Review: Pemanfaatan Enzim Alpha-amilase pada Modifikasi Pati Singkong Sebagai Substitusi Gelatin Produk *Marsmallow*

Utilization of Alpha-amilase in Cassava Starch Modification as Gelatin Substitution at Marsmallow Product

Ainezzahira[1], Hafiza Dwi Multri[1], Warsono El Kiyat[2a], Nursyawal Nacing[3], Dini Wulan Dari[4]

[1]Dept. Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Ilmu Hayati, Universitas Surya; Jl. M. H. Thamrin Km 2.7, Banten
[2]Intitute of Biochemical Science, College of Life Science, National Taiwan University; No. 1, Sec. 4, Roosevelt Rd., Taipe 10617. Taiwan
[3]Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Ilmu Pangan Halal, Universitas Djuanda Bogor; Jl.Tol Ciawi No.1
[4]Program Studi Ilmu Gizi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Baiturrahim Jambi; Jl. Prof. DR Moh. Yamin No. 30, Lb. Bandung, Kec. Jelutung, Kota Jambi, Jambi 36135, Indonesia
[a] Korespondensi: Warsono El Kiyat, Email: warsono.el.kiyat@gmail.com

(Diterima oleh Dewan Redaksi : 07-02-2019)

(Dipublikasikan oleh Dewan Redaksi : 30-10-2019)

ABSTRACT

Cassava is one of the Indonesian local commodities. Cassava contains high amount of starch which can be used as an alternative to gelatin in making marshmallow. The goal is knowing how the process of starch modification enzymatically with the enzyme α-amylase, know how much time of incubation and how much of α-amylase enzyme concentration to yield maltodextrin which close to gelatin and to know the utilization of cassava starch maltodextrin as an ingredient of marshmallow product. Research substitution gelatin marshmallow with cassava starch has been done. There are three ways of hydrolysis of cassava starch, one of them enzymatic with α-amylase enzyme which produce of maltodextrin. Bacillus amyloliquefaciens is one of the microbes that can produce α-amylase with good thermostability, about 100-110°C. Conditioning the enzyme concentration and long hydrolysis of the right tarch can obtain maltodextrin in optimum amounts, so it can be concluded that maltodextrin was developed further as an alternative to the use of gelatin in marshmallow products.

Keywords: α-amylase, maltodextrin, gelatin, masrhmallow

ABSTRAK

Singkong merupakan salah satu komodias lokal Indonesia. Singkong mengandung pati dalam jumlah tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif gelatin pada pembuatan *marshmallow.* Tujuan penulisan artikel ini adalah mengetahui bagaimana proses modifikasi pati secara enzimatis dengan bantuan enzim α-amilase, mengetahui berapa lama waktu inkubasi dan berapa konsentrasi enzim α-amilase untuk menghasilkan maltodekstrin yang mendekati sifat gelatin, dan mengetahui pemanfaatan maltodekstrin hasil modifikasi pati singkong sebagai ingredien produk *marshmallow*. Penelitian substitusi gelatin *marshmallow* dengan pati singkong telah banyak dilakukan. Ada tiga cara hidrolisis pati singkong, salah satunya enzimatis dengan enzim α-amilase yang menghasilkan produk berupa maltodekstrin. *Bacillus amyloliquefaciens* adalah salah satu mikroba yang dapat menghasilkan α-amilase dengan *thermostability* yang baik, sekitar 100–110°C. Pengkondisian konsentrasi enzim dan lama hidrolisis pati singkong yang tepat dapat memperoleh maltodekstrin dalam jumlah optimal sehingga maltodekstrin dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif penggunaan gelatin pada produk *marshmallow.*

Kata kunci: α-amilase, maltodekstrin, gelatin, *marshmallow*

Ainezzahria, Ainezzahria, Hafizah Dwi Multri, Warsono El Kiyat, Nursyawal Nacing, Dini Wulan Dari. 2019. Pemanfaatan Enzim Alpha-amilase pada Modifikasi Pati Singkong Sebagai Subtitusi Gelatin Produk Marsmallow. *Jurnal Agroindustri Halal* 5(2): 220 – 227.

PENDAHULUAN

Gelatin merupakan protein larut air yang dalam industri pangan berfungsi sebagai agen pembentuk gel, pengental, penstabil, pembuih, dan pengemulsi. Sifat fungsional gelatin terbagi menjadi dua, yaitu sifat fungsional gelatin sebagai pembentuk gel dan sifat fungsional gelatin untuk sifat permukaan produk. Hingga tahun 2015 Indonesia masih mengimpor 100% gelatin dengan jumlah impor mencapai 3,435,419 kg dengan harga 25,254,314 US $ (BPS 2016). Gelatin dapat diproduksi menggunakan kulit, tulang dan jaringan ikat mamalia. Saat ini telah banyak riset yang dilakukan untuk mendapatkan gelatin dari non-mammalian seperti gelatin dari ikan, gelatin dari polisakarida melalui reaksi kimia maupun enzimatis, serta gelatin dari mikroba menggunakan teknik genetik (Ehrlich 2015). Pada makalah kali ini gelatin yang akan dibahas adalah gelatin dari polisakarida yaitu pati sebagai agen pembuih yang bersifat stabil pada permen lunak (*marshmallow*).

Salah satu komoditas lokal yang dapat digunakan dalam pembuatan gelatin alternatif adalah pati singkong. Pati singkong memiliki potensi untuk dijadikan agen pembuih dengan kadungan pati yang tinggi yaitu 85% (Suryani dan Fithri 2015). Singkong merupakan komoditas lokal yang merupakan komoditas kelas dua di Indonesia setelah beras. Selain itu singkong juga merupakan tanaman yang sangat mudah untuk dibudidayakan bahkan dangan tahan terhadap serangan hama. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan pati singkong sebagai agen pembuih dengan cara memodifikasi sifat pati alami singkong menjadi termodifikasi melalui proses modifikasi pati secara enzimatis menjadi maltodekstrin. Dimana maltodekstrin dapat digunakan sebagai agen pembuih dalam formulasi pembuatan marshmallow yang merupakan salah satu sifat fungsional gelatin untuk permukaan produk.

Dalam makalah ini akan dibahas mengenai penggunaan pati singkong yang dimodifikasi secara enzimatis sebagai agen pembuih dalam pembuatan *marshmallow* dimana juga merupakan sifat fungsional gelatin untuk permukaan produk, serta mengetahui konsentrasi enzim α-amilase (EC. 3.2.1.1) dan lama inkubasi yang dibutuhkan untuk memodifikasi pati singkong sehingga memiliki sifat fungsional seperti gelatin. Kajian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana proses modifikasi pati secara enzimatis dengan bantuan enzim α-amilase, mengetahui berapa lama waktu inkubasi dan berapa konsentrasi enzim α-amilase untuk menghasilkan maltodekstrin yang mendekati sifat gelatin, dan mengetahui pemanfaatan maltodekstrin hasil modifikasi pati singkong sebagai ingredien produk *marshmallow*.

MODIFIKASI PATI DENGAN α- AMILASE

Jumlah pati di alam sangat banyak akan tetapi penggunaannya di bidang industri masih terbatas dikarenakan sifat fungsionalnya yang rendah. Modifikasi secara fisik, kimia, dan enzimatis dapat meningkatkan sifat fungsional pati alami sehingga memperluas penggunaannya terutama dalam bidang makanan (Moore *et al.* 2005).

Tabel 1 Komposisi singkong

Komponen	Komposisi
Air	149,25
Karbohidrat	94,12
Protein	3,69
Lemak	0,85
Abu	1,32

Sumber : (Setiawan 2006)

Singkong merupakan sumber pati yang sebagian besar komponennya tersusun atas air dan karbohidrat, sedangkan komponen lain seperti lemak, protein dan abu ada dalam jumlah yang relatif sedikit. komponen air dalam singkong mencapai 59,88% bahan (bb), sementara karbohidrat sebesar 37,77% (bb) dihitung berdasarkan *by difference* nilai karbohidrat hasil perhitungan tersedia pada Tabel 1 dimana didalamnya termasuk pati dan serat kasar.

Sumber karbohidrat pada singkong berupa pati dan tersusun dari banyak ikatan glikosidik yang stabil pH tinggi tetapi terhidrolisis pada pH rendah. Pati terdiri dari

amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan bentuk polimer rantai lurus panjang yang dapat memiliki hingga 6000unit sukrosa, dengan ujung α, 1-4 gilosidik. Amilopektin merupakan bentuk rantai pendek yang hanya tersusun dari 10 hingga 60 rantai pendek α 1-4 gilosidik dan 15 hingga 45 rantai α 1-6 gilosidik. Kandungan amilosa dan amilopetin pada bahan pangan bervariasi, tetapi adanya amilosa dapat mengindikasi derajat polimerisasi pati suatu bahan pangan atau DP (Amira *et al.* 2012).

Hidrolisis enzimatis merupakan salah satu alternatif modifikasi pati yang banyak digunakan. Metode ini bersifat lebih aman terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, reaksinya lebih mudah dikontrol, dan produk sampingan yang dihasilkan lebih sedikit (Kasprzak 2012). Hidrolisis enzimatis dapat mengubah susunan molekuler pati sesuai dengan sifat fungsional yang diinginkan. Hidrolisis pati secara enzimatis menghasilkan produk turunan pati dengan nilai *dextrose equivalents* (DE) yang berbeda.

DE adalah indikator tingkat hidrolisis yang menyatakan jumlah total gula pereduksi atau produk modifikasi pati dalam satuan persen. Nilai DE merujuk pada standar dekstrosa (D-glukosa) yang memiliki nilai DE 100, sedangkan pati utuh memiliki nilai DE yang hampir 0 (Junliang, 2010). Produk turunan utama hidrolisis pati adalah maltodekstrin yang memiliki nilai DE di bawah 20 dan sirup glukosa dan maltosa yang memililki DE di atas 40. Semakin tinggi DE semakin tinggi tingkat hidrolisis pati (Martinez *et al.* 2015).

Secara garis besar, modifikasi pati memiliki dua tahapan yaitu likuifikasi dan sakarifikasi. Likuifikasi adalah tahap penambahan enzim α-amilase menghasilkan maltodekstrin ataupun oligosakarida lain. Sakarifikasi adalah proses lebih lanjut dari hasil likuifikasi dengan penambahan berbagai jenis enzim sesuai dengan jenis produk akhir yang diinginkan (Howard 2015). Enzim yang ditambahkan dalam tahap likuifikasi adalah enzim amilase atau glukoamilase. Glukoamilase atau amiloglukosidase adalah enzim yang dapat memisahkan glukosa dari pati cair secara bertahap sehingga menghasilkan produk akhir berupa glukosa. Enzim ini sering digunakan sebagai pengganti α-amilase. Glukoamilase diperoleh dari *Aspergillus niger* dan digunakan untuk produksi sirup glukosa (NCBE 2016). Amilase adalah enzim yang berfungsi memutus ikatan glikosidik untuk menghidrolisis pati menghasilkan dekstrin dan oligosakarida. Jenis amilase ada tiga yaitu, α-amilase, β- amilase, dan γ-amilase. Amilase yang sering digunakan pada hidrolisis pati adalah α-amilase (Sundarram *et al.* 2014).

Enzim α-amilase merupakan endoamilase yang membelah ikatan α-1,4 glikosidik rantai amilosa atau amilopektin untuk menghasilkan produk dengan konfigurasi α (Martinez *et al.* 2015). Aktivitas enzim ini dipengaruhi oleh keberadaan kofaktor kalsium sehingga disebut juga sebagai metalloenzim. Meskipun dapat memutus ikatan α-1,4 glikosidik, α-amilase tidak bisa memutus ikatan α-1,6 glikosidik. Enzim α-amilase untuk modifikasi pati dapat diperoleh dari *Bacillus spp.* (Junliang *et al.* 2010).

Daya kerja α-amilase sangat dipengaruhi oleh suhu dan pH. pH optimum α-amilase adalah 7, akan tetapi nilai ini berbeda-beda untuk setiap sumber amilase. α-amilase dari *Bacillus amyloliquefaciens* bekerja optimum pada pH 7 sedang α-amilase dari *Thermococcus profundus* bekerja optimum pada pH 5. Enzim α-amilase juga memiliki sifat *thermostability* yang berbeda bergantung pada sumber enzimnya. *Bacillus amyloliquefaciens* adalah salah satu mikroba yang dapat menghasilkan α-amilase dengan *thermostability* yang baik. *Thermostability* ini diperlukan pada pemilihan enzim untuk modifikasi pati singkong karena proses likuifaksi pati singkong dilakukan pada suhu tinggi, yaitu sekitar 100–110°C. (Sundarram *et al*. 2014).

Enzim α-amilase dapat diisolasi dari bakteri *Bacillus subtilis,* enzim yang diisolasi melalui bakteri tersebut amat stabil pada suhu tinggi, dengan suhu optimum pemanfaatannya berada pada suhu 70-90^{o}C. Enzim ini masih cukup stabil dalam suhu

rendah pada pH dibawah 6, walaupun demikian enzim tersebut tidak dapat bekerja pada pH dibawah 5. Pada suhu 70°C, enzim ini akan kehilangan aktivitasnya dengan cepat pada pH dibawah 6, namun cukup stabil dikisaran pH 6-10 (Sutanto 2001). bakteri lain yang dapat menghasilkan enzim α-amilase adalah *B. licheniformis*. enzim yang terbentuk melalui bakteri tersebut bekerja optimum pada suhu 60°C dan pada pH sekitar 6. dengan bertambahnya suhu, maka pH optimum juga meningkat hingga berapa pada kisaran 7,0 (Sutanto 2001).

KONSENTRASI ENZIM α-AMILASE DAN LAMA INKUBASI

Kualitas maltodekstrin dipengaruhi oleh tingginya derajat polemerisasi, panjang rantai, monosakarida, dan disakarida yang ada di maltodekstrin. Kandungan monosakarida dan disakarida ini dipengaruhi oleh sumber pati yang digunakan. Maltodekstrin 10 DE dari kentang memiliki kombinasi monosakarida, disakarida, dan trisakarida kurang dari 2% sedangkan maltodekstrin 10 DE dari jagung memiliki tingkat monosakarida, disakarida, dan trisakarida yang lebih besar dari 6% (Berry 2005). Selain itu, kualitas pati modifikasi enzimatis dipengaruhi oleh enzim yang digunakan untuk proses hirdolisis. Enzim α-amilase dapat mengkatalisis hidrolisis ikatan α-1,4 glikosidik tetapi tidak pada rantai α-1,6 glikosidik amilosa, atau amilopektin, sedangkan glukoamilase dapat mengkatalisis hidrolisis ikatan α-1,4 dan α-1,6 glikosidik dengan melepaskan residu β-D-glukosa dari substrat polimer. Perbedaan kemampuan kedua enzim ini untuk melakukan hidrolisis menyebabkan pemilihan jenis dan jumlah enzim yang digunakan pada modifikasi pati singkong mempengaruhi karakteristik produk akhir, yaitu maltodekstrin (Kasprzak 2012).

Konsentrasi enzim α- amilase sangat mempengaruhi hidrolisis enzimatis pati singkong. Semakin tinggi konsentrasi enzim semakin tinggi pula aktivitasnya. Hal ini disebabkan adanya peningkatan konsentrasi enzim menyebabkan nilai *degree polymerisation* (DP) pada amilosa maltodekstrin semakin meningkat. DP merupakan jumlah unit monomer adalah kuantitaif gula sederhana yang menyusun suatu karbohidrat. Maltodekstrin merupakan maltooligosakarida dengan nilai DP sebesar 10-200. Semakin tinggi nilai DP maka semakin banyak pula gula sederhana penyusunnya (Suryani dan Fithri 2015).

Lama inkubasi mewakili lama terjadinya hidrolisis pati singkong menjadi maltodekstrin. Berikut adalah data pengaruh lama hidrolisis pati singkong terhadap nilai DE yang dilakukan oleh Moore (2005) tersedia dalam Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan nilai DE pati singkong selama proses hidrolisis

Lama Hidrolisis (min)	DE (%) Pati Singkong
15	18,40
30	20,11
45	29,96
60	31,44
75	41,67
90	45,30
105	46,33
120	53,15

Sumber: Moore *et al.* (2005)

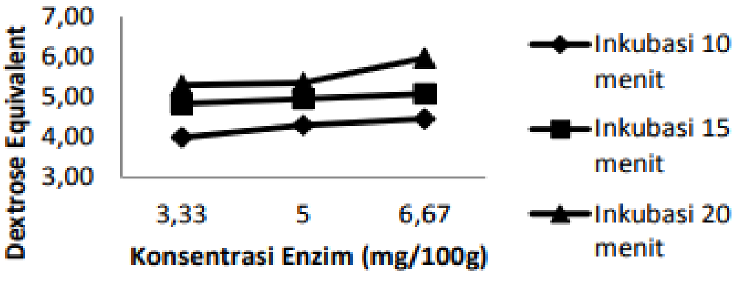
Berdasarkan Tabel 2 nilai DE terus naik seiring dengan meningkatnya lama waktu hidrolisis. Nilai DE ini menunjukkan bahwa semakin lama hidrolisis pati maka semakin banyak pula total gula pereduksi yang terhitung. Banyaknya total gula pereduksi atau gula sederhana yang terhitung disebabkan waktu hidrolisis yang lama menjadikan enzim bekerja semakin spesifik terhadap substratnya (Suryani dan Fithri 2015). Menurut Moore *et al.* (2005), persentase maltodekstrin dari pati singkong tidak lagi bertambah dihidrolisis dengan α-amilase selama 120 menit, dengan *yield* sebesar 76,26%. Hal ini disebabkan α-amilase tidak dapat menghidrolisis ikatan

α1,6 glikosidik dan sebagian ikatan α1,4 glikosidik tidak terhidrolisis. Pengaruh peningkatan konsentrasi enzim α-amilase dan lama hidrolisis terhadap pembentukan maltodekstrin ini didukung oleh penelitian Saputro (2016), pati tepung tapioka dari ubi nagara memiliki total gula pereduksi paling tinggi 11,73 mg/L pada konsentrasi α-amilase 0,09% dan waktu inkubasi 120 menit. Terjadi perubahan total gula pereduksi yang signifikan setiap kenaikan konsentrasi enzim dan lama hidrolisis. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi enzim dan lama hidrolisis pati berpengaruh terhadap maltodekstrin yang diperoleh, semakin tinggi konsentrasi enzim α-amilase dan semakin lama waktu inkubasi maka total gula preduksi pada sampel semakin tinggi.

APLIKASI MALTODEKSTRIN DI BIDANG PANGAN

Maltodekstrin adalah produk hidrolisis pati dengan kandungan unit α-D-glukosa yang sebagian besar terikat dalam ikatan 1,4 glikosidik dengan DE kurang dari 20. kandungan maltodextrin adalah campuran dari glukosa, maltosa, oligosakarida, dan dekstrin. maltodekstrin biasanya dideskripsikan oleh DE (Dextrose Equivalent). Maltodekstrin yang memiliki nilai DE rendah akan memiliki sifat higroskopis sedangkan maltodekstrin yang memiliki DE tinggi akan memiliki karakteristik mudah menyerap air. Gambar 4.1 menunjukkan adanya hubungan lama inkubasi dan konsentrasi ensim terhdaap nilai DE.

Maltodekstrin yang dihasilkan melalui peningkatan konsentrasi enzim a-amilase dan lama inkubasi, dapat menghasilkan maltodekstrin dengan nilai DE yang semakin tinggi. Nilai DE yang tinggi dapat mengurangi kemampuan maltodekstrin dalam pembentukan buih yang stabil. Kamampuan agen pembuih dipengaruhi oleh susunan gelembung udara, selain itu kemampuan agen pembuih tidak dapat dapat stabil secara termodinamikal dalam cairan murni. Susunan gelembung udara berbentuk *dry pilyhedal* akan menghasilkan komponen buih yang lebih stabil dibandingkan susunan gelembung udara *wet sperichal.* Hal ini menunjukkan bila maltodekstrin memiliki gelembung udara berbentuk *wet sperichal* dan bila dicairkan dengan cairan murni akan menghasilkan buih yang kurang stabil (Suryani dan fithri 2015).



Gambar 1. Hubungan lama inkubasi dan konsentrasi enzim terhadap nilai DE

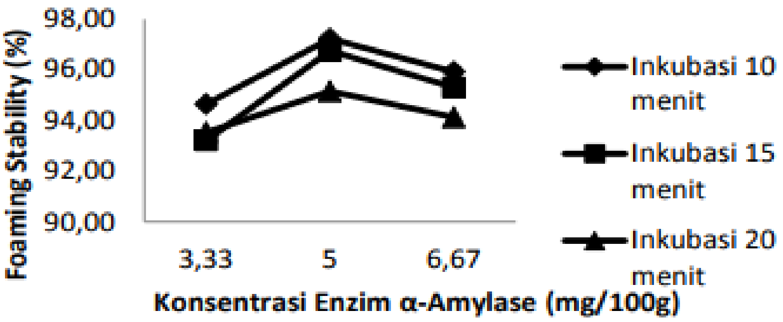
Penggunaan maltodekstrin di bidang pangan tergolong luas dan masih terus dikembangkan. Salah satu penggunaannya adalah sebagai alternatif gelatin dalam pembuatan *marshmallow* (Suryani dan Fithri 2015) selain itu maltodekstrin juga merupakan bahan pengisi dalam makanan, beberapa kelebihan maltodekstrin adalah memiliki rasa yang tidak manis, atau tidak memiliki rasa serta mudah larut di dalam air sehingga mudah untuk digunakan (Kuntz 1998)

Marshmallow merupakan kembang gula yang memiliki berat ringan, lembut, dan berbentuk seperti spons. *marshmallow* dibuat dengan cara mengocok gula hingga berbuih dengan bantuan gelatin. Komponen utama *marshmallow* adalah udara dan air. Udara berfungsi untuk meningkatkan volume dan tekstur, sedangkan air berperan sebagai

media pelarut dan pembentuk sistem gel. Untuk meningkatkan stabilitas dari busa pada *marshmallow* diperlukan adanya komponen bahan selain udara dan air, yaitu *foaming agent* dan *whipping agent* (Suryani dan Fithri 2015).

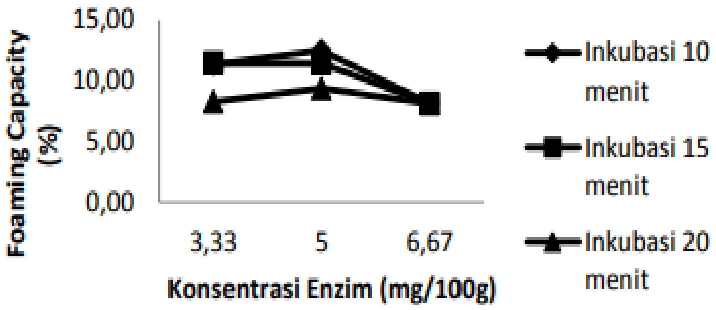
Gelatin adalah produk turunan kolagen hasil hidrolisis parsial dari kulit, tulang, dan jaringan ikat. Gelatin pada *marshmallow* berfungsi untuk mencegah kristalisasi dan sebagai agen penstabil *foam* selama proses pengolahan. Saat ini 80% *supply* gelatin di dunia adalah non halal (Alias 2009). Menurut Suryani dan Fithri (2015), maltodekstrin dari hasil modifikasi pati singkong memiliki sifat fungsional agen pembuih yang mendekati gelatin. Hasil analisis ini sesuai dengan analisis sifat fungsional maltodekstrin dari singkong.

Selain dari ubi singkong, tepung tapioka dari ubi negara yang menunjukkan adanya potensi sebagai alternatif gelatin pada produk *marsmallow* (Saputro 2016). Hal ini dapat dikaitkan dengan hasil penelitian Suryani dan Fithri, 2015 yang menunjukkan pembuatan *marshmallow* dengan konsentrasi enzim 500 gram/100gram dan lama inkubasi selama 10 menit memiliki *foaming stability* yang baik. *Foaming stability* ini menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi mutu *marshmallow*. Semakin baik *foaming stability* maka semakin baik kualitas *marsmallow* yang dihasilkan. Grafik *foaming stability* dan lama inkubasi tersedia dalam Gambar 2.



Gambar 1. Hubungan lama inkubasi dan konsentrasi enzim terhadap foaming stability

Selain *foaming stability, foaming capacity* juga menjadi parameter penentu kualitas *marshmallow* karena berkaitan dengan sifat fungsional gelatin terhadap sifat permukaan marsmallow. Hasil pengukuran *foaming capacity* yang dilakukan oleh Suryani dan Fithri (2015) dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengukuran *foaming Capasity* pada lama inkubasi dan konsentrasi

Dari Gambar 3 didapatkan hasil rerata % *foaming capacity* dengan perlakuan konsentarsi enzim alfa-amilase dan lama inkubasi berkisar pada 8,12-12,50%. Maltodektrin yang dihasilkan dati modifikasi pati singkong menggunakan enzim alfa-

amilase memiliki kemampuan buih yang berbeda-beda. Meningkatnya waktu inkubasi dan konsentrasi enzim akan menyebabkan peningkatan nilai DE, dimana pada nilai DE yang tinggi kemampuan kemampuan maltodekstrin dalam pembuatan buih juga menurun. Rendahnya kapasitas buih disebabkan karena kurangya repulsi elektrostatik, kurangnya kelarutan, dan interaksi antar protein (Suryani dan Fithri 2015).

KESIMPULAN

Hasil analisis maltodekstrin menunjukkan adanya potensi sebagai alternatif gelatin pada produk *marsmallow.* Dengan pengkondisian konsentrasi enzim dan lama hidrolisis pati singkog yang tepat dapat memperoleh maltodekstrin dalam jumlah optimal. Maltodekstrin sebagai agen buih dan pencegah pembentukan kristal memiliki sifat fungsional yang mendekati gelatin. Sehingga dapat disimpulkan bahwa maltodekstrin dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif penggunaan gelatin pada produk *marshmallow.*

DAFTAR PUSTAKA

Alias KA. 2009. *Update on Current Research on Gelatin Alternatives*. http://whr.hdcglobal.com/whr2009/downloads/paperThree%20Dr%20Abdul%20Karim%2 0Alias.pdf [diakses 31 Mei 2017].

Amira EF, Mohammed AD, Ahmed ENO. 2012. Starch and microbial α-amilases: from concepts to iotechnological applications. http://cdn.intechopen.com/pdfs/41115/InTech-Starch_and_microbial_amylases_from_concepts_to_biotechnological_applications.pdf [diakses 31 Mei 2017].

Berry D. 2005. *From Starch to Maltodekstrin*. https://www.naturalproductsinsider.com/Articles/2005/07/From-Starch-to-Maltodextrin.aspx [diakses 31 Mei 2017].

BPS. 2016. *Data ekspor dan impor*. https://www.bps.go.id/Subjek/vied/8#subjekViewTab3%7Caccordion-daftar-subjek1 [diakses 31 Mei 2017].

Ehrlich H. 2015. Marine Gelatins. In Biological Material of Marine Origin (1 ed., hal. 344). Spinger Science: London.

Howard W. 2015. Pengujian aktivitas enzim α-amilase. ITB. Bandung.

Jhons P. 1977. *The structure and composition of collagen containing tissue*. InLedward, D.A., Taylor, A.J., Lawrie, R.A. (ed). Upgrading waste for Feed and Food. Butterworths. London.

Junliang S, Ruixiang Z, Jie Z, Guanglei L, Xinhua L. 29 Juli 2010. *Characterization of Destrins with Different Dextrose Equivalents.* https://pdfs.semanticscholar.org/12d8/d8a84779c02f62d9230a5c64e4b8a064d5ab.pdf [diakses 31 Mei 2017]

Kasprzak, Mirosław Marek. 2012. Effect of Enzymatic Treatment of Different Starch Sources on the in Vitro Rate and Extent of Starch Digestion. *International Journal of Molecular Science*. Aarhus University. https://pdfs.semanticscholar.org/0456/3d72e e863b11c918b88b8c50fcd685c67320.pdf [diakses 31 Mei 2017]

Kuntz LA. 1998. Bulking Agent: Bulking up While Scalling Down. Weeks Publishing Company.

Martinez, Mario M, Joana P, Manuel G. 2015. *Physicochemical modification of native and extruded wheat flours by enzymatic.* Food Chemistry. University of Valladolid. Spanyol.

Moore, Geovana RP, Luciana RDC, Edna RA, Valdir S. 2005. *Cassava and corn starch in maltodextrin production*. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_attext&pid=S0100-40422005000400008 [diakses 31 Mei 2017]

NCBE. 2016. *Enzymes for education*. National Center for Biotechnology Education. http://www.ncbe.reading.ac.uk/MATERI

ALS/ Enzymes/amyloglucosidase.html [diakses 31 Mei 2017]

Saputro DT. 2016. *Pemanfaatan sumber daya alam dengan teknologi terbarukan dan ramah lingkungan: tantangan dan peluang di masa depan*. Prosiding Industri Kimia dan Sumber Daya Alam 2016. Universitas Lambung Mangkurat.

Sundarram, Ajita, Thirupathihalli PKM. 2014. α-Amylase Production and Applications: A Review. *Journal of Applied & Environmental Microbiology*. Sapthagiri College of Engineering. India.

Sutanto AI. 2001. Pemanfaatan pati sagu sebagai bahan baku pembuatan dekstrin secara enzimatis. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Suryani R dan Fithri CN. 2015. Modifikasi pati singkong (*Manihot esculenta) dengan enzim* α amilase sebagai agen pembuih serta aplikasinya pada proses pembuatan *marshmallow. Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Universitas Brawijaya. Malang (2):723.