PENGARUH KONSENTRASI TEPUNG PEPAYA DAN LAMA PENYIMPANAN TERHADAP SIFAT FISIK BEADS DAN VIABILITAS *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 TERIMOBIL

(The effect of papaya powder concentration and storage time to the physical properties of beads and viability of immobilized Lactobacillus acidophilus FNCC 0051)

Grace Sri Purba[a*], Theresia Endang Widoeri Widyastuti[a], Indah Kuswardani[q]

[a] Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

*Penulis korespondensi
Email: grace.sp_16@yahoo.co.id

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of papaya powder concentration and storage time to the physical properties of beads and viability of immobilized Lactobacillus acidophilus FNCC 0051. The Randomized Block Design (RBD) factorial design to be used. There were two (2) factors: concentration of papaya powder consisting of two (2) levels, which were 3% (w/v) and 6% (w/v) and storage time consisting of five (5) levels, which were 0, 7, 14, 21, and 28 days. Each treatment combinations repeated three (3) times. Testing is conducted on the beads' diameter, beads' texture (hardness, cohesiveness, springiness) and also immobilized cell's viability. Data analyzed by ANOVA test (Analysis of Varians) at α = 5% and continued with DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at α = 5 if the level of treatment had a significant effect. Beads diameter ranged 5.07 – 5.68 mm and the higher papaya powder concentration or the longer storage time would make the beads's diameter bigger. Hardness ranged 29.2376 – 48.5756 g, cohesiveness ranged 0.3800 – 0.5211, and springiness ranged 0.8398 – 0.9889. The higher level concentration of papaya powder decrease beads' hardness and cohesiveness but there's no effect on springiness. The viability of immobilized Lactobacillus acidophillus FNCC 0051 ranged 8.6021 – 11.5474 log cfu/gram. Storage time significantly influenced the viability of immobilized cells, which the highest viable cells (11.1795 log cfu/g) obtained from 21 days of storage time.

***Keywords**: Lactobacillus acidophilus FNCC 0051, papaya powder, storage time, physical properties of beads, viability of immobilized cells.*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi tepung pepaya dan lama penyimpanan terhadap sifat fisik *beads* dan viabilitas *Lactobacillus acidophillus* FNCC 0051 terimobil. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) desain faktorial yang terdiri dari 2 (dua) faktor meliputi konsentrasi tepung pepaya yang terdiri dari 2 (dua) level, yaitu 3% (b/v) dan 6% (b/v) dan lama penyimpanan yang terdiri dari 5 (lima) level, yaitu 0, 7, 14, 21, dan 28 hari. Masing-masing kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 (tiga) kali. Pengujian yang dilakukan meliputi diameter *beads*, tekstur *beads* (*hardness, cohesiveness, springiness*) serta viabilitas sel terimobil. Data dianalisa dengan uji ANOVA (*Analysis of Varians*) pada α = 5% dan dilanjutkan dengan uji Beda Jarak Nyata Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*) pada α = 5% jika taraf perlakuan berpengaruh nyata. Diameter *beads* berkisar 5,07 – 5,68 mm dan semakin tinggi konsentrasi tepung pepaya yang ditambahkan atau semakin lama penyimpanan maka akan semakin besar diameter *beads*. Nilai *hardness* berkisar 29,2376 – 48,5756 g, *cohesiveness* berkisar 0,3800 – 0,5211, dan *springiness* berkisar 0,8398 –

0,9889. Peningkatan konsentrasi tepung pepaya menyebabkan penurunan *hardness* dan *cohesiveness* namun tidak berpengaruh terhadap *springiness*. Viabilitas *Lactobacillus acidophillus* FNCC 0051 terimobil berkisar 8,6021 – 11,5474 log cfu/gram. Lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap vabilitas sel terimobil dengan jumlah sel hidup tertinggi (11,1795 log cfu/g) diperoleh dari penyimpanan 21 hari.

Kata kunci: *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051, tepung pepaya, lama penyimpanan, sifat fisik beads, viabilitas sel terimobil

PENDAHULUAN

Produk sinbiotik adalah produk yang memiliki kombinasi yang baik antara prebiotik dan probiotik sehingga dapat meningkatkan konsentrasi bakteri baik yang mampu bertahan hidup dalam saluran pencernaan dengan melakukan fermentasi terhadap substrat (Collins and Gibson, 1999). Pepaya mengandung serat pangan dan gula alkohol (Widyastuti *et al*., 2008) yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan tetapi dapat dimetabolisme oleh mikroba usus menghasilkan *Short Chain Fatty Acids* (SCFA), sedangkan *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 merupakan bakteri probiotik yang juga telah terbukti memiliki aktivitas antimikroba. Kombinasi kedua bahan tersebut diharapkan dapat menghasilkan sinbiotik. Efektivitas produk sinbiotik dapat ditingkatkan dengan menggunakan imobilisasi untuk menghentikan pergerakan sel dengan menahannya pada suatu matriks sehingga probiotik dapat sampai dalam saluran pencernaan dalam jumlah cukup untuk dapat memberikan dampak menguntungkan bagi kesehatan. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah ada, penggunaan konsentrasi tepung pepaya 3% menghasilkan *beads* dengan viabilitas sel terimobil paling tinggi sedangkan ketahanan pada garam empedu dan asam lambung paling tinggi dijumpai pada penggunaan konsentrasi tepung pepaya 6%. Sedangkan untuk lama penyimpanan produk sinbiotik dengan imobilisasi pada umumnya mulai 0 hari hingga 20-28 hari namun belum ada penelitian produk sinbiotik yang menggunakan sumber prebiotik berupa tepung pepaya dan probiotik *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 terimobil. Oleh karena itu, penelitian dilakukan dengan menggunakan konsentrasi tepung pepaya 3% dan 6% serta lama penyimpanan beads dalam susu UHT hingga 28 hari pada suhu penyimpanan 4-5˚C.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Kultur bakteri *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Natrium Alginat, $CaCl_2$ teknis, NaCl pro analisis, Natrium Sitrat teknis, buah pepaya mengkal varietas Thailand dari Malang, susu UHT *Full Cream*, MRS *Broth*, *Agar Bacteriological* (Agar No.1), Pepton *from meat*, MRS *Agar*, putih telur, dekstrin, akuades, alkohol 96%, larutan Kristal Violet modifikasi Hucker, larutan iodin, larutan alkohol aseton, larutan Safranin Gram Stain, dan minyak immersi.

Pembuatan Sel Imobil

Tepung pepaya 3% atau 6% dicampurkan dengan larutan Na-alginat 1,5% steril dalam erlenmeyer secara aseptis. Erlenmeyer berisi larutan kemudian dimasukkan ke dalam *shaker waterbath* pada suhu 80°C, 90 rpm selama 15 menit. Larutan didinginkan hingga suhu ruang kemudian kultur *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 sebanyak 1% dimasukkan menggunakan pipet ukur dan dihomogenkan dengan vortex selama 2 menit. Larutan kemudian dimasukkan ke dalam syringe (diameter 3-4 mm) lalu diteteskan ke dalam $CaCl_2$ 1% dingin (suhu 4-5°C). Beads kemudian disimpan dalam refrigerator suhu 4-5˚C selama 15

menit, setelah itu dicuci menggunakan larutan NaCl 0,85% sebanyak 3 kali dengan rasio NaCl:Na- alginat sebesar 4:3.

Preparasi Pengujian

Setiap unit percobaan disiapkan dengan mencampurkan 30% (b/v) *beads* ke dalam 35 mL susu UHT. Penyimpanan dalam *refrigerator* (suhu 4-5˚C) dilakukan sesuai level faktor yaitu selama 0, 7, 14, 21, dan 28 hari. Khusus untuk hari ke-0, penyimpanan dalam *refrigerator* hanya selama 1 jam. Pemisahan *beads* dari susu dilakukan dengan cara penyaringan secara aseptis kemudian langsung diambil untuk pengujian tekstur lalu sisanya dicuci dengan NaCl 0,85% sebanyak 3 kali untuk pengujian diameter *beads* dan viabilitas sel terimobil.

Pengukuran Diameter *Beads*

Pengukuran diameter *beads* dilakukan dengan menggunakan jangka sorong, dengan pengulangan sebanyak 10 kali yang dilakukan terhadap 10 *beads* yang berbeda dari tiap perlakuan yang sama.

Pengujian Tekstur *Beads*

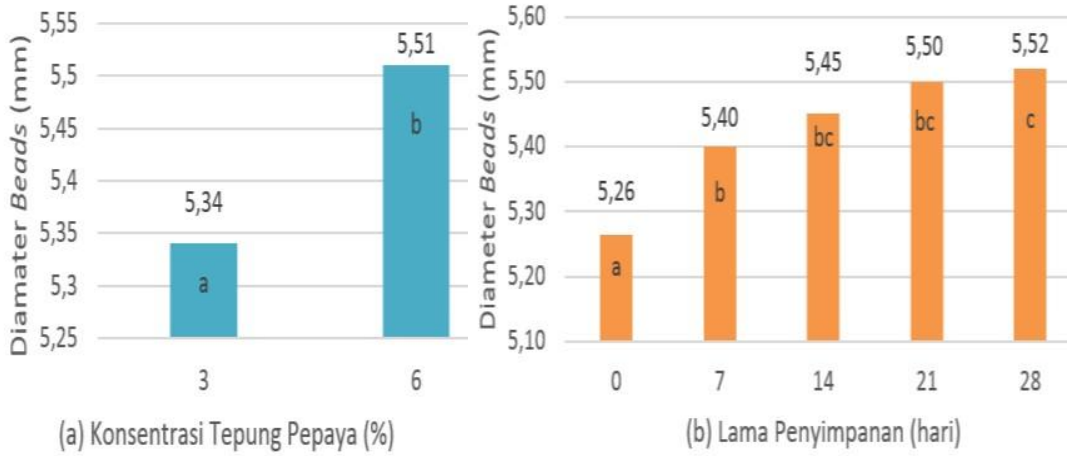
Pengukuran tekstur *beads* dilakukan dengan menggunakan alat *Texture Analyzer* (TA) dan *probe* dengan tipe *Cylindrical Probe Acryclic* berdiameter 35 mm. Alat bekerja dengan pendeteksian otomatis menggunakan gaya 8 gram dan jarak 1 mm serta pengkompresian sampel 30% dengan kecepatan 0,5 mm/s. Parameter tekstur yang diukur adalah *hardness*, *cohesiveness*, dan *springiness beads*. Pengukuran tekstur dilakukan sebanyak 5 kali terhadap 5 *beads* yang berbeda dari tiap perlakuan yang sama.

Pengujian Viabilitas Sel Terimobil

Beads ditimbang sebanyak 3 gram kemudian dilarutkan dalam 27 mL larutan Na-sitrat 0,1 M dengan bantuan vortex. Sampel kemudian dipipet sebanyak 1 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi 9 mL pepton *from meat* 0,1% sebagai pengenceran 10^{-1}. Sebanyak 0,5 mL dari pengenceran 10^{-1} kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi 4,5 mL pepton dan dihomogenkan. Pemipetan 0,5 mL dari tabung tersebut dilanjutkan ke tabung reaksi berikutnya. Langkah ini diulangi hingga pengenceran 10^{-10} untuk hari 0, 7 dan 14 serta 10^{-11} untuk hari 21 dan 28. Pada empat pengenceran terakhir dilakukan pemipetan 1,0 mL dari tabung reaksi ke dalam cawan petri steril kemudian media MRS Agar (T= 50ºC) dituang ke dalam masing-masing cawan, dihomogenkan, dibiarkan memadat, lalu diinkubasi pada suhu 37ºC selama 48 jam.

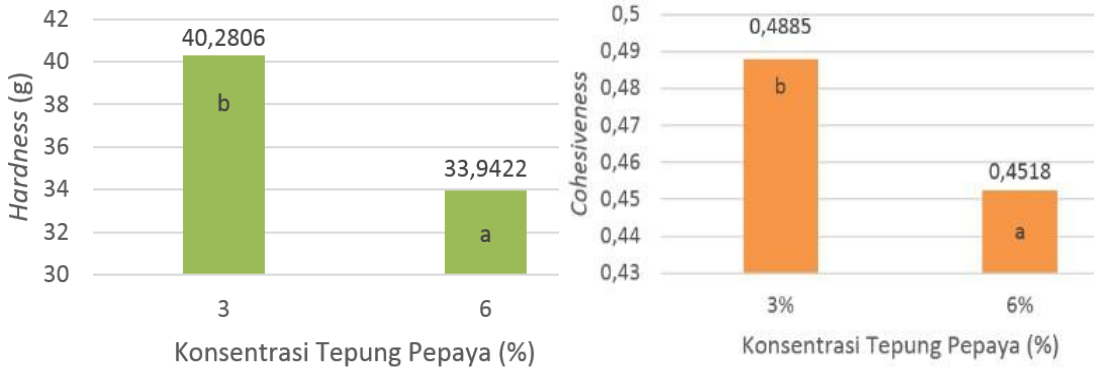
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian Anova pada α = 5% menunjukkan bahwa masing- masing faktor konsentrasi tepung pepaya dan faktor lama penyimpanan berpengaruh terhadap diameter *beads* seperti ditunjukkan pada Gambar 1. namun faktor interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata. Diameter *beads* yang dihasilkan dari perlakuan tepung pepaya 6% lebih besar dibandingkan tepung pepaya 3%. Serat tidak larut dalam tepung pepaya seperti selulosa memiliki sifat tidak dapat larut dalam air tetapi mampu mengikat air sehingga membentuk lapisan yang terpisah dengan alginat dan mengakibatkan peningkatan ukuran diameter *beads*. Selain itu, semakin tinggi konsentrasi tepung pepaya maka jumlah serat dan total padatan juga semakin tinggi sehingga dapat meningkatkan viskositas larutan. Viskositas larutan yang semakin meningkat menyebabkan gaya tarik-menarik antar partikel menjadi semakin besar (Palupi *et al.*, 2014).



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Tepung Pepaya (a) dan Lama Penyimpanan (b) terhadap Diameter *Beads*

Hal ini menyebabkan tetesan yang terbentuk juga lebih besar dan meningkatkan ukuran diameter *beads*. Peningkatan diameter *beads* selama penyimpanan dapat disebabkan oleh adanya penyerapan *carrier*. Rokka dan Rantamäki (2010) mengungkapkan bahwa matriks gel alginat memiliki daya elastisitas yang cukup tinggi sehingga memungkinkan terjadinya pengembangan *beads* yang terkait dengan imbibisi (penyerapan cairan) dan menyebabkan pelonggaran matriks gel dan pembesaran ukuran diameter *beads*. Selain itu pertumbuhan sel *Lacobacillus acidophilus* FNCC 0051 selama penyimpanan juga dapat menyebabkan peningkatan ukuran diameter. Klikenberg *et al.* (2001) menjelaskan bahwa bakteri yang diimobilisasi dalam matriks gel alginat dikelilingi oleh jaringan gel yang membatasi gerak bakteri, sehingga pada saat terjadi pertumbuhan maka bakteri akan menekan gel yang menyebabkan pelonggaran matriks gel dan peningkatan diameter *beads*. Sel bakteri yang dijerat dalam *beads* juga menghasilkan metabolit berupa asam laktat yang kemudian terakumulasi seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan. Hasil metabolit tersebut dapat mempengaruhi matriks *beads* yang mengarah pada perubahan ukuran diameter yang semakin besar.



Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Tepung Pepaya terhadap *Hardness* dan *Cohesiveness Beads*

Adrianto *et al*. (2011) menjelaskan bahwa senyawa metabolit asam laktat yang dihasilkan *Lactobacillus* merupakan senyawa pengkelat yang menyebabkan terlepasnya ikatan antara Ca^{2+} dengan alginat sehingga terjadi pelonggaran matriks *beads* yang dapat memperbesar ukuran diameter *beads* serta meningkatkan laju difusi cairan ke dalam *beads*. Karakter tekstur yang diukur dalam penelitian adalah *hardness*, *cohesiveness*, dan *springiness*. Berdasarkan hasil uji Anova pada α = 5% faktor konsentrasi tepung pepaya berpengaruh nyata terhadap *hardness* dan *cohesiveness beads* (Gambar 2) namun tidak berpengaruh terhadap *springiness beads*, sedangkan faktor lama penyimpanan dan faktor interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata pada *hardness*, *cohesiveness*, maupun *springiness*.

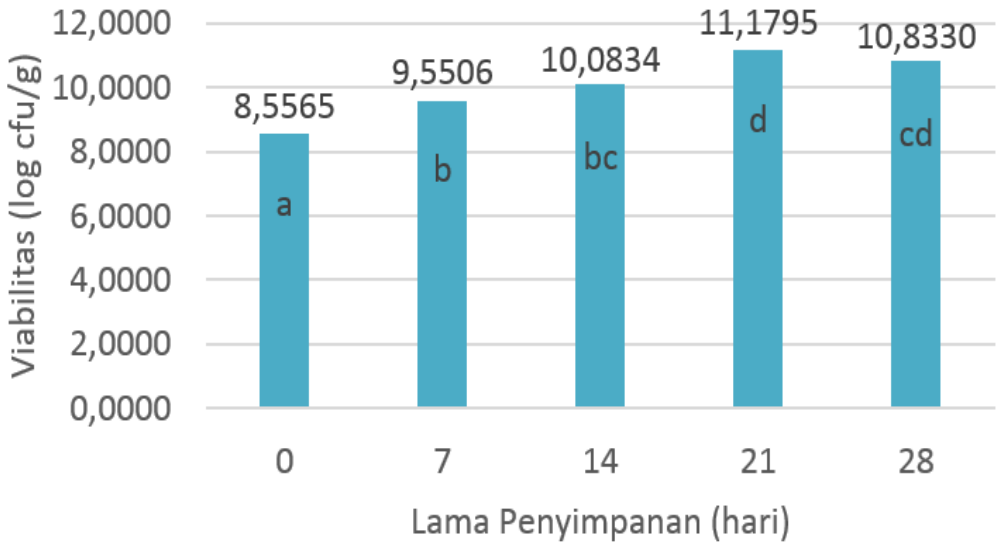
Semakin bertambahnya konsentrasi tepung pepaya maka kemampuannya untuk menyerap air lebih banyak karena tepung pepaya mengandung selulosa yang mampu menyerap air sehingga terjadi kompetisi antara tepung pepaya dengan alginat. Hal tersebut mengganggu system pembentukan gel sehingga *beads* mudah mengalami deformasi oleh gaya yang kecil. Zhang and Luo (2011) juga mengungkapkan bahwa penambahan selulosa dalam pembuatan *beads* menggunakan gel alginat dapat menyebabkan terbentuknya jaringan fisik baru dengan pori yang lebih besar akibat interaksi kuat antara gugus karboksil pada alginat dengan gugus hidroksil pada selulosa. *Beads* yang berpori-pori besar akan tidak tahan terhadap deformasi sehingga menyebabkan penurunan *hardness*.

Perlakuan konsentrasi tepung pepaya 3% menghasilkan *beads* dengan *cohesiveness* lebih tinggi dibandingkan tepung pepaya 6%. Pepaya mengandung serat larut berupa pektin. Pektin dalam tepung pepaya merupakan pektin metoksil rendah (*Low Metoxyl Pectin*) yaitu pektin yang memiliki sebagian gugus karboksil bebas dan tidak teresterkan sehingga dapat membentuk gel tanpa gula dan asam (Suyanti *et al*., 2012). Pektin metoksil rendah dengan adanya ion divalen seperti Ca atau Mg dapat membentuk gel. Penelitian yang telah dilakukan oleh Audebrand *et al.* (2003) menunjukkan bahwa pencampuran antara pektin dan alginat dalam suatu sistem gel menggunakan Ca mengakibatkan pembentukan struktur yang tidak seragam akibat terjadinya pemisahan ikatan antara Ca dengan alginat sehingga menyebabkan penurunan *cohesiveness beads*.

Konsentrasi tepung pepaya yang tinggi menyebabkan terjadinya kompetisi pemerangkapan air antara Na alginat dan tepung pepaya dalam memerangkap air sehingga mengganggu pembentukan gel.

Tabel 1. Rata-rata *Springiness Beads*

Perlakuan		Rata-rata ± SD
Konsentrasi Tepung Pepaya	Lama Penyimpanan	
3%	0 hari	0,9104 ± 0,0350
3%	7 hari	0,9490 ± 0,0450
3%	14 hari	0,9326 ± 0,0085
3%	21 hari	0,9331 ± 0,0014
3%	28 hari	0,9591 ± 0,0202
6%	0 hari	0,9276 ± 0,0475
6%	7 hari	0,8866 ± 0,0410
6%	14 hari	0,9191 ± 0,0455
6%	21 hari	0,9032 ± 0,0517
6%	28 hari	0,9465 ± 0,0352



Gambar 3. Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Viabilitas *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 Terimobil

Na alginat memerlukan air dalam pembentukan gel, namun jika air yang tersedia juga diserap oleh komponen selulosa pada tepung pepaya yang tidak bisa membentuk gel, maka dapat menyebabkan sedikitnya matriks gel yang terbentuk serta struktur beads kurang menyatu sehingga *cohesiveness beads* menurun. Tepung pepaya mengandung serat larut yaitu pektin yang mampu membentuk gel dengan adanya Ca, namun serat tidak larut seperti selulosa yang juga terkandung dalam pepaya dapat mengganggu sistem gel karena dapat melonggarkan ikatan dalam sistem gel Ca-alginat sehingga gel menjadi kurang elastis. Kedua hal tersebut menyebabkan penambahan tepung pepaya pada konsentrasi 3% dan 6% menjadi tidak terlalu nampak pengaruhnya terhadap *springiness beads*. Demikian juga lama penyimpanan tidak secara nyata berakibat pada *springiness beads* sebab selama penyimpanan difusi cairan dari media susu tidak berakibat pada pembentukan gel yang elastis, terlihat dari nilai *hardness, cohesiveness,* maupun *springiness beads* pada 0, 7, 14, 21, dan 28 hari yang cenderung sama atau tidak berbeda nyata. Hasil pengukuran *springiness* pada berbagai kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil uji Anova pada α = 5%, faktor lama penyimpanan memberikan pengaruh nyata terhadap viabilitas sel terimobil (Gambar 3.) namun faktor konsentrasi tepung pepaya dan faktor interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh nyata. Rata-rata hasil perhitungan ALT kultur starter *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 yang digunakan yaitu 11,5158 log cfu/mL sedangkan jumlah sel terimobil yang hidup berkisar antara 8,6021 – 11,5474 log cfu/gram *beads*. Jumlah tersebut masih memenuhi persyaratan jumlah sel minimal yang diperlukan untuk dapat memberikan dampak kesehatan bagi tubuh, yaitu minimal 10^6 cfu/gram (Shah, 2001).

Menurut Banwart (1981), kisaran suhu optimal untuk pertumbuhan *Lactobacillus* adalah antara 30-40˚C dan kisaran suhu untuk ketahanan Lactobacillus adalah 5-53˚C, oleh karena itu suhu 4-5˚C yang digunakan selama penyimpanan masih memungkinkan *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 untuk bertahan hidup. *Beads* yang memerangkap sel bakteri probiotik disimpan dalam *carrier* berupa susu. Menurut Muchtadi dan Sugiyono (1992), susu memiliki pH sekitar 6,5-6,6 yang

berada pada kisaran pH optimal untuk pertumbuhan bakteri asam laktat. Sardjono dan Wibowo (1988) juga mengungkapka bahwa pH optimal untuk pertumbuhan bakteri asam laktat adalah antara 5,6-6,5 dan kisaran pH untuk ketahanan sel *Lactobacillus sp.* adalah 3,8-7,2. Kondisi yang optimal tersebut masih memungkinkan bakteri untuk dapat terus tumbuh dan melakukan metabolisme walaupun lebih lambat (Ray, 2001). Pertumbuhan bakteri dapat menekan gel yang menyebabkan pelonggaran matriks sehingga diameter *beads* meningkat. Hal ini sejalan dengan hasil pengukuran diameter yang menunjukkan bahwa dengan semakin lamanya penyimpanan jumlah sel terimobil semakin meningkat yang juga diiringi dengan peningkatan ukuran diameter *beads*.

Viabilitas sel terimobil pada hari ke-28 mulai menunjukkan kecenderungan penurunan. Kecenderungan penurunan jumlah sel tersebut dapat disebabkan oleh sudah semakin banyaknya hasil metabolisme berupa asam laktat yang dihasilkan bakteri sehingga dapat mempengaruhi kondisi *matriks beads* maupun ketahan sel bakteri tersebut. Akumulasi asam laktat yang merupakan senyawa pengkelat menyebabkan terlepasnya ikatan antara Ca^{2+} dengan alginat sehingga sebagian sel keluar (*release*) dari beads ke media penyimpanan. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Christiane *et al.* (2016) yang menunjukkan bahwa jumlah sel bebas yang berada dalam *carrier* semakin meningkat selama penyimpanan. Hasil metabolit asam laktat yang dihasilkan bakteri *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 tergolong ke dalam asam lemah. Pada kondisi pH rendah, asam lemah (HA) pada medium berada dalam keadaan terdisosiasi dan akan masuk ke dalam membran sel. HA selanjutnya akan terurai menjadi ion-ion H^+ dan A^-. Peningkatan jumlah ion H^+ sangat menganggu keseimbangan elektrolit bakteri terimobil. Bakteri akan berusaha mengeluarkan H^+ sehingga ia kehilangan banyak energi (ATP) yang menyebabkan sistem metabolisme selnya terganggu (Priyanto, 1988). Hal tersebut menyebabkan pertumbuhan mikroba dapat terhenti dan akhirnya mengarah pada kematian sel yang ditandai dengan turunnya viabilitas sel terimobil. Selain itu, sel yang masih berada dalam *matriks* juga menjadi lebih mudah terpapar dengan lingkungan yang tidak optimal akibat kondisi matriks yang sudah semakin longgar.

KESIMPULAN

Konsentrasi tepung pepaya dan lama penyimpanan mempengaruhi sifat fisik *beads* yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi tepung pepaya dan semakin lama penyimpanan menyebabkan diameter *beads* semakin besar. Konsentrasi tepung pepaya dan lama penyimpanan tidak berpengaruh terhadap *springiness beads* namun peningkatan konsentrasi tepung pepaya menyebabkan penurunan *hardness* dan *cohesiveness beads*. Sedangkan viabilitas *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 terimobil meningkat selama penyimpanan dengan jumlah sel hidup tertinggi sebesar 11,1795 log cfu/g diperoleh pada hari ke-21. Berdasarkan hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan terbaik untuk mempertahankan jumlah sel terimobil selama penyimpanan adalah pada konsentrasi tepung pepaya 3% dan lama penyimpanan 21 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementrian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui Program Penelitian Desentralisasi 2015 yang telah membiayai penelitian ini sebagai bagian dari Penelitian Hibah Bersaing yang berjudul “Penggunaan Tepung Pepaya dan

Bakteri Probiotik Terimobil dalam Pembuatan Produk Sinbiotik: Optimasi Formulasi, Stabilitas dalam Sistem Pangan dan Manfaatnya terhadap Kesehatan Usus".

DAFTAR PUSTAKA

Adrianto, A., M. Rahayuningsih, dan S. Yuliani. 2011. Enkapsulasi *Lactobacillus casei* dengan Teknik Ekstrusi sebagai Starter untuk Pembuatan Dadih Susu Sapi, Laporan Penelitian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.

Audebrand, M., C. Garnier, M. Kolb, and M.A.V. Axelos. 2003. Gelation of Pectin-Alginate Mixture: Ultrastructure and Rheological Properties, (dalam 3rd International Symposium on Food Rheology and Structure), London, 517-518.

Banwart, G. J. 1981. Basic Food Microbiology. Abridged Ed. Westport: AVI Publishing Company, Inc.

Collins, M.D. and G.R. Gibson. 1999. Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics: Approaches for Modulating The Microbial Ecology of The Gut, Am. J. Clin. Nutr. 69(5):1052s-1057s.

Christiane, C., T.E.W. Widyastuti, dan I. Kuswardani. 2016. Kajian Jumlah Sel Terlepas dan Karakter Carrier pada Berbagai Konsentrasi Tepung Pepaya dan Lama Penyimpanan Sel Terimobil dalam Beads, Skripsi S- 1, Fakultas Teknologi Pertanian Program Studi Teknologi Pangan UKWMS, Surabaya.

Klikenberg, G., K.Q. Lystad, D.W. Levine, and N. Dyrset. 2001. Cell Release from Alginate Immobilized *Lactococcus lactis* ssp. lactis in Chitosan and Alginate Coated Beads, *J. Dairy Sci*. 84:1118-1127.

Muchtadi, T.R. dan Sugiono. 1992. Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan.

Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi ITB.

Palupi, N.W., P.K.J. Setiadi, S. Yuwanti. 2014. Enkapsulasi Cabai Merah dengan Teknik Coacervation Menggunakan Alginat yang Disubtitusi dengan Tapioka Terfotooksidasi, Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan. 3(3):87-93.

Priyanto, G. 1988. Teknik Pengawetan Pangan. Yogyakarta: Pangan Antar Universitas Pangan dan Gizi.

Ray, B. 2001. Fundamental Food Microbiology. New York: CRC Press. Rokka, S. and P. Rantamäki. 2010. Protecting Probiotic Bacteria by Microencapsulation: Challenges for Industrial Applications, Eur. Food Res. Technol. 231:1-12.

Sardjono dan D. Wibowo. 1988. Mikrobiologi Pengolahan Pangan. Yogyakarta: Proyek Peningkatan/ Pengembangan Perguruan Tinggi Universitas Gadjah Mada.

Shah, N.P. 2001. Functional Foods from Probiotics and Prebiotics, Food Technology. 55(11):46-53.

Stormo, K.E. and R.L. Crawford. 1992. Preparation of Encapsulated Microbial Cells for Environmental Application, Appl. Environ. Microbiol. 58(2):727-730.

Suyanti, Setyadjit, A.B. Arif. 2012. Produk Diversifikasi Olahan untuk Meningkatkan Nilai Tambah dan Mendukung Pengembangan Buah Pepaya (*Carica papaya* L.) di Indonesia, Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian. 8(2):62-70.

Widyastuti, T.E.W., I. Srianta, dan L.A. Lestari. 2008. Tepung Pepaya (*Carica papaya*) sebagai Pencegah Konstipasi: Kajian In Vivo pada Caecum dan Feses Tikus Sprague Dawley, Jurnal Obat Bahan Alam. 7(1):76-83.

Zhang, S. and J. Luo. 2011. Preparation and Properties of Bacterial Cellulose/Alginate Blend Bio-Fibers, Journal of Engineered Fibers and Fabrics. 6(3):69-72.