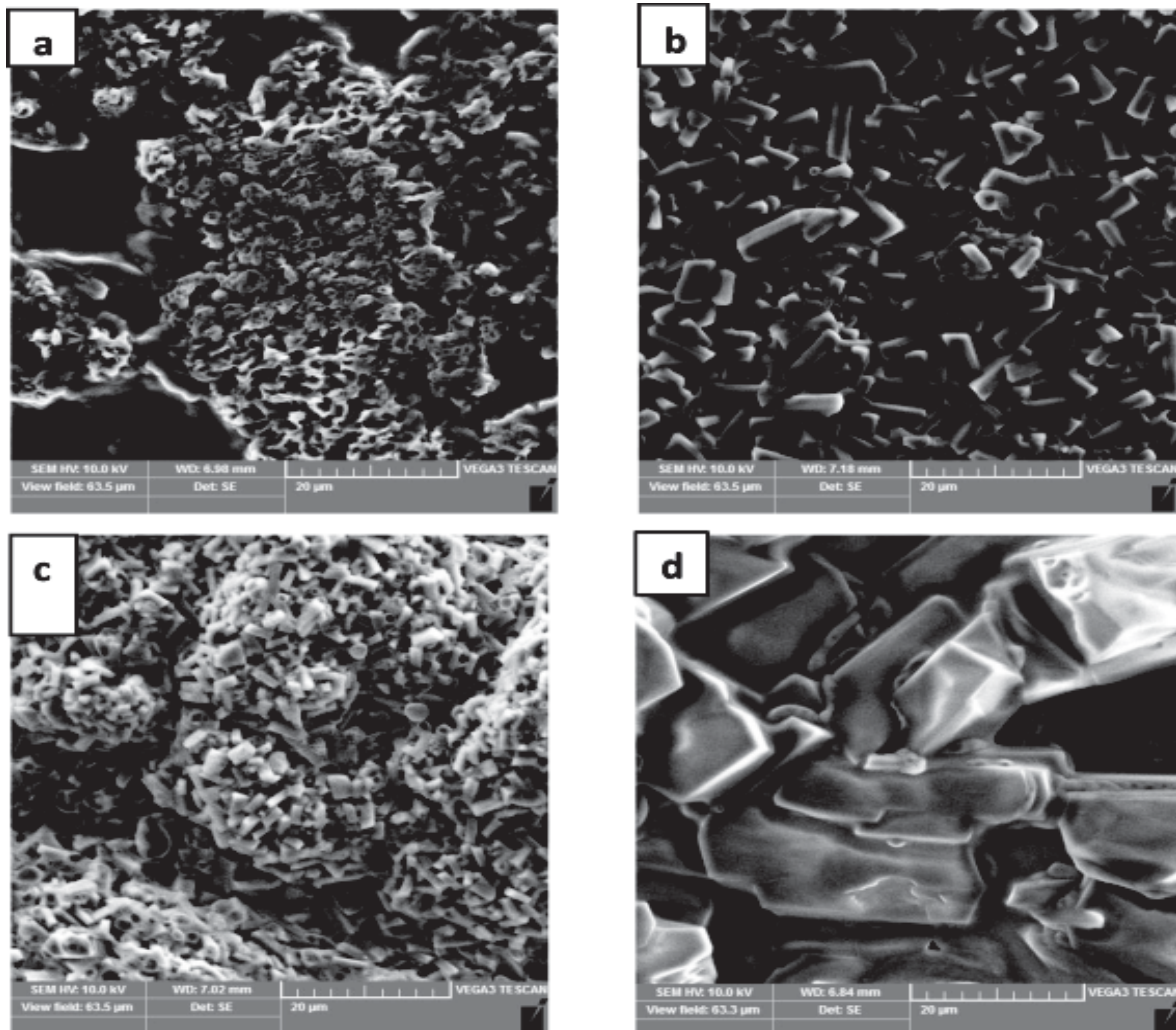
Gambar 1. *Edible film* berbahan *whey dangke* dengan penambahan konsentrasi *karagenan* (a) 2% (b) 2,5% (c) 3% dan (d) 3,5%

merupakan pigmen yang menghasilkan warna kekuningan. Pigmen karotenoid yang terdapat dalam susu sapi akan memberikan warna kekuningan pada koagulum yang terbentuk (Fardiaz dan Radiati, 1991). Pigmen karotenoid yang sering terdapat pada bahan pangan adalah β -karoten yang merupakan molekul simetrik dengan cincin tertutup sehingga dapat memberikan warna kekuningan pada bahan pangan.

Penambahan konsentrasi *karagenan* berbeda dalam pembuatan *edible film* berbahan dasar *whey dangke* tidak berpengaruh terhadap nilai karakteristik warna *L (hitam-putih), *a (hijau-merah) dan *b (biru-kuning) *edible film*. Hal ini disebabkan karena penggunaan konsentrasi *karagenan* 2,0-3,5% tidak mengubah ketebalan *edible film* sehingga tidak memengaruhi pembauran cahaya. Ketebalan

edible film akan menurunkan daya tembus pandang (transparannya berkurang), sehingga akan memengaruhi nilai warna *a dan *b. Yulianti dan Ginting (2012) mengemukakan bahwa karakter visual, rasa dan tekstur *edible film* sangat dipengaruhi oleh ketebalan. Karakteristik ketebalan *edible film* pada beberapa penelitian terdahulu menjadi salah satu penentu perbedaan nilai warna *edible film*. Perbedaan ketebalan *edible film* dapat memberikan warna bening hingga kusam/buram.

Perbedaan nilai warna *edible film* ditentukan pula oleh konsentrasi *plasticizer*. (Bourtoom, 2008). Variasi nilai warna *edible film* berbahan *rice starch-chitosan* dengan konsentrasi *plasticizer* (gliserol) berbeda adalah; nilai *L sekitar 84–86, nilai *a sekitar -1,5-1,7 dan nilai *b sekitar 13-20.



Gambar 2. Hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM) *whey edible film* dengan perbedaan konsentrasi *karagenan* (a) 2% (b) 2,5% (c) 3% dan (d) 3,5%

Hal lain yang menentukan perbedaan nilai warna *edible film* adalah jenis *plasticizer*. Wittaya (2013) menyatakan bahwa perbedaan nilai warna *edible film* berbahan protein *mung bean* ditentukan oleh jenis *plasticizer* (sorbitol, gliserol dan PEG). Nilai warna *edible film* pada penelitian tersebut *L sekitar 21-25, nilai warna *a sekitar -2,1-1,8 dan nilai warna *b sekitar 7-10.

Laju Trasmisi Uap Air *Edible Film*

Laju trasmisi uap air *edible film* diperoleh hasil yang hampir sama pada semua perlakuan perbedaan konsentrasi *karagenan* (Tabel 1). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi *karagenan* 2,0-3,5% tidak berpengaruh terhadap laju transmisi uap air *edible film*. *Karagenan* merupakan karbohidrat yang bersifat hidrofilik. Namun, pada penggunaan konsentrasi *karagenan* 2,0-3,5% kemungkinan belum memengaruhi laju transmisi uap air. Lewerissa (2005) menyatakan bahwa peningkatan laju transmisi uap air *edible film* disebabkan oleh bertambahnya komponen hidrofilik yang terdapat dalam matriks *edible film*, sehingga memudahkan uap air melewatinya. Lebih lanjut Cho *et al.* (2004) menyatakan bahwa tingginya nilai laju transmisi uap air berhubungan dengan kandungan protein yang tinggi dalam *edible film* yang berbahan gelatin. *Edible film* dengan jumlah protein yang tinggi dan tebal dapat menyerap lebih banyak air dari lingkungan (Mc Hugh *et al.*, 1996). *Edible film* dengan kandungan protein yang tinggi kemungkinan lebih higroskopik dibandingkan dengan *edible film* yang mengandung protein rendah.

Hal lain yang menyebabkan tidak berpengaruhnya laju transmisi uap air pada penelitian ini adalah ketebalan. Pada penelitian ini penggunaan konsentrasi 2,0-3,5% memiliki ketebalan yang hampir sama (Tabel 1). Were *et al.* (1999) mengemukakan bahwa ketebalan *film*, memengaruhi sifat fisik dan laju uap air *edible film*.

Ketebalan *Edible Film*

Ketebalan *edible film* diperoleh hasil yang hampir sama pada semua perlakuan perbedaan konsentrasi *karagenan* (Tabel 1). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi *karagenan* pada konsentrasi 2,0-3,5% tidak berpengaruh terhadap ketebalan *edible film*. Hal ini diduga karena penggunaan konsentrasi *karagenan* belum menunjukkan

komposisi penyusun bahan yang berbeda. Beberapa penelitian *edible film* dengan berbagai bahan, juga tidak menunjukkan perbedaan dalam ketebalan. Hal tersebut dilaporkan pada penelitian *edible film* yang berbahan gelatin dan gliserol dengan ketebalan sekitar 0,050-0,081 mm oleh Vanin *et al.* (2005). Laporan Taufik (2011) dalam penelitian *edible film* berbahan konsentrasi gelatin dengan ketebalan yang tidak berbeda yaitu sekitar 0,09 mm mendapatkan hasil yang mirip. Ketebalan *edible film* berbahan *whey* protein konsentrat yaitu 0,11 mm dan *whey* protein isolat yaitu 0,11 mm dilaporkan Chen (1995), sedangkan ketebalan *edible film* berbahan campuran quinoa protein dan chitosan yaitu 0,051-0,159 mm dilaporkan oleh Abugoch *et al.* (2011).

Beberapa hal yang dapat memengaruhi ketebalan *edible film* antara lain komposisi bahan dan sifat komponen penyusunnya. Wang *et al.* (2010) mengemukakan bahwa ketebalan *edible film* lebih bergantung pada sifat dan komposisi bahan. Hal serupa dikemukakan Di Pierro *et al.* (2006) bahwa ketebalan *edible film* ditentukan oleh sifat dan kandungan polimer penyusunnya. Beberapa perbandingan ketebalan *edible film* pada penelitian ini dengan beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan tingkat ketebalan yang berbeda. Perbedaan ketebalan *edible film* bergantung pada penggunaan jenis dan komposisi bahan dalam pembuatan.

Mikrostruktur *Edible Film*

Karakteristik mikrostruktur *edible film* dengan **Scanning Electron Microscopy (SEM)** merupakan elemen yang penting untuk mengetahui sifat *edible film*. Mikrostruktur *edible film* dengan penambahan konsentrasi *karagenan* disajikan pada Gambar 2. Mikrostruktur *edible film* (1a) dengan penambahan *karagenan* 2% tampak ikatan molekul bahan belum menyebar merata. Di bagian tertentu masih nampak area memiliki ikatan molekul yang renggang. Hal tersebut disebabkan karena konsentrasi *karagenan* masih belum mencukupi untuk terbentuknya ikatan. Mikrostruktur *edible film* (1b) dengan penambahan *karagenan* 2,5% menunjukkan ikatan dan penyebaran molekul semakin merata di setiap area dibandingkan dengan konsentrasi *karagenan* 2%. Penambahan *karagenan* 3% dan 3,5% (Gambar 2c dan 2d) memperlihatkan ikatan antar molekul yang lebih sempurna dan sangat padat. Herliany *et al.* (2013) menunjukkan bahwa konsentrasi *karagenan*

akan memperlihatkan kondisi mikrostruktur *edible film*. Penggunaan konsentrasi *karagenan* 0,5% menunjukkan mikrostruktur *edible film* dengan kondisi yang lebih kasar dan terbuka.

Peningkatan konsentrasi *karagenan* terbukti mampu memperbaiki struktur internal *edible film* yang ditandai dengan berkurangnya zona renggang sehingga strukturnya lebih kompak dan padat. Wang *et al.* (2010) mengemukakan bahwa semakin banyak penambahan konsentrasi *sericin* mengindikasi bahwa mikrostruktur *edible film* semakin kasar dan ikatan silang molekul-molekul dalam *film* semakin terbentuk. Hal ini sejalan dengan nilai kemuluran yang dihasilkan, yakni semakin tinggi penambahan konsentrasi *karagenan* maka semakin tinggi pula nilai kemuluran *edible film*.

SIMPULAN

Penggunaan konsentrasi *karagenan* hingga 4% untuk pembuatan *edible film* tidak mengubah nilai warna *L, *a dan *b, laju transmisi uap air, dan nilai ketebalan. Berdasarkan mikrostruktur *edible film*, penggunaan konsentrasi *karagenan* dari 2,5% molekul-molekulnya telah terdistribusi dengan baik ke semua area.

SARAN

Sebaiknya untuk pembuatan *edible film* berbahan *whey dangke* menggunakan konsentrasi 4%. Kekentalan larutan *edible film* dengan konsentrasi 4% dapat mempermudah proses pembuatan dan struktur *edible film* yang terbentuk lebih kompak dan padat secara mikrostruktur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kemenristek Dikti yang telah memberikan dana Penelitian dan Unggulan Perguruan Tinggi dengan nomor kontrak SP-DIPA-042.06-0/2017 LP2M Universitas Hasanudin atas kerjasamanya dan bantuan saudara Fahrullah, Alum, dan Wahyuni yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abugoch LE, Tapia C, Villaman MC, Yasdani-Pedram M, Diaz-Dosque M. 2011. Characterization of quinoa protein-chitosan blend edible films. *Food Hydrocolloids* 25: 879-866.
- Awwaly KU, Manab A, Wahyuni E. 2010. Pembuatan *edible film* protein *whey*: kajian rasio protein dan gliserol terhadap sifat fisik dan kimia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak* 5(1): 45-56.
- Bae HJ, Dong SC, Williams SW, Hyun JP. 2008. Film and pharmaceutical hard capsule formation properties of mungbean, waterchestnut, and sweet potato starches. *Food Chemistry* 106(1): 96-105.
- Bourtoom TMS, Chinnan P, Jantawat R, Sanguandee R. 2006. Effect of select parameters on the properties of edible film from water-soluble protein in surimi wash-water. *LWT-Food Science and Technology* 39(4): 406-419.
- Bourtoom T. 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Journal* 15(3): 237-248.
- Callegarin F, Quezada Gallo JA, Debeaufort F, Voilley A. 1997. Lipids and biopackaging. *J Am Oil Chem Soc* 74(10): 1183-1192.
- Chen H. 1995. Functional properties and application of edible films made of milk proteins. *Journal Dairy Science* 78(11): 2563-2583.
- Cho SM, Kwak KS, Park DC, Gu YS, Ji CI, Jang DH. 2004. Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage. *Food Hydrocolloid* 18(4): 573-579.
- Cho SY, Park L, Batt HP, Thomas RL. 2007. Edible film made from membrane processed soy protein concentrates. *LWT-Food Science and Technology* 40: 418-423.
- Di Pierro PB, Chico R, Villalongan L, Mariniello A, Damiao P, Masi. 2006. Chitosan-whey protein edible films produces in the presence of transglutaminase; analysis of their and barrier properties. *Biomacromolecules* 7(3): 744-749.

- Fardiaz D dan Radiati LE. 1991. *Produksi Renin Mucor pusillus pada Substrat Limbah Minyak Jagung*. Bogor. PAU Pangan dan Gizi, IPB.
- Fatma, Malaka R, Taufik M. 2015. Karakteristik *edible film* berbahan dangke dan agar dengan menggunakan gliserol dengan persentase berbeda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan* 4(2): 63-69.
- Gounga ME, Xu SY, Wang Z. 2007. Whey protein isolate-based edible films as affected by protein concentration, glycerol ratio and pullulan addition in film formation. *J. Food Engineering* 83(4): 521-530.
- Handito D. 2011. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap sifat fisik dan mekanik *edible film*. *Agroteskos* (21): 151-157.
- Herliany EH, Santoso J, Salamah E. 2013. *Karakteristik Biofilm Berbahan Dasar Karagenan*. Program Studi Ilmu Kelautan. Bengkulu. Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu.
- Jongjareonrak A, Benjakul S, Visessanguan W, Prodpran T, Tanaka M. 2006. Characterization of edible film from skin gelatin of brownstrip red snapper and bigeye snapper. *Food Hydrocolloid* 20: 492-501.
- Lewerissa S. 2005. Pengaruh umur panen *Eucheuma cottonii* terhadap karakteristik karagenan dan *edible film* yang dihasilkan. (Tesis). Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada.
- Li J, Chen HJ, Chen H. 2007. Biodegradation of whey protein-based edible films. *J Polym Environ* 8(3): 135-144.
- Mc Hugh TH, Huxsoll CC, Krochta JM. 1996. Permeability properties of fruit puree edible films. *Journal of Food Science* 61(1): 88-91.
- Oses J, Fernandez-Pan I, Mendoza M, Mate JI. 2009. Stability of mechanical properties of edible film based on whey protein isolate during storage at different relative humidity. *Journal Food Hydrocolloids* 23(1): 125-131.
- Sobral PJA, Menegalli FC, Hubinger MD, Roques MA. 2001. Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible. *Journal Food Hydrocolloids* 15(4): 423-432.
- Sothornvit R dan Krochta JM. 2000. Water vapor permeability and solubility of film from hydrolyzed whey protein. *Journal of Food Science* 65(4): 700-703.
- Sukkunta S. 2005. Physical and mechanical properties of chitosan-gelatin based film. (Thesis). Thailand: Mahidol University.
- Taufik M. 2011. Potensi kulit kaki ayam broiler sebagai bahan dasar gelatin dan *edible film*. (Disertasi). Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada.
- Vanin FM, Sobral PJA, Menegalli FC, Carvalho RA, Habitante AMQB. 2005. Effects of plasticizers and their concentrations on thermal and functional properties of gelatin-based films. *Food Hydrocolloid* (19): 899-907.
- Wang L, Auty MAE, Joe PK. 2010. Physical assessment of composite biodegradable films manufactured using whey protein isolate, gelatin and sodium alginate. *Journal Food Engineering* 96(2): 199-207.
- Were L, Hettiarachchy NS, Colemann M. 1999. *Properties of cysteine-added soy protein-wheat gluten films*. *J Food Sci* (64): 514-518.
- Wittaya T. 2013. Influence of type and concentration of plasticizer on the properties of edible film from mung bean proteins. *KMITL Science and Technology Journal* 13(1): 51-58.
- Yulianti R, Ginting E. 2012. Perbedaan karakteristik fisik *edible film* dari umbi-umbian yang dibuat dengan penambahan plasticizer. *Penelitian Tanaman Pangan* 31(2): 131-136. <http://pangan.litbang.pertanian.go.id/files/09-pp022012.pdf>.
- Yoshida CMP, Antunes AJ. 2004. Characterization of whey protein emulsion film. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 21(2): 247-252.