

PERBEDAAN ARTIKEL DENGAN DISERTASI

Judul Artikel: Hydrogel Derived from Glucomannan-Chitosan to Improve the Survival of *Lactobacillus acidophilus* FNCC 0051 in Simulated Gastrointestinal Fluid

Deskripsi singkat artikel:

Artikel penelitian membahas mengenai pengaruh variasi jumlah sel inti (*Lactobacillus acidophilus*) terhadap peningkatan efisiensi enkapsulasi hydrogel, sifat fisik hydrogel, potensial hydrogel sebagai prebiotic, dan kemampuan hydrogel dalam melindungi sel pada kondisi simulasi lingkungan saluran cerna.

Tabel 1. Perbedaan isi antara artikel publikasi dengan disertasi

NO	MATERI	ARTIKEL PUBLIKASI	DISERTASI
	Sifat hydrogel yang dipengaruhi oleh perbedaan jumlah sel <i>Lactobacillus acidophilus</i>		
1	Jumlah sel yang diperangkap hydrogel	Ada (halaman 4) Table 1. Encapsulated cell numbers and hydrogel encapsulation efficiencies with different initial cell numbers	Ada (halaman 122) Tabel 4.7. Pengaruh konsentrasi awal <i>L. acidophilus</i> terhadap konsentrasi sel yang terenkapsulasi dan efisiensi enkapsulasi hydrogel
2	Ukuran partikel, indeks polidispersitas, zeta potensial hydrogel pada beberapa konsentrasi sel awal	Ada (halaman 4) Table 2: Particle sizes, polydispersity indexes, and zeta potentials of hydrogels with different initial cell concentrations.	Ada (halaman 119) Tabel 4.6. Pengaruh konsentrasi awal <i>L. acidophilus</i> terhadap karakter hydrogel
3	Kenampakan hydrogel sebelum dan sesudah dikeringkan	Ada (halaman 4) Figure 1: Appearance of hydrogels (a) before drying and (b) after the drying process.	Tidak ada
4	Sifat fisik warna hydrogel pada beberapa konsentrasi sel awal	Ada (halaman 4) Table 3: Color values of hydrogels with different initial cell numbers.	Tidak ada
5	XRD (X-ray diffractogram)	Ada (halaman 5) Figure 2: X-ray diffractogram for H0 (hydrogel without <i>L. acidophilus</i>), H8, H9, and H10 (hydrogels with <i>L. acidophilus</i> at numbers of 8 log CFU/mL, 9 log CFU/mL, and 10 log CFU/mL, respectively).	Tidak ada

6	Persentase kristalinitas hidrogel	Ada (pembahasan halaman 5) We also found evidence of low crystallinity, with values of 26%, 25%, 17%, and 21% being determined for the hydrogels without cells and with cells at numbers of 8 log CFU/mL, 9 log CFU/mL, and 10 log CFU/mL, respectively.	Tidak ada
7	Densitas <i>L. acidophilus</i> dan <i>E. coli</i> setelah inkubasi sel selama 0, 24, dan 48 jam	Ada (halaman 6) Table 4: Density of <i>Lactobacillus acidophilus</i> FNCC 0051 and <i>Escherichia coli</i> cells in 10 log CFU/mL after 0 h, 24 h, and 48 h of incubation with prebiotics, inulin, hydrogel, and glucose.	Tidak ada
8	Skor prebiotic hidrogel	Ada (halaman 6) Figure 3: Prebiotic activity score of <i>L. acidophilus</i> FNCC 0051 on glucose, inulin, and hydrogel.	Tidak ada
9.	Ketahanan sel selama pemaparan kondisi simulasi saluran cerna di lambung dan usus halus	Ada Figure 4 (halaman 6): <i>L. acidophilus</i> FNCC 0051 viability during exposure to gastric juice for 120 min. Key: a, $p < 0.05$, CPGM: carboxymethyl porang glucomannan, and CKGM: carboxymethyl konjac glucomannan.	Ada Gambar 4.19. (halaman 130) Viabilitas sel pada beberapa kondisi terhadap paparan cairan simulasi di lambung: A) <i>L. acidophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>S. thermophilus</i> tanpa enkapsulasi/sel bebas dan dengan enkapsulasi, B) <i>L. acidophilus</i> yang dienkapsulasi dengan hidrogel dari enkapsulan yang berbeda, yaitu komposit glukomanan porang (CPGM)-kitosan, glukomanan konjak (CKGM)-kitosan, Ca-alginat. Keterangan: notasi huruf yang berbeda menyatakan berbeda nyata ($p < 0,05$) pada tiap: (A) jenis bakteri; (B) jenis hidrogel
		Figure 5: Microscopic appearance of hydrogel containing <i>L. acidophilus</i> FNCC 0051 (1300x magnification) during exposure to gastric juice for (a) 0 min, (b) 30 min, (c) 60 min, and (d) 120 min.	Gambar 4.13 (halaman 115) Gambaran mikroskopis hidrogel yang dibuat dari komposit glukomanan porang-kitosan dengan inti <i>L. acidophilus</i> pada beberapa waktu paparan cairan simulasi di lambung pH 2. Keterangan: Dua gambar pada tiap sel terdiri dari gambar bagian atas dan bawah

			masing-masing untuk perbesaran 260 dan 1.300 kali yang diamati dengan mikroskop-optilab
		Figure 6 (halaman 8): <i>L. acidophilus</i> FNCC 0051 cell viability during exposure to intestinal juice for 120 min. Key: a or b, $p < 0.05$, CPGM: carboxymethyl porang glucomannan, and CKGM: carboxymethyl konjac glucomannan.	Gambar 4.20 (halaman 132). Viabilitas sel pada beberapa kondisi terhadap paparan cairan simulasi di usus halus: A) <i>L. acidophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>S. thermophilus</i> tanpa enkapsulasi/sel bebas dan dengan enkapsulasi, B) <i>L. acidophilus</i> yang dienkapsulasi dengan hidrogel dari enkapsulan yang berbeda, yaitu komposit glukomanan porang (CPGM)-kitosan, glukomanan konjac (CKGM)-kitosan, Ca-alginat. Keterangan: notasi huruf yang berbeda menyatakan berbeda nyata ($p < 0,05$) pada tiap: (A) jenis bakteri; (B) jenis hidrogel
		Figure 7 (halaman 8): Microscopic appearance of hydrogel containing <i>L. acidophilus</i> FNCC 0051 (1300x magnification) during exposure to intestinal juice for (a) 0 min, (b) 60 min, (c) 90 min, and (d) 120 min.	Gambar 4.14. Gambaran mikroskopis hidrogel yang dibuat dari komposit glukomanan porang-kitosan dengan inti <i>L. acidophilus</i> pada beberapa waktu paparan cairan simulasi di usus halus pH 6,8. Dua gambar pada tiap sel terdiri dari gambar bagian atas dan bawah masing-masing untuk perbesaran 260 dan 1.300 kali yang diamati dengan mikroskop-optilab

***Daftar tabel dan gambar disertasi terlampir di bagian belakang file ini**

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
PRAKATA	v
DAFTAR PUBLIKASI.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
INTISARI	xvii
ABSTRACT.....	xix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Permasalahan	5
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.1.1. Tujuan umum	6
1.1.2. Tujuan khusus	6
1.4. Kebaruan Penelitian	7
1.5. Manfaat Penelitian	9
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1. Porang (<i>Amorphophallus oncophyllus.</i>).....	10
2.1. Glukomanan.....	11
2.1.1. Sifat fisikokimia glukomanan	12
2.1.2. Glukomanan sebagai prebiotik	15
2.1.3. Keberadaan dan prinsip ekstraksi glukomanan.....	16
2.1.4. Modifikasi glukomanan dengan karboksimetilasi	17
2.2. Hidrogel	23
2.1.5. Sifat hidrogel	23
2.1.6. Pembentukan hidrogel melalui ikat silang	25
2.1.7. Teknik pembuatan hidrogel	28
2.1.8. Hidrogel glukomanan	28
2.3. Probiotik	34
2.4. Enkapsulasi probiotik	39
2.4.1. Teknik enkapsulasi koaservasi kompleks.....	43
2.4.2. Pengaruh jenis matriks terhadap viabilitas probiotik.....	45
2.5. Landasan Teori	49
2.6. Hipotesis	53
BAB III. METODE PENELITIAN.....	54
3.1. Bahan Penelitian.....	55
3.2. Peralatan Penelitian.....	55

3.3. Tempat dan Waktu Penelitian	55
3.4. Tahapan Penelitian	55
3.4.1. Tahap I. Karboksimetilasi glukomanan porang dengan Na-monokloroasetat	56
3.4.2. Tahap II. Karakteristik hidrogel pada beberapa variasi konsentrasi glukomanan karboksimetil yang dikombinasikan dengan kitosan	61
3.4.3. Tahap III. Karakteristik hidrogel pada beberapa variasi konsentrasi awal bakteri serta viabilitasnya terhadap pemanasan, paparan cairan simulasi di saluran cerna, dan penyimpanan dingin salah satu model sistem pangan	64
3.5. Rancangan Percobaan dan Analisis Statistik	69
3.6. Matriks Hubungan Tahapan Penelitian, Rumusan Masalah, Tujuan, Hipotesis, Cara, dan Output Penelitian	70
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	73
4.1. Tahap I. Karboksimetilasi Glukomanan Porang	73
4.1.1. Pengaruh suhu dan waktu reaksi karboksimetilasi terhadap karakter glukomanan porang	73
4.1.2. Pengaruh suhu dan waktu reaksi karboksimetilasi terhadap pembentukan gugus fungsional pada glukomanan porang .	80
4.1.3. Reaksi pembentukan glukomanan glukomanan porang karboksimetil	88
4.1.4. Pengaruh suhu dan waktu reaksi karboksimetilasi terhadap kemampuan pembentukan hidrogel glukomanan porang-kitosan	90
4.1.5. Kesimpulan Tahap I.....	100
4.2. Tahap II. Karakteristik Hidrogel Pada Beberapa Variasi Konsentrasi Glukomanan Karboksimetil Yang Dikombinasikan Dengan Kitosan	101
4.2.1. Pengaruh konsentrasi glukomanan porang terhadap karakteristik hidrogel	101
4.2.2. Pengaruh konsentrasi glukomanan porang terhadap kestabilan hidrogel terhadap panas, selama penyimpanan dingin, dan cairan simulasi saluran cerna <i>in vitro</i>	110
4.2.3. Kesimpulan Tahap II.....	117
4.3. Tahap III. Karakteristik Hidrogel pada Beberapa Variasi Konsentrasi Awal Bakteri serta Viabilitasnya terhadap Pemanasan, Paparan Cairan Simulasi di Saluran Cerna, dan Penyimpanan Dingin Salah Satu Model Sistem Pangan	118
4.3.1. Pengaruh konsentrasi awal bakteri terhadap karakter hidrogel yang mengenkapsulasi <i>L. acidophilus</i>	118
4.3.2. Viabilitas sel bakteri probiotik pada berbagai kondisi lingkungan dan stabilitas pH susu selama penyimpanan dingin	125

4.3.3. Peran hidrogel dalam mempertahankan pH susu dan mempertahankan viabilitas sel bakteri probiotik selama penyimpanan dingin 5 °C	134
4.3.4. Kesimpulan Tahap III	141
4.4. Diskusi Umum	141
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	149
5.1. Kesimpulan	149
5.2. Saran.....	150
RINGKASAN.....	151
SUMMARY	163
DAFTAR PUSTAKA.....	173
LAMPIRAN.....	189

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Kesamaan dan perbedaan dengan penelitian lain yang pernah dilakukan	8
Tabel 2.1.	Penelitian mengenai hidrogel yang dibentuk dari glukomanan konjak dan bentuk kompositnya dengan polisakarida lain	29
Tabel 2.2.	Keuntungan dan kelemahan teknik enkapsulasi (Lakkis, 2007)	45
Tabel 3.1.	Kode glukomanan porang-karboksimetilasi (CPGM) dengan variasi perlakuan suhu dan waktu proses	56
Tabel 3.2.	Matriks hubungan tahapan penelitian, rumusan, tujuan, hipotesis, cara, dan output penelitian	70
Tabel 4.1.	Pengaruh suhu dan lama reaksi terhadap derajat substitusi, kelarutan, dan zeta potensial glukomanan karboksimetil (CPGM)	73
Tabel 4.2.	Gugus fungsional utama penanda terjadinya karboksimetilasi pada glukomanan porang (PGM)	82
Tabel 4.3.	Luas area di bawah pita spektra FTIR untuk sampel glukomanan alami (PGM) dan karboksimetilasi (CPGM) yang diukur menggunakan garis dasar pada rentang frekuensi 1.790-1.533 cm ⁻¹	84
Tabel 4.4.	Gugus fungsional yang ada dalam hidrogel komposit glukomanan karboksimetil-kitosan serta gugus fungsional karakter molekul pembentuknya	98
Tabel 4.5.	Pengaruh konsentrasi glukomanan porang terhadap karakteristik hidrogel	102
Tabel 4.6.	Pengaruh konsentrasi awal <i>L. acidophilus</i> terhadap karakter hidrogel	119
Tabel 4.7.	Pengaruh konsentrasi awal <i>L. acidophilus</i> terhadap konsentrasi sel yang terenkapsulasi dan efisiensi enkapsulasi hidrogel	122
Tabel 4.8.	Efisiensi enkapsulasi <i>L. acidophilus</i> dalam beberapa jenis hidrogel	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Struktur kimia glukomanan konjak (Li <i>et al.</i> , 2013)..... ..	12
Gambar 2.2.	Skema mekanisme pembentukan gel pada glukomanan konjak (Alonso, 2009)	14
Gambar 2.3.	Reaksi karboksimetilasi pada pati A) tahap alkalisasi, B) tahap eterifikasi (Astya dan Nurafrida, 2012)	18
Gambar 2.4.	Glukomanan konjak karboksimetil (Alonso, 2009)	23
Gambar 2.5.	Interaksi elektrostatik dan ikatan kimia antara glukomanan karboksimetil (CKGM) dengan kitosan (CS) (Du <i>et al.</i> , 2006)	31
Gambar 2.6.	Pembentukan polimer glukomanan yang dioksidasi dengan Na-periodat dan kitosan (CTS) melalui ikatan basa Schiff dan hidrogen (Korkiatithaweechai <i>et al.</i> , 2011)	32
Gambar 2.7.	Struktur kimia kitosan (Dompeipen, 2017)	47
Gambar 3.1.	Skema tahapan penelitian	57
Gambar 3.2.	Skema penelitian tahap I	60
Gambar 3.3.	Skema penelitian tahap II	63
Gambar 3.4.	Skema penelitian tahap III	68
Gambar 4.1.	Morfologi permukaan granula glukomanan yang dilihat dengan menggunakan <i>scanning electron microscope</i> perbesaran 100x	76
Gambar 4.2.	Viskositas glukomanan porang: A) alami (PGM) dan karboksimetil (CPGM); B) karboksimetil pada skala yang diperbesar untuk melihat perbedaan antarperlakuan sumbu y (PGM dihilangkan).	79
Gambar 4.3.	Spektra FTIR glukomanan alami (PGM) dan sesudah dikarboksimetilasi (CPGM) pada daerah bilangan gelombang 4.000-400 cm ⁻¹	81
Gambar 4.4.	Reaksi karboksimetilasi glukomanan (a) Alkalisasi, OH ⁻ dari basa kuat akan bereaksi dengan H ⁺ sehingga membentuk ion alkoksida (b) ion alkoksida adalah nukleofil yang menyerang elektrofil C dari sodium monokloroasetat. Pada saat yang sama, elektron di dalam ikatan C-Cl akan dilepas dari Cl, (c) gugus karboksimetil telah masuk ke dalam molekul glukomanan (Aprilia <i>et al.</i> , 2017a)	89

Gambar 4.5.	Hasil uji pembentukan hidrogel komposit kitosan dengan: A) glukomanan alami (PGM) atau glukomanan konjak karboksimetil (CKGM); B) glukomanan porang karboksimetil (CPGM) 5060, 5040, 5020; C) CPGM 6060, 6040, 6020; D) CPGM 7060, 7040, 7020.....	90
Gambar 4.6.	Pembentukan hidrogel dari kombinasi kitosan dan glukomanan karboksimetil CPGM yang diamati menggunakan mikroskop yang dilengkapi optilab pada perbesaran 1.300 kali.	93
Gambar 4.7.	Morfologi permukaan hidrogel komposit kitosan dengan glukomanan karboksimetil CPGM yang diamati menggunakan <i>scanning electron microscope</i> perbesaran 20.000 kali.	95
Gambar 4.8.	Morfologi permukaan hidrogel dari komposit kitosan dengan glukomanan karboksimetil CPGM yang diamati menggunakan <i>scanning electron microscope</i> perbesaran 20.000 kali	97
Gambar 4.9.	Spektra FTIR hidrogel yang dibentuk dari glukomanan karboksimetil (CPGM) beberapa perlakuan dengan kitosan.....	100
Gambar 4.10.	Spektra FTIR hidrogel yang dibentuk dari glukomanan karboksimetil (CPGM) beberapa perlakuan dengan kitosan	107
Gambar 4.11.	Pengaruh konsentrasi glukomanan porang terhadap rasio <i>swelling</i> hidrogel yang dibuat dengan beberapa variasi konsentrasi glukomanan pada A) pH 3-9; B) larutan konsentrasi garam 0-1 M	110
Gambar 4.12.	Pengaruh konsentrasi glukomanan porang terhadap kestabilan ukuran hidrogel (A) dan indek polidispersitas (B) selama penyimpanan dingin 5 °C.	112
Gambar 4.13.	Gambaran mikroskopis hidrogel yang dibuat dari komposit glukomanan porang-kitosan dengan inti <i>L. acidophilus</i> pada beberapa waktu paparan cairan simulasi di lambung pH 2.....	115
Gambar 4.14.	Gambaran mikroskopis hidrogel yang dibuat dari komposit glukomanan porang-kitosan dengan inti <i>L. acidophilus</i> pada beberapa waktu paparan cairan simulasi di usus halus pH 6,8. Dua gambar pada tiap sel terdiri dari gambar bagian atas dan bawah masing-masing untuk perbesaran 260 dan 1.300 kali yang diamati dengan mikroskop-optilab.....	117

Gambar 4.15.	Hidrogel komposit glukomanan porang-kitosan. A) Pengamatan menggunakan mikroskop-optilab perbesaran 1.300 kali dengan pengecatan Gram (hidrogel berwarna kuning dan <i>L. acidophilus</i> FNCC 0051 berwarna ungu). Pengamatan dengan <i>scanning electron microscope</i> (SEM) perbesaran 10.000 kali pada: B) permukaan hidrogel tanpa <i>L. acidophilus</i> , C) permukaan hidrogel yang mengandung <i>L. acidophilus</i>	121
Gambar 4.16.	Efisiensi enkapsulasi hidrogel glukomanan porang-kitosan dalam mengenkapsulasi beberapa macam bakteri.....	124
Gambar 4.17.	Viabilitas beberapa macam bakteri terhadap pemanasan suhu 65°C selama 30 menit.....	127
Gambar 4.18.	Viabilitas <i>L. acidophilus</i> yang dienkapsulasi dalam beberapa hidrogel pada pemanasan suhu 65°C selama 30 menit.	128
Gambar 4.19.	Viabilitas sel pada beberapa kondisi terhadap paparan cairan simulasi di lambung: A) <i>L. acidophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>S. thermophilus</i> tanpa enkapsulasi/sel bebas dan dengan enkapsulasi, B) <i>L. acidophilus</i> yang dienkapsulasi dengan hidrogel dari enkapsulan yang berbeda, yaitu komposit glukomanan porang (CPGM)-kitosan, glukomanan konjak (CKGM)-kitosan, Ca-alginat.	130
Gambar 4.20.	Viabilitas sel pada beberapa kondisi terhadap paparan cairan simulasi di usus halus: A) <i>L. acidophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>S. thermophilus</i> tanpa enkapsulasi/sel bebas dan dengan enkapsulasi, B) <i>L. acidophilus</i> yang dienkapsulasi dengan hidrogel dari enkapsulan yang berbeda, yaitu komposit glukomanan porang (CPGM)-kitosan, glukomanan konjak (CKGM)-kitosan, Ca-alginat.....	132
Gambar 4.21.	Kestabilan susu selama 56 hari penyimpanan suhu 5°C pada beberapa kondisi penambahan sel: A) <i>L. acidophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>S. thermophilus</i> yang diberikan tanpa enkapsulasi/sel bebas dan dengan enkapsulasi, B) <i>L. acidophilus</i> yang dienkapsulasi dengan hidrogel dari enkapsulan yang berbeda, yaitu komposit glukomanan porang (CPGM)-kitosan, glukomanan konjak (CKGM)-kitosan, Ca-alginat.	136

Gambar 4.22.	Stabilitas sel di dalam susu selama 56 hari penyimpanan suhu 5°C pada beberapa kondisi penambahan sel: A) <i>L. acidophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>S. thermophilus</i> yang diberikan tanpa enkapsulasi/sel bebas dan dengan enkapsulasi, B) <i>L. acidophilus</i> yang dienkapsulasi dengan hidrogel dari enkapsulan yang berbeda, yaitu komposit glukomanan porang (CPGM)-kitosan, glukomanan konjak (CKGM)-kitosan, Ca-alginat.	140
Gambar 4.23.	Usulan mekanisme pembentukan hidrogel komposit glukomanan porang-kitosan	147
Gambar 4.24.	Nasib <i>L. acidophilus</i> bebas dan terenkapsulasi dalam hidrogel selama di lambung dan usus halus	148

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Analisis	189
Lampiran 2. Hasil Analisis Statistik.....	194