

PEMANFAATAN LIMBAH *WHEY* KEJU *MOZZARELLA* MENJADI *EDIBLE FILM* DENGAN PENAMBAHAN KARAGENAN DAN GLISEROL

UTILIZATION OF WASTE *WHEY* *MOZZARELLA* CHEESE BECOME AN *EDIBLE FIIM* WITH ADDITIONS *CARAGENAN* AND *GLYCEROL*

TRI KUNDARINI¹, RAHAYU DYAH ASTUTI¹, SUNDARI SETYANINGSIH¹

¹Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Intan Yogyakarta, 55284.

*Email : trikundarini@gmail.com

ABSTRACT

Cheese is a dairy product that is rich in protein, minerals and vitamins. Cheese is made through a coagulation process to obtain a solid in the form of curd and a liquid in the form of whey. Whey is a by-product of the cheese-making industry in the form of a yellow liquid from the filtering and pressing of the curd. One of the cheese factories in Sleman, namely Rumah Cheese Jogja, can produce approximately 50-70 kg of cheese every month, so that the by-product of whey is quite abundant.

Utilization of whey is needed to reduce environmental pollution. Whey from cheese waste has the potential to be made edible film because it still contains protein. One of the disadvantages of edible films is that they are easily brittle. Glycerol and carrageenan are ingredients that are often added in the manufacture of edible films to improve the characteristics of edible films to become elastic, flexible and not easily brittle.

In this study, an edible film was made from mozzarella whey with the addition of carrageenan and glycerol. This study aims to utilize mozzarella whey waste, to determine the effect of adding carrageenan and glycerol with different concentrations to the characteristics of edible film, and to determine the best treatment. Parameters tested were water vapor transmission rate, thickness, tensile strength, and elongation. This study used a factorial Completely Randomized Design (CRD) method with 2 factors, namely the addition of carrageenan with concentrations (1%, 2%, 3%) and glycerol with concentrations (3%, 6%).

The results showed that there was no interaction between the addition of carrageenan and glycerol to the characteristics of the edible film. The best treatment based on quality standards is a combination of treatment with the addition of 2% carrageenan and 6% glycerol with a water vapor transmission rate of 3.7839 g/m²/day, 0.27 mm thickness, 0.396 Mpa tensile strength, and 34.21% elongation.

Keywords: edible film, whey, glycerol, carrageenan

INTISARI

Keju merupakan produk olahan susu yang kaya akan protein, mineral dan vitamin. Keju dibuat melalui proses koagulasi untuk mendapatkan zat padat berupa *curd* dan cairan berupa *whey*. *Whey* adalah hasil samping dari industri pembuatan keju berupa cairan berwarna kuning dari hasil penyaringan dan pengepresan *curd*. Salah satu pabrik keju di Sleman yaitu Rumah Keju Jogja dapat memproduksi kurang lebih 50-70 kg keju setiap bulan, sehingga hasil samping *whey* cukup melimpah.

Pemanfaatan *whey* sangat diperlukan untuk mengurangi pencemaran lingkungan. *Whey* hasil limbah keju berpotensi untuk dibuat *edible film* karena masih memiliki kandungan protein. Salah satu kelemahan *edible film* adalah bersifat mudah rapuh. Gliserol dan karagenan merupakan bahan yang sering ditambahkan dalam pembuatan *edible film* untuk memperbaiki karakteristik *edible film* menjadi elastis, fleksibel dan tidak mudah rapuh.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan *edible film* dari *whey mozzarella* dengan tambahan karagenan dan gliserol. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah *whey mozzarella*, mengetahui pengaruh penambahan karagenan dan gliserol dengan konsentrasi yang berbeda terhadap karakteristik *edible film*, serta mengetahui perlakuan yang terbaik. Parameter yang diuji yaitu laju transmisi uap air, ketebalan, kekuatan tarik, dan elongasi. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor yaitu penambahan karagenan dengan konsentrasi (1%, 2%, 3%) dan gliserol dengan konsentrasi (3%, 6%).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antar perlakuan penambahan karagenan dan gliserol terhadap karakteristik *edible film*. Perlakuan terbaik berdasarkan standar mutu yaitu kombinasi perlakuan penambahan karagenan 2% dan gliserol 6% dengan nilai laju transmisi uap air 3.7839 g/m²/hari, ketebalan 0.27 mm, kuat tarik 0.396 Mpa, dan elongasi 34.21%

Kata kunci: *edible film*, *whey*, gliserol, karagenan

PENDAHULUAN

Keju merupakan produk olahan dari susu yang banyak mengandung vitamin, protein, dan mineral. Keju dibuat melalui proses koagulasi untuk mendapatkan zat padat berupa *curd* dan cairan berupa *whey*. *Whey* adalah hasil samping dari pembuatan keju berupa cairan berwarna kuning yang diperoleh dari penyaringan dan pengepresan *curd*. *Whey* dapat menyebabkan pencemaran lingkungan apabila tidak dimanfaatkan dengan baik. Salah satu pabrik keju di Sleman yaitu Rumah Keju Jogja dapat memproduksi keju ± 50-70 kg keju setiap bulan, sehingga hasil samping *whey* cukup melimpah.

Produksi keju *mozzarella* menghasilkan limbah *whey* sekitar 85% sampai 90% dari volume susu dan didalamnya masih terkandung 55% nutrisi sumber karbon berupa laktosa dan sumber nitrogen berupa protein (Kosikowski, 1976). *Whey* hasil limbah keju berpotensi untuk dibuat *edible film* karena masih memiliki kandungan protein. *Edible film* merupakan lapisan tipis yang digunakan untuk melapisi makanan yang berfungsi sebagai penahan terhadap transfer massa seperti air, oksigen, lemak, dan cahaya atau berfungsi sebagai pembawa bahan tambahan pangan (Krochta, 1992). Salah satu kelemahan *edible film*

adalah bersifat rapuh. Salah satu bahan yang sering ditambahkan untuk memperbaiki karakteristik *edible film* adalah *plasticizer*, sehingga *edible film* menjadi elastis, fleksibel dan tidak mudah rapuh.

Gliserol adalah salah satu *plasticizer* yang sering digunakan dalam pembuatan *edible film*. Gliserol merupakan *plasticizer* dengan berat molekul rendah, mudah masuk ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan hidrogen dengan gugus reaktif protein. Sifat - sifat tersebut yang menyebabkan gliserol cocok digunakan sebagai *plasticizer* (Galieta, *et all*, 1998). Gliserol merupakan senyawa dengan rumus kimia C₃H₈O₃. Nama lain gliserol adalah gliserin. Sifat fisik gliserol tidak berwarna, tidak berbau, rasanya manis, berbentuk cairan, meleleh pada suhu 17,8°C, mendidih pada suhu 290°C serta larut dalam air dan etanol. Gliserin terdapat dalam bentuk ester (gliserida) pada semua hewan, lemak nabati dan minyak (Ningsih, 2015). Huri dan Nisa (2014) menyatakan bahwa gliserol termasuk jenis *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, menambah sifat polar dan mudah larut dalam air. Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* pada *edible film* akan menghasilkan film yang lebih fleksibel. Pemanfaatan gliserol sebagai *plasticizer* telah banyak digunakan, dibandingkan dari pelarut seperti sorbitol,

gliserol lebih menguntungkan karena mudah tercampur dalam larutan *film*, sedangkan sorbitol sulit bercampur dan mudah mengkristal pada suhu ruang. Kelebihan lain gliserol yaitu dapat meningkatkan fleksibilitas pada *edible film*.

Bahan lain yang digunakan untuk memperbaiki karakteristik *edible film whey* adalah karagenan. Karagenan dalam industri makanan biasa digunakan sebagai bahan pengental, pensuspensi, dan pembentuk gel, sehingga dapat memperbaiki karakteristik *edible film*. Karagenan merupakan polisakarida linier yang diperoleh dari rumput laut merah dan dapat diolah untuk pangan. Pada bidang industri karagenan berfungsi sebagai stabilisator (pengatur keseimbangan), *thickener* (bahan pengental), pembentuk gel dan lain-lain. Dalam industri makanan karagenan dikategorikan sebagai salah satu bahan tambahan makanan. Karagenan hasil ekstraksi dapat diperoleh melalui pengendapan dengan alkohol. Jenis alkohol yang biasa digunakan untuk pemurnian hanya terbatas pada methanol, etanol, isopropanol (Winarno, 2000)

Karagenan adalah polimer yang larut dalam air dari rantai linear sebagai galaktan sulfat yang memiliki potensi sebagai pembentuk *edible film*. Karagenan merupakan hidrokoloid yang potensial untuk dibuat *edible film*, karena sifatnya dapat membentuk gel, stabil, elastis, dan dapat dimakan. Hidrokoloid memiliki kelebihan antara lain kemampuan yang baik melindungi produk terhadap oksigen, karbondioksida dan lipid serta sifat mekanis yang diperlukan. Kelemahan jenis karbohidrat kurang baik dalam hal menahan migrasi uap air. Selain itu karagenan merupakan polisakarida non kalori yang sering disebut *dietary fibre* (serat makanan)

yang baik untuk pencernaan. Konsumsi serat dalam jumlah tinggi akan mencegah timbulnya berbagai penyakit seperti kanker usus besar, penyakit kardiovaskuler dan kegemukan (Susilowati, 2018)

Beberapa tahun terakhir penelitian tentang pemanfaatan *whey* telah banyak dilakukan. Ningsih (2015) telah membuat *edible film* dengan memadukan *whey* dangke bubuk, agar, dan gliserol. Arseysa (2021) telah membuat *edible film* dengan memadukan *whey mozzarella* segar, ekstrak jahe merah dan gliserol, serta Rusli dkk (2017) telah membuat *edible film* dari karagenan dengan tambahan gliserol. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pembuatan *edible film* yang memadukan *whey mozzarella* dengan penambahan karagenan dan gliserol pada konsentrasi yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah *whey mozzarella*, mengetahui interaksi antar perlakuan penambahan karagenan dan gliserol serta mengetahui konsentrasi karagenan dan gliserol yang terbaik.

BAHAN DAN METODE

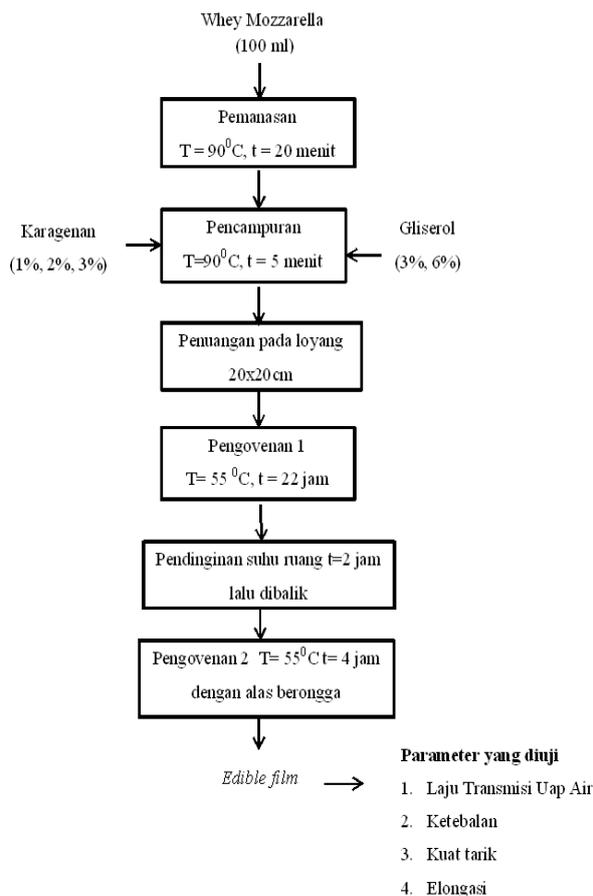
Bahan pembuatan *edible film* adalah *whey mozzarella*, berwarna putih kekuningan, serta beraroma susu dari hasil produksi keju *mozzarella* di Rumah Keju Jogja. Karagenan dibeli di toko Amunisi Keto DEBM, gliserol dibeli di toko kimia pedia. Bahan untuk pengujian yaitu aquades, NaCl, dan silika gel yang dibeli dari toko CV. Progo Mulyo.

Alat untuk membuat *edible film* yaitu timbangan analitik, kaca arloji, gelas ukur, gelas beker, batang pengaduk, spatula, *hotplate*, *magnetic stirrer*, loyang ukuran 20x20 cm, dan universal oven. Sedangkan alat untuk pengujian yaitu cawan ukuran 30

ml atau luas penampang yang sama, desikator, hygrometer, Universal Testing Machine LIyod Zwick dan penggaris.

Parameter yang diuji meliputi Laju Transmisi Uap Air (metode ASTM E-16), Ketebalan (metode mikrometer skrup dengan ketelitian 0,01 mm), Kuat Tarik dan Elongasi (metode ASTM D).

Cara pembuatan *edible film* disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan *edible film*

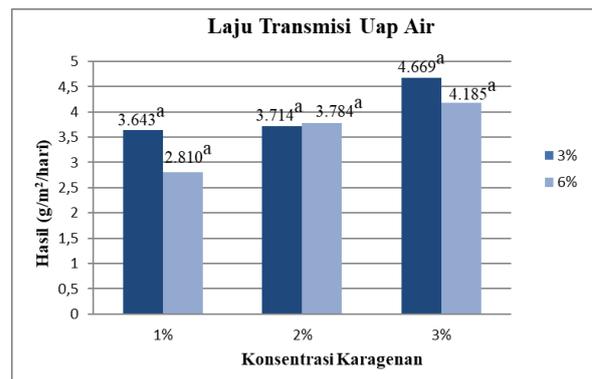
Penelitian ini dirancang dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi karagenan (1%, 2%, 3%) dan faktor kedua adalah konsentrasi gliserol (3%, 6%). Kombinasi 2 faktor penelitian ini menghasilkan 6 perlakuan yang diulang sebanyak 3x sehingga menghasilkan 18 unit perlakuan. Data yang diperoleh

dianalisis menggunakan program IBM SPSS versi 26 dengan metode *Analysis of Variant (ANOVA)* pada taraf signifikansi 5%. Apabila terdapat perbedaan nilai tengah maka dilakukan uji lanjut dengan metode Duncan's Mutiple Range Test (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Laju Transmisi Uap Air

Laju Transmisi Uap Air (*Water Vapour Transmition Rate/WVTR*) merupakan laju permeabilitas uap air melalui suatu unit luasan bahan yang permukaannya rata dengan ketebalan tertentu, sebagai akibat dari suatu perbedaan unit tekanan uap antara dua permukaan tertentu pada kondisi dan kelembaban tertentu (Krochta, 1992).



Gambar 2. Grafik Hasil Laju Transmisi Uap Air (g/m²/hari)

Pada Gambar 1 menunjukkan tidak ada interaksi antara penambahan karagenan dan gliserol terhadap laju transmisi uap air. Karagenan merupakan salah satu bahan pembentuk *edible film* yang tergolong hidrokoloid dan umumnya merupakan bahan dengan ketahanan uap air yang kurang baik. Sifat hidrofilik karagenan memungkinkan *edible film* yang dihasilkan mudah menyerap uap air (Bourtoom, 2008). Namun, karagenan memiliki kemampuan yang baik untuk melindungi produk terhadap oksigen,

karbondioksida dan lipid serta sifat mekanis yang diperlukan.

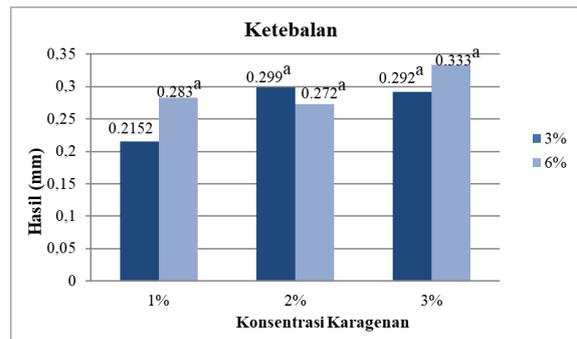
Gliserol juga merupakan *plasticizer* yang hidrofilik, sehingga dapat mengikat air. Namun gliserol memiliki berat molekul rendah yang mudah larut dalam jaringan *edible film*, sehingga membuat jaringan lebih menyatu dan dapat memperlambat laju transmisi uap air.

Pada Gambar 1 juga dapat dilihat bahwa seiring meningkatnya konsentrasi karagenan laju transmisi uap air cenderung meningkat namun tidak signifikan, baik pada penambahan gliserol 3% maupun 6%. Laju transmisi uap air berkaitan dengan bahan yang digunakan pada pembuatan *edible film*. Dalam hal ini karagenan dan gliserol termasuk hidrofilik sehingga meningkatkan laju transmisi uap air.

Hasil pengukuran laju transmisi uap air semua kombinasi perlakuan pada penelitian ini memenuhi standar mutu *Japan Industrial Standard* karena hasil di bawah $<7 \text{ gr/m}^2/\text{hari}$. Berdasarkan nilai laju transmisi uap air, perlakuan yang terbaik yaitu kombinasi karagenan 1% dan gliserol 6%.

B. Ketebalan

Ketebalan *edible film* merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas *edible film* untuk mengemas produk makanan, karena ketebalan sangat berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik *edible film*, seperti kekuatan tarik, elongasi, dan laju transmisi uap air.



Gambar 2. Grafik Hasil Ketebalan (mm)

Pada Gambar 2 menunjukkan tidak ada interaksi antar perlakuan penambahan karagenan dan gliserol dengan konsentrasi berbeda terhadap ketebalan *edible film* ($P>0.05$). Menurut Lenart dan Galus (2013) dalam Rusli dkk (2017) tingkat konsentrasi karagenan dalam pembuatan *edible film* menyebabkan peningkatan padatan terlarut dalam larutan pembentuk *edible film* sehingga meningkatkan ketebalan. Konsentrasi gliserol juga berpengaruh terhadap peningkatan ketebalan *edible film* karena molekul gliserol akan menempati rongga didalam matriks *edible film* dan berinteraksi dengan polimer lain. Gliserol ini menyebabkan jarak antar molekul polimer meningkat sehingga meningkatkan ketebalan *edible film* (Sudaryati dkk. 2010)

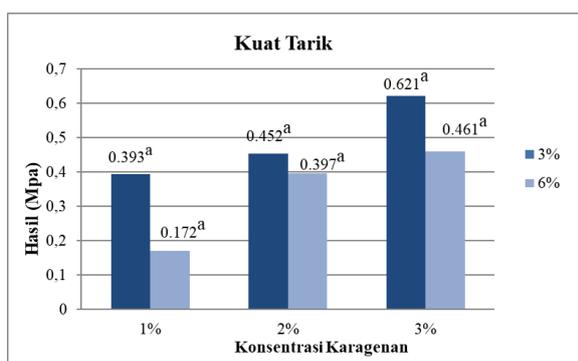
Pada Gambar 2 juga dapat dilihat ketebalan *edible film* cenderung meningkat dengan penambahan karagenan dan gliserol, namun tidak signifikan. Hal lain yang mempengaruhi ketebalan *edible film* yaitu banyaknya larutan yang dituangkan dalam cetakan. *Edible film* yang terbentuk akan lebih tebal apabila volume larutan yang dituang ke dalam cetakan yang sama lebih banyak. Supeni (2015) juga menyatakan bahwa ketebalan *film* dipengaruhi oleh banyaknya total padatan dalam larutan dan ketebalan cetakan. Dengan cetakan yang sama, hasil *edible film* akan menjadi lebih

tebal apabila volume larutan yang dituangkan lebih banyak. Demikian juga total padatan dengan jumlah yang lebih banyak akan membuat *edible film* menjadi lebih tebal.

Ketebalan *edible film* yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 0.215 – 0.333 mm. Nilai ketebalan *edible film* ini tidak sesuai standar karena melebihi standar ketebalan maksimum menurut *Japan Industrial Standard* yaitu 0.25, tetapi pada kombinasi karagenan 1% dan gliserol 3% menghasilkan nilai ketebalan sesuai standar yaitu 0.215. Berdasarkan nilai ketebalan *edible film*, perlakuan yang terbaik adalah kombinasi perlakuan penambahan karagenan dengan konsentrasi 1% dan gliserol 3%

C. Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai *edible film* tetap bertahan sebelum putus/sobek. Pengukuran kuat tarik terkait dengan besarnya gaya yang dicapai sampai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area film untuk merenggang. *Edible film* yang elastis memudahkan dalam mengemas dan menyesuaikan dengan bentuk bahan pangan. Nilai kuat tarik yang tinggi menentukan standar *edible film* yang baik, tidak mudah sobek/rapuh saat terkena gesekan atau perlakuan mekanis.



Gambar 3. Grafik Hasil Kuat Tarik (Mpa)

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antar perlakuan penambahan karagenan dan gliserol terhadap nilai kuat tarik *edible film* ($P > 0.05$). Penambahan jumlah karagenan dalam larutan pembuatan *edible film* menyebabkan ikatan antar molekul penyusun *edible film* meningkat sehingga menghasilkan *edible film* yang semakin kuat. Ariska dan Suyatno (2015) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi karagenan yang ditambahkan dalam pembuatan *edible film* maka akan membentuk matriks *film* yang semakin kuat, sehingga gaya yang dibutuhkan untuk menarik *edible film* juga semakin besar.

Peningkatan konsentrasi karagenan cenderung meningkatkan nilai kuat tarik *edible film*, namun tidak signifikan (Gambar 3). Nilai kuat tarik pada perlakuan penambahan gliserol 6% lebih rendah nilainya daripada perlakuan penambahan gliserol 3%. Gliserol menyebabkan kuat tarik *edible film* menurun karena terjadinya penurunan interaksi antar molekul. Hal ini sejalan dengan penelitian.

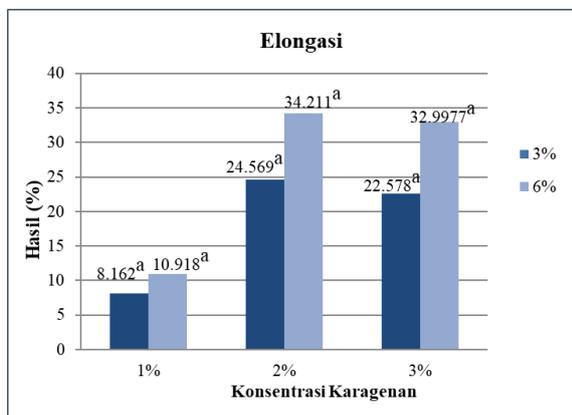
Nilai kuat tarik berkaitan dengan nilai elongasi, apabila nilai elongasi besar maka nilai kuat tarik kecil (Nikmah, 2020). Namun, nilai kuat tarik juga dipengaruhi oleh ketebalan *edible film*. Semakin banyak padatan yang terlarut menyebabkan ikatan pembentuk *edible film* semakin kuat, sehingga berpengaruh pada besarnya gaya untuk memutus *edible film*.

Secara umum nilai kuat tarik *edible film* yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi standar minimal berdasarkan *Japan Industrial Standard* yaitu 0.39 Mpa, tetapi pada kombinasi perlakuan karagenan 1% dan gliserol 6% tidak sesuai standar karena dibawah 0.39 Mpa. Berdasarkan nilai kuat tarik, perlakuan yang terbaik yaitu

kombinasi perlakuan penambahan karagenan dengan konsentrasi 3% dan gliserol 3%.

D. Elongasi

Elongasi merupakan persentase pertambahan panjang *film* pada saat ditarik sampai sobek atau putus. Nilai elongasi menunjukkan fleksibilitas *edible film*. Pengukuran elongasi terkait dengan rasio perubahan panjang awal dan panjang akhir *edible film* setelah meregang sampai putus. Semakin besar nilai elongasi, maka fleksibilitas *edible film* semakin baik dan tidak mudah sobek.



Gambar 4. Grafik Hasil Elongasi (%)

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara perlakuan penambahan karagenan dan gliserol dengan konsentrasi yang berbeda terhadap nilai elongasi *edible film* ($P > 0.05$). Hal ini ditandai dengan angka yang sama menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nyata. Meskipun demikian, penambahan karagenan dan gliserol mempengaruhi nilai elongasi *edible film*. Hasil penelitian sebelumnya Handito (2011) telah melaporkan bahwa semakin tinggi konsentrasi karagenan yang digunakan dalam pembuatan *edible film*, maka molekul karagenan akan membentuk matriks *film* yang semakin kuat.

Nilai elongasi cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi karagenan dan gliserol, namun tidak signifikan (Gambar 4). Pada grafik terlihat pula nilai elongasi pada semua kombinasi perlakuan dengan konsentrasi gliserol 6% lebih tinggi nilainya daripada konsentrasi gliserol 3%. Hal ini disebabkan karena penambahan gliserol dalam pembuatan *edible film* bersifat mengurangi interaksi antar molekul diantara rantai polimer yang berdampak pada fleksibilitas *edible film* (Zhong dan Xia 2008).

Nilai elongasi berkaitan dengan nilai kuat tarik. Apabila nilai kuat tarik kecil, maka nilai elongasinya besar (Nikmah, 2020). Namun dalam penelitian ini nilai elongasi juga dipengaruhi oleh ketebalan *edible film*. Semakin tebal *edible film*, maka nilai elongasinya juga semakin besar. Nilai elongasi *edible film* yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 8.16% - 34.21%. *Japan Industrial Standard* menetapkan bahwa persen elongasi dikategorikan jelek apabila kurang dari 10% dan dikategorikan sangat baik apabila lebih dari 50%.

Penelitian ini dapat diartikan menghasilkan nilai persen pemanjangan yang baik sesuai standar, namun pada kombinasi karagenan 1% dan gliserol 3% menghasilkan nilai pemanjangan yang sangat buruk karena kurang dari 10%. Berdasarkan nilai elongasi yang dihasilkan, perlakuan yang terbaik yaitu kombinasi karagenan 2% dan gliserol 6% dengan nilai elongasi 34,21%

KESIMPULAN

1. Limbah *whey* keju mozzarella dapat dimanfaatkan menjadi *edible film*

2. Tidak ada interaksi antara perlakuan penambahan karagenan dan gliserol dengan konsentrasi yang berbeda terhadap laju transmisi uap air, ketebalan, kuat tarik, dan elongasi *edible film*
3. Pembuatan *edible film* dari bahan baku whey keju mozzarella dengan penambahan karagenan konsentrasi 2% dan gliserol 6% menghasilkan *edible film* terbaik dengan nilai laju transmisi uap air 3,7839 g/m²/hari, ketebalan 0.27 mm, kuat tarik 0.396 Mpa, dan elongasi 34.21%

- oncophyllus) dan karboksimetil selulosa. *Jurnal Teknologi Pangan*, 11(3): 196-201.
- Supeni, G. 2012. Pengaruh formulasi edible film dari karagenan terhadap sifat mekanik dan barrier. *Jurnal Kimia Kemasan*, Vol. 4 No.2:281-285
- Susilowati, E. 2018. Kulit edible film dari karagenan dengan penambahan ekstrak kunyit pada dodol substitusi rumput laut (*Eucheuma cottonii*). Skripsi. Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan. Fakultas Pertanian Peternakan. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Winarno. 2000. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Zhong QP, Xia WS. 2008. Physicochemical properties of edible and preservative films from chitosan/cassava starch/gelatin blend plasticized with glycerol. *Food Technology and Biotechnology*, 46(3) 262-269.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariska RE, Suyatno. 2015. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap sifat fisik dan mekanik edible film dari pati bonggol pisang dan karagenan dengan plasticizer gliserol. Prosiding. Seminar Nasional Kimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Surabaya, 3-4 Oktober 2015
- Arsesya, A. K. 2021. Karakteristik Fisik, Mekanik, Barrier dan Zona Hambat Edible film Whey Produk Samping Keju Mozzarella dengan Penambahan Gliserol dan Antimikrobia dari Ekstrak Jahe Merah. Skripsi. Program Studi Teknologi Pangan. Fakultas Pertanian Peternakan. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Bourtoom, T. 2008. Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan. *Songklanakarin J, Sci, Technol* Vol 30, 149-165.
- Galiotta, Di Gioia, Guilbert and Cuq. 1998. Mechanical and thermomechanical properties of films based on whey proteins as affected by plasticizer and crosslinking agents. *Journal of Dairy Science*, 81, 3123-3130.
- Handito, D. 2011. Pengaruh konsentrasi karagenan terhadap sifat fisik dan mekanik edible film. *Agroteksos*, 21(2-3). 151-157.
- Huri D dan Nisa F.C. 2014. Pengaruh konsentrasi gliserol dan ekstrak ampas kulit apel terhadap karakteristik fisik dan kimia edible film. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* Vol.2 No. 4, 29-40.
- JIS. 1975. *Japanese Industrial Standard 2 1707*. Japan: Japanese Standards Association.
- Kosikowski, F. 1976. Our Industry Today. *Journal of Dairy Science*, 62 (7):1149-1160.
- Krochta, J. 1992. Control of Mass Transfer in Foods with Edible-Coatings and Films. *Advances in Food Engineering*, 517-538.
- Nikmah, M. 2020. Pengaruh Konsentrasi Pati Garut Pada Pembuatan Edible Film. Skripsi. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Semarang.
- Ningsih, S. H. 2015. Pengaruh Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film Campuran Whey Dan Agar. Skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Hasanudin.
- Rusli A, Metusalach, Salengke, tahir MM. 2017. Karakterisasi edible film karagenan dengan plasticizer gliserol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(2):219-229
- Sudaryati H.P, Mulyani S.T, Hansyah E.R. 2010. Sifat fisik dan mekanis edible film dari tepung porang (*Amorphophallus*