

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR PUBLIKASI	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
INTISARI	xx
ABSTRACT	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	12
1.3. Tujuan Penelitian	12
1.4. Manfaat Penelitian	13
1.5. Kebaruan Penelitian	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	17
2.1. Pati Sukun	17
2.2. Gelatinisasi Pati	20
2.3. Sintesis Nanopartikel Pati	22
2.4. Sifat Nanopartikel Pati	33
2.5. Emulsi <i>Pickering</i>	38
2.6. Stabilitas Emulsi	47
2.7. Enkapsulasi Berbasis Emulsi <i>Pickering</i>	49
2.8. Minyak Atsiri Kayu Manis	53
2.9. Pelepasan Bahan Aktif	57

2.10. Skema Landasan Teori	64
2.11. Hipotesis	68
BAB III METODE PENELITIAN	69
3.1. Bahan Penelitian	69
3.2. Peralatan Penelitian	69
3.3. Lokasi Penelitian	69
3.4. Tahapan Penelitian	70
3.4.1. Tahap pertama	72
a) Tujuan	72
b) Prosedur	72
c) Rancangan percobaan dan analisis statistik	76
3.4.2. Tahap kedua	76
a) Tujuan	76
b) Prosedur	76
c) Rancangan percobaan dan analisis statistik	80
3.4.3. Tahap ketiga	81
a) Tujuan	81
b) Prosedur	81
c) Rancangan percobaan dan analisis statistik	84
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	87
4.1. Karakterisasi Pati Sukun	87
4.1.1. Kadar proksimat	87
4.1.2. Total pati	89
4.1.3. Kadar amilosa	89
4.2. Preparasi Nanopartikel Pati Sukun	90
4.2.1. Distribusi ukuran partikel	90
4.2.2. Ukuran rata-rata partikel	94
4.2.3. Zeta potensial	96
4.2.4. Bentuk partikel	97
4.2.5. Pola difraksi sinar X (XRD)	99

4.2.6. Spektra <i>Fourier Transform InfraRed</i> (FTIR)	102
4.2.7. Profil <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	105
4.3. Kemampuan Nanopartikel Pati Sukun dalam Menstabilkan Emulsi	
<i>Pickering</i>	110
4.3.1. Kenampakan visual	111
4.3.2. <i>Creaming index</i>	114
4.3.3. Ukuran droplet	117
4.3.4. Gambar mikroskop optik	118
4.4. Aplikasi Emulsi <i>Pickering</i> pada Enkapsulasi Minyak Atsiri Kayu Manis ..	124
4.4.1. Penentuan level dari faktor yang dioptimasi	124
a) Pengaruh konsentrasi nanopartikel pati sukun	124
b) Pengaruh konsentrasi fase minyak	126
c) Pengaruh konsentrasi minyak atsiri kayu manis	128
4.4.2. Optimasi formula enkapsulasi minyak atsiri kayu manis	130
a) Kombinasi faktor dan respon melalui <i>Box-Behnken Design</i>	130
b) Penentuan model percobaan	131
c) <i>Analysis of variance</i> (ANOVA)	133
d) Kecocokan model	136
e) Respon permukaan	138
f) Penentuan titik optimal	141
4.4.3. Penerapan formula enkapsulasi minyak atsiri kayu manis yang optimal	141
a) Retensi minyak atsiri kayu manis	142
b) Komposisi minyak atsiri kayu manis terenkapsulasi	144
c) Stabilitas emulsi	145
4.5. Proses Pelepasan Minyak Atsiri Kayu Manis dari Emulsi <i>Pickering</i>	150
4.5.1. Kadar minyak atsiri kayu manis	150
4.5.2. Profil pelepasan minyak atsiri kayu manis	155
4.5.3. Difusivitas minyak atsiri kayu manis	157
4.5.4. Penentuan mekanisme pelepasan minyak atsiri kayu manis	159

4.6. Pembahasan Umum	167
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	172
5.1. Kesimpulan	172
5.2. Saran	173
 DAFTAR PUSTAKA	 174
LAMPIRAN	208
RINGKASAN	246
SUMMARY	257

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Perbandingan rancangan penelitian ini dengan penelitian terdahulu (pembuatan nanopartikel pati)	15
Tabel 1.2. Perbandingan rancangan penelitian ini dengan penelitian terdahulu (pembuatan emulsi <i>Pickering</i>)	15
Tabel 1.3. Perbandingan rancangan penelitian ini dengan penelitian terdahulu (enkapsulasi minyak atsiri kayu manis berbasis emulsi <i>Pickering</i>)	16
Tabel 1.4. Perbandingan rancangan penelitian ini dengan penelitian terdahulu (proses pelepasan minyak atsiri kayu manis)	16
Tabel 2.1. Beberapa studi tentang penggunaan nanopresipitasi pada pembentukan nanopartikel pati	30
Tabel 2.2. Beberapa studi sebelumnya tentang efek konsentrasi pati terhadap ukuran nanopartikel pati	34
Tabel 2.3. Contoh perubahan intensitas ikatan/gugus kimia selama pembentukan nanopartikel pati	37
Tabel 2.4. Eksponen difusi dari berbagai bentuk geometris pembawa dan kaitannya dengan mekanisme pelepasan bahan aktif	61
Tabel 3.1. Teknik pembagian rentang nilai dalam <i>single factor experiment</i> pada enkapsulasi minyak atsiri kayu manis berbasis emulsi <i>Pickering</i>	78
Tabel 3.2. Susunan 14 <i>running</i> eksperimen melalui kombinasi 3 faktor dan 3 level dalam Box-Behnken Design	79
Tabel 3.3. Matriks antara permasalahan, tujuan, hipotesis, tahapan, rancangan percobaan, dan produk penelitian	85
Tabel 4.1. Karakter pati sukun	87
Tabel 4.2. Ukuran rata-rata dan zeta potensial luas permukaan dari pati sukun dan nanopartikel pati sukun	95
Tabel 4.3. Interpretasi spektra FTIR pada produk pati menurut beberapa studi	104

Tabel 4.4. Profil DSC dari pati sukun dan nanopartikel pati sukun	105
Tabel 4.5. Pengukuran <i>creaming index</i> and ukuran droplet dari emulsi <i>Pickering</i> yang distabilkan oleh BSN 1; BSN 3; BSN 5 dengan: (a) NaOH-0.1875; (b) NaOH-0.375	115
Tabel 4.6. Pengaruh konsentrasi nanopartikel pati sukun (X1), konsentrasi fase minyak (X2), konsentrasi minyak atsiri kayu manis (X3) terhadap efisiensi enkapsulasi (Y)	131
Tabel 4.7. Susunan 14 <i>running</i> eksperimen melalui kombinasi 3 faktor, 3 level, dan 1 respon dalam <i>Box-Behnken Design</i>	132
Tabel 4.8. <i>Analysis of variance</i> (ANOVA) dari <i>Box-Behnken Design</i> pada optimasi enkapsulasi minyak atsiri kayu manis berbasis emulsi <i>Pickering</i>	134
Tabel 4.9. Komposisi minyak atsiri kayu manis sebelum dan sesudah enkapsulasi dalam emulsi <i>Pickering</i>	144
Tabel 4.10. <i>Creaming index</i> pada emulsi <i>Pickering</i> serta ukuran, indeks polidispersitas, dan zeta potensial dari droplet yang mengandung minyak atsiri kayu manis	147
Tabel 4.11. Simulasi perhitungan data pelepasan minyak atsiri kayu manis untuk proyeksi aplikasi pada susu pasteurisasi	153
Tabel 4.12. Difusivitas minyak atsiri kayu manis pada media 90% etanol dan media 10% etanol	157
Tabel 4.13. Pendekatan <i>Ritger-Peppas equation</i> dalam mempelajari pelepasan minyak atsiri kayu manis	159
Tabel 4.14. Pendekatan <i>Weibull Model</i> dalam mempelajari pelepasan minyak atsiri kayu manis	161

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh bentuk granula pati sukun melalui pengamatan mikroskop elektron	18
Gambar 2.2. Reaksi pembentukan kompleks pati-sodium	21
Gambar 2.3. Klasifikasi pendekatan sintesis nanopartikel	24
Gambar 2.4. Tahapan utama dalam metode nanopresipitasi	28
Gambar 2.5. Morfologi nanopartikel pati yang diamati melalui <i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM)	35
Gambar 2.6. Ilustrasi droplet yang diselubungi partikel padat pada sistem emulsi <i>Pickering</i>	39
Gambar 2.7. Gambar ilustratif terkait peran partikel dalam menghambat koalesensi droplet	41
Gambar 2.8. Kenampakan visual dari emulsi <i>Pickering</i> yang distabilkan oleh A) nanopartikel pati jagung <i>waxy</i> ; B) nanopartikel pati jagung	42
Gambar 2.9. Gambar mikroskopis dari emulsi <i>Pickering</i> yang distabilkan oleh nanopartikel pati jagung	42
Gambar 2.10. Gambar ilustratif terkait agregasi partikel pada permukaan droplet .	43
Gambar 2.11. Skema emulsi <i>Pickering</i> sebagai pemerangkap bahan aktif	51
Gambar 2.12. Struktur kimia <i>cinnamaldehyde</i>	53
Gambar 2.13. Geometris bulat (<i>sphere</i>) dari pengenkapsulasi berupa emulsi <i>Pickering</i>	60
Gambar 2.14. Ilustrasi pelepasan bahan aktif dari emulsi <i>Pickering</i>	60
Gambar 2.15. Ilustrasi proses pembentukan nanopartikel pati sukun melalui metode nanopresipitasi	64
Gambar 2.16. Ilustrasi enkapsulasi minyak atsiri kayu manis dalam emulsi <i>Pickering</i>	66
Gambar 2.17. Skema landasan teori dari penelitian	67
Gambar 3.1. Diagram penelitian secara keseluruhan	71

Gambar 3.2. Preparasi nanopartikel pati sukun melalui metode nanopresipitasi	73
Gambar 3.3. Prosedur pembuatan emulsi <i>Pickering</i>	75
Gambar 3.4. Proses pembuatan enkapsulan minyak atsiri kayu manis berbasis emulsi <i>Pickering</i>	77
Gambar 3.5. Prosedur eksperimental pelepasan minyak atsiri kayu manis dari emulsi <i>Pickering</i>	82
Gambar 4.1. Distribusi ukuran partikel dari pati sukun dan nanopartikel pati sukun	91
Gambar 4.2. Bentuk partikel dari pati sukun dan nanopartikel pati sukun	98
Gambar 4.3. Pola XRD dari pati sukun dan nanopartikel pati sukun	100
Gambar 4.4. Profil FTIR dari pati sukun dan nanopartikel pati sukun	103
Gambar 4.5. Grafik DSC dari pati sukun dan nanopartikel pati sukun	107
Gambar 4.6. Ilustrasi skema pembentukan nanopartikel pati sukun melalui nanopresipitasi	109
Gambar 4.7. Kenampakan visual dari emulsi <i>Pickering</i> selama 1 hari penyimpanan suhu ruang	111
Gambar 4.8. Kenampakan visual dari emulsi <i>Pickering</i> selama 2 minggu penyimpanan pada suhu ruang	112
Gambar 4.9. Gambar mikroskop optik dari emulsi <i>Pickering</i> yang distabilkan oleh BSN 5-NaOH-0.1875 selama 2 minggu penyimpanan	119
Gambar 4.10. Ilustrasi skema penstabilan emulsi <i>Pickering</i> oleh nanopartikel pati sukun dengan perlakuan BSN 5 - NaOH-0.1875 melalui efek sterik	121
Gambar 4.11. Efisiensi enkapsulasi minyak atsiri kayu manis dalam emulsi <i>Pickering</i> melalui perbedaan konsentrasi nanopartikel pati sukun ..	126
Gambar 4.12. Efisiensi enkapsulasi minyak atsiri kayu manis dalam emulsi <i>Pickering</i> melalui perbedaan konsentrasi fase minyak	128
Gambar 4.13. Efisiensi enkapsulasi minyak atsiri kayu manis dalam emulsi <i>Pickering</i> melalui perbedaan konsentrasi minyak atsiri kayu manis ..	130
Gambar 4.14. Evaluasi model 2FI dari <i>Box-Behnken Design</i>	137

Gambar 4.15. Respon permukaan berupa gambar 3 dimensi dan <i>plot contour</i> berdasarkan model 2FI dari <i>Box-Behnken Design</i>	139
Gambar 4.16. Stabilitas minyak atsiri kayu manis dalam emulsi <i>Pickering</i> selama 9 hari penyimpanan suhu ruang,,,.....	142
Gambar 4.17. Gambar mikroskop optik dari droplet yang mengandung minyak atsiri kayu manis,,,.....	145
Gambar 4.18. Kadar minyak atsiri kayu manis yang terlepas pada media 90% etanol dan media 10% etanol	151
Gambar 4.19. Profil pelepasan minyak atsiri kayu manis pada media 90% etanol dan media 10% etanol	155
Gambar 4.20. Ilustrasi skema jalur pelepasan minyak atsiri kayu manis dari emulsi <i>Pickering</i> menuju media pelepasan	163
Gambar 4.21. Ilustrasi skema pelepasan minyak atsiri kayu manis dari emulsi <i>Pickering</i>	165

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Analisis	208
Lampiran 1.1. Analisis proksimat	208
Lampiran 1.2. Total pati	210
Lampiran 1.3. Kadar amilosa	210
Lampiran 1.4. Ukuran granula dan ukuran droplet emulsi	211
Lampiran 1.5. Ukuran partikel	211
Lampiran 1.6. Zeta potensial	211
Lampiran 1.7. Luas permukaan	212
Lampiran 1.8. Bentuk partikel	212
Lampiran 1.9. Pola kristal	212
Lampiran 1.10. Profil ikatan/gugus kimia	213
Lampiran 1.11. Profil termal	213
Lampiran 1.12. Kenampakan visual emulsi	213
Lampiran 1.13. <i>Creaming index</i> dan indeks emulsi	213
Lampiran 1.14. Gambar mikroskop optik	214
Lampiran 1.15. Kadar minyak atsiri kayu manis	214
Lampiran 1.16. Komposisi minyak atsiri kayu manis	215
Lampiran 2. Data Pendukung Penelitian	216
Lampiran 2.1. Ukuran granula pati sukun	216
Lampiran 2.2. Bentuk granula pati sukun	217
Lampiran 2.3. Pola kristal pati sukun	217
Lampiran 2.4. Profil ikatan/gugus kimia pati sukun	218
Lampiran 2.5. Profil termal pati sukun	218
Lampiran 2.6. Distribusi ukuran nanopartikel pati sukun	219
Lampiran 2.7. Analisis statistik dari ukuran rerata nanopartikel pati sukun	220
Lampiran 2.8. Analisis statistik dari zeta potensial nanopartikel pati sukun	221
Lampiran 2.9. Intensitas pola kristal tipe-V pada nanopartikel pati sukun	222
Lampiran 2.10. Intensitas ikatan/gugus kimia pada nanopartikel pati sukun	221
Lampiran 2.11. Profil DSC pada nanopartikel pati sukun	224

Lampiran 2.12. Analisis statistik dari <i>creaming index</i> (1 minggu)	224
Lampiran 2.13. Analisis statistik dari <i>creaming index</i> (2 minggu)	225
Lampiran 2.14. Analisis statistik dari ukuran droplet (1 hari)	225
Lampiran 2.15. Analisis statistik dari ukuran droplet (1 minggu)	226
Lampiran 2.16. Analisis statistik dari ukuran droplet (2 minggu)	226
Lampiran 2.17. Gambar mikroskop optik dari emulsi <i>Pickering</i>	227
Lampiran 2.18. Kurva standar minyak atsiri kayu manis	228
Lampiran 2.19. Analisis statistik dari <i>single factor experiment</i>	229
Lampiran 2.20. Penentuan model dalam <i>Box-Behnken Design</i>	230
Lampiran 2.21. Penentuan persamaan model 2FI dalam <i>Box-Behnken Design</i> ..	232
Lampiran 2.22. Penentuan titik optimal dalam <i>Box-Behnken Design</i>	233
Lampiran 2.23. Analisis statistik dari pengamatan retensi minyak atsiri kayu manis	235
Lampiran 2.24. Komposisi minyak atsiri kayu manis	235
Lampiran 2.25. Distribusi ukuran droplet dari emulsi <i>Pickering</i> pembawa minyak atsiri kayu manis	236
Lampiran 2.26. Kenampakan visual emulsi <i>Pickering</i> pembawa minyak atsiri kayu manis	236
Lampiran 2.27. Analisis statistik dari pengujian kadar minyak atsiri kayu manis yang terlepas	237
Lampiran 2.28. Analisis statistik dari pengujian pelepasan minyak atsiri kayu manis	239
Lampiran 2.29. Grafik persamaan <i>Fickian Law</i> (model <i>sphere</i>)	242
Lampiran 2.30. Grafik <i>Ritger-Peppas equation</i>	243
Lampiran 2.31. Grafik <i>Weibull model</i>	244
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian	245