

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN	iv
DAFTAR PUBLIKASI	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
INTISARI	xxii
ABSTRACT	xxiv
 I. PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang dan Permasalahan.....	1
1.1.1. Latar Belakang	1
1.1.2. Rumusan Masalah	11
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian	12
1.2.1. Tujuan Penelitian	12
1.2.2. Manfaat Penelitian	12
1.3. Kebaruan Penelitian	13
 II. TINJAUAN PUSTAKA.....	 14
2.1. Pewarna Makanan.....	14
2.1.1. Manfaat pewarna makanan	14
2.1.2. Cara pengukuran warna	15
2.2. Klorofil	19
2.2.1. Struktur dan karakteristik klorofil	19
2.2.2. Degradasi klorofil	24
2.2.3. Ekstraksi klorofil	30
2.2.4. Peningkatan stabilitas klorofil	35
a. Netralisasi asam	36
b. Teknik pengolahan dengan HTST	36
c. Stabilisasi warna hijau sayuran dengan proses thermal	36
d. Aplikasi pembentukan <i>metallochlorophyll</i>	37
2.2.5. Identifikasi klorofil dan turunannya.....	44
2.3. Daun Pandan Wangi	45
2.4. Enkapsulasi	47
2.4.1. Proses enkapsulasi dengan pengering semprot	51
2.4.2. Enkapsulan	56
a. Maltodekstrin	57
b. Siklodekstrin	59
c. Pati OSA	62

2.5. Aktivitas Antioksidan Klorofil dan Turunannya	65
2.5.1. Antioksidan	65
2.5.2. Mekanisme antioksidasi klorofil dan turunannya	67
2.5.3. Mekanisme prooksidasi klorofil dan turunannya	70
2.6. Landasan Teori	71
2.7. Hipotesis Penelitian	74
 III. METODE PENELITIAN.....	77
3.1. Bahan Penelitian	77
3.2. Peralatan Penelitian	78
3.3. Lokasi Penelitian	80
3.4. Tahapan Kegiatan Penelitian	80
3.4.1. Tahap I: Evaluasi potensi daun pandan wangi sebagai sumber klorofil dan antioksidan.....	82
a. Tujuan penelitian	82
b. Prosedur penelitian	82
c. Parameter yang dianalisis	87
d. Analisis data	88
3.4.2. Tahap II: Evaluasi pengaruh proses cryogrinding terhadap degradasi klorofil, dan stabilitas warna ekstrak daun pandan wangi	88
a. Tujuan penelitian	88
b. Prosedur penelitian	89
c. Parameter yang dianalisis	90
d. Analisis data	90
3.4.3. Tahap III: Evaluasi pembentukan kompleks <i>metallo-chlorophyll</i>	91
a. Tujuan penelitian	91
b. Prosedur penelitian	91
c. Parameter yang dianalisis	93
d. Analisis data	93
3.4.4. Tahap IV: Evaluasi peranan enkapsulan dengan HLB medium pada proses mikroenkapsulasi Zn-klorofil.....	94
a. Tujuan penelitian	94
b. Prosedur penelitian	94
c. Parameter yang dianalisis	96
d. Analisis data	98
 IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	99
4.1. Tingkat Ketuaan Daun Pandan Sumber Klorofil dan Antioksidan	99
4.1.1. Morfologi daun pandan	99
4.1.2. Kadar klorofil daun	101
4.1.3. Warna daun	102
4.1.4. Kategori tingkat ketuaan daun pandan	104
4.1.5. Pengaruh tingkat ketuaan daun terhadap karakteristik kimia	106

a.	Kadar klorofil	106
b.	Komposisi kimia proksimat, karotenoid, fenolik, dan flavonoid total	107
4.1.6.	Pengaruh tingkat ketuaan daun terhadap warna daun.....	108
4.1.7.	Anatomi daun pandan	109
4.1.8.	Karakteristik kimia klorofil dan turunannya.....	112
a.	Senyawa klorofil dan turunannya yang teridentifikasi dengan FTIR	112
b.	Senyawa klorofil dan turunannya yang teridentifikasi dengan MS/MS.....	113
c.	Kadar karotenoid, fenolik, dan flavonoid total	117
4.1.9.	Aktivitas antioksidan klorofil dan turunannya	118
a.	Aktivitas penghambatan peroksidasi lipid	118
b.	Daya tangkap radikal DPPH	120
c.	<i>Ferric reducing/antioxidant power</i> (FRAP)	122
d.	<i>Chelating activity</i>	124
4.1.10.	Sifat prooksidatif dan antioksidatif klorofil dan turunannya pada proses fotooksidasi asam linoleat	127
a.	Efek penambahan ekstrak dan fraksi klorofil dan turunannya terhadap angka peroksida asam linoleat..	127
b.	Efek penambahan ekstrak dan fraksi klorofil dan turunannya terhadap nilai TBARS asam linoleat	130
4.1.11.	Kesimpulan penelitian tahap I.....	131
4.2.	Pengaruh Proses <i>Cryogrinding</i> Terhadap Stabilitas Warna, Kadar Klorofil, dan Degradasi Klorofil Daun Pandan .	132
4.2.1.	Pengaruh lama pencelupan dalam nitrogen cair terhadap kadar klorofil dan stabilitas warna ekstrak klorofil.....	132
4.2.2.	Pengaruh lama pencelupan dalam nitrogen cair terhadap stabilitas warna ekstrak klorofil	134
4.2.3.	Pengaruh lama pencelupan dalam nitrogen cair terhadap degradasi klorofil selama penggilingan	135
4.2.4.	Pengaruh lama penggilingan terhadap kadar klorofil dan degradasi klorofil	137
4.2.5.	Kesimpulan penelitian tahap II.....	140
4.3.	Pengaruh Pembentukan Kompleks Zn-Klorofil Terhadap Stabilitas Klorofil	140
4.3.1.	Kenampakan visual, warna, dan sifat kimia ekstrak kompleks Zn klorofil.....	140
a.	Kenampakan visual dan warna ekstrak kompleks Zn-klorofil	140
b.	Kadar klorofil	143
c.	Kadar Zn terikat	144
4.3.2.	Pengaruh jenis garam dan konsentrasi Zn^{2+} terhadap stabilitas warna dan retensi klorofil ekstrak Zn-klorofil.	146
a.	Stabilitas warna	146
b.	Retensi klorofil	149

4.3.3.	Senyawa kompleks Zn-klorofil teridentifikasi.....	150
4.3.4.	Kesimpulan penelitian tahap III	153
4.4.	Pengaruh Mikroenkapsulasi Ekstrak Zn Klorofil terhadap Stabilitas Ekstrak Zn;klorofil Daun Pandan.....	153
4.4.1.	Mikrograf enkapsulan dan mikrokapsul Zn klorofil	153
a.	Profil mikrograf SEM α -siklodekstrin dan pati OSA	153
b.	Profil mikrograf SEM mikrokapsul Zn-klorofil.....	155
4.4.2.	Karakteristik kimia dan fisik mikrokapsul	156
a.	Kadar klorofil mikrokapsul	156
b.	Ukuran partikel mikrokapsul.....	157
c.	Nilai warna <i>hue</i> mikrokapsul	158
d.	Efisiensi mikroenkapsulasi.....	159
e.	Waktu pelepasan klorofil	162
4.4.3.	Stabilitas mikrokapsul turunan klorofil pada model sistem emulsi O/W	163
a.	Retensi klorofil	163
b.	Nilai warna a	165
c.	Laju peroksidasi asam linoleat	167
4.4.4.	Stabilitas mikrokapsul Zn-klorofil pada berbagai variasi pH.....	171
a.	Retensi klorofil	171
b.	Stabilitas warna.....	173
4.4.5.	Karakteristik Mikrokapsul Zn-Klorofil	175
4.4.6.	Kesimpulan penelitian tahap IV	178
4.5.	Pembahasan Umum	179
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	191
5.1.	Kesimpulan	191
5.2.	Saran	192
	DAFTAR PUSTAKA	193
	LAMPIRAN	217
	LAMPIRAN I. PROSEDUR ANALISIS.....	217
	LAMPIRAN II. ANALISIS STATISTIK DATA PENELITIAN	235
	LAMPIRAN III. BUKTI ANALISIS DATA LAINNYA	295

DAFTAR TABEL

1.1.	Kebaruan penelitian dibandingkan penelitian sebelumnya	13
2.1.	Karakteristik gugus klorofil	22
2.2.	Struktur klorofil pada berbagai bahan pangan dan klorofil komersial.....	29
2.3.	Karakteristik warna klorofil a dan b serta hasil degradasinya	30
2.4.	Berbagai hasil penelitian tentang optimasi metode ekstraksi klorofil	32
2.5.	Komposisi kimia daun pandan wangi	46
2.6.	Karakteristik α , β , dan γ -siklodekstrin	60
2.7.	Matriks keterkaitan tujuan penelitian, hipotesis, pendekatan metode dan parameter analisis.....	75
3.1.	Pengkelompokan tingkat ketuaan daun pandan.....	83
3.2.	Parameter yang dianalisis pada penelitian tahap I	87
3.3.	Parameter yang dianalisis pada penelitian tahap II	90
3.4.	Kebutuhan larutan standar Zn^{2+} dalam 60 ml ekstrak klorofil	93
3.5.	Parameter yang dianalisis pada penelitian tahap III.....	93
3.6.	Kebutuhan total material dinding enkapsulan (15% atau 45 g)....	95
3.7.	Parameter yang dianalisis pada penelitian tahap IV.....	96
4.1.	Karakteristik kebun pandan di Kabupaten Bantul	100
4.2.	Karakteristik kimia proksimat daun pandan pada berbagai tingkat ketuaan	108
4.3.	Kadar karotenoid, fenolik dan flavonoid daun pandan pada berbagai tingkat ketuaan	108
4.4.	Ukuran mesofil, panjang aerenkim dan kloroplas daun pandan pada berbagai tingkat ketuaan daun	110
4.5.	Fraksi klorofil dan turunannya yang terfragmentasi berdasarkan spektra MS/MS	116
4.6.	Laju oksidasi dan laju pembentukan MDA pada asam linoleat dengan penambahan ekstrak dan fraksi klorofil dan turunannya dalam paparan cahaya 5000 lux selama 4 hari.....	130
4.7.	Kadar klorofil <i>a</i> , <i>b</i> dan total ekstrak klorofil daun pandan, suhu akhir dan ukuran partikel hasil penggilingan pada berbagai variasi lama pencelupan pada nitrogen cair	132
4.8.	Nilai warna ekstrak klorofil daun pandan dan suhu akhir dan ukuran partikel bubuk daun pandan setelah penggilingan pada berbagai variasi lama pencelupan pada nitrogen cair	134
4.9.	Presentase komponen hasil pemisahan ekstrak klorofil daun pandan dengan TLC silica gel GF254 dan fase pelarut heksan: diethyl ether: aseton (6:3:2, v/v/v) pada berbagai variasi lama pencelupan dalam nitrogen cair (0, 1, 2 dan 3 menit) dan penggilingan selama 3 menit (%)	136
4.10.	Kadar klorofil <i>a</i> , <i>b</i> dan total ekstrak klorofil daun pandan pada berbagai variasi lama penggilingan	138

4.11.	Komponen hasil separasi ekstrak klorofil daun pandan dengan TLC silica gel GF254 dan fase pelarut heksan: diethyl ether: aseton (6:3:2, v/v/v) pada berbagai variasi lama penggilingan (1, 2 dan 3 menit) dan control (tanpa pencelupan dengan lama penggilingan 3 menit)	139
4.12.	Kadar klorofil total ekstrak kompleks Zn-klorofil pada berbagai variasi jenis reagen pembentuk kompleks (Zn asetat dan ZnCl ₂) dan variasi konsentrasi Zn ²⁺ (0, 200, 300, 400 dan 500 ppm)	144
4.13.	Kadar klorofil, ukuran partikel, warna mikrokapsul, dan efisiensi mikroenkapsulasi	156
4.14.	Laju fotodegradasi klorofil (B: Δ kadar klorofil/hari) dan koefisien determinasi (r ²) pada sistem emulsi O/W yang ditambah dengan berbagai variasi sumber klorofil dengan konsentrasi klorofil 100 ppm selama 4 hari	165
4.15.	Laju peroksidasi asam linoleat (B: Δ kadar lipid hidroperoksida/hari) dan koefisien determinasi (r ²) pada sistem emulsi O/W yang ditambah dengan berbagai variasi sumber klorofil dengan konsentrasi klorofil 100 ppm selama 4 hari	168
4.16.	Karakteristik kimia mikrokapsul Zn klorofil dengan enkapsulan α siklodekstrin	176
4.17.	Aktivitas antioksidan ekstrak dan fraksi klorofil dan turunannya..	180
4.18.	Perubahan bahan selama ekstraksi daun pandan wangi, proses <i>cryogrinding</i> dan proses mikroenkapsulasi Zn;klorofil	189

DAFTAR GAMBAR

2.1.	Sistem warna menurut ICI.....	16
2.2.	Sistem warna Hunter.....	18
2.3.	Struktur kimia klorofil a dan b.....	20
2.4.	Struktur klorofil a	21
2.5.	Degradasi pigmen klorofil dan faktor penyebabnya.....	25
2.6.	Degradasi klorofil selama pengolahan dan penyimpanan	26
2.7.	Struktur klorofil pada pangan.....	28
2.8.	Reaksi kimia yang terjadi selama pemanasan sayuran hijau pada larutan Zn^{2+} atau Cu^{2+}	39
2.9.	Skema morfologi mikrokapsul.....	50
2.10.	Interaksi antara klorofil sebagai bahan inti dan maltodekstrin sebagai bahan pembentuk dinding dalam proses mikroenkapsulasi.....	59
2.11.	Struktur kimia siklodekstrin.....	60
2.12.	Interaksi dalam pembentukan kompleks inklusi antara siklodekstrin sebagai <i>host</i> dan komponen yang dienkapsulasi	62
2.13.	Modifikasi pati dengan oktenil suksinat ahidrid.....	63
3.1.	Diagram <i>Fishbone</i> penelitian disertasi	81
3.2.	Diagram alir penelitian tahap I.....	82
3.3.	Diagram alir penelitian tahap II.....	89
3.4.	Diagram alir penelitian tahap III.....	92
3.5.	Diagram alir penelitian tahap IV.....	95
4.1.	Tanaman pandan	100
4.2.	Kadar klorofil a (C-a), b (C-b) dan total (C a+b) daun pandan pada masing-masing kebun di Kabupaten Bantul.....	102
4.3.	Nilai warna daun pandan dari berbagai lokasi kebun di Kabupaten Bantul; <i>greenness</i> (-a value), <i>yellowness</i> (b value), <i>colour saturation</i> (chroma) and <i>hue angle</i> (hue)	103
4.4.	Cara penomoran ruas daun pandan	105
4.5.	Frekuensi tanaman pandan berdasarkan kelompok ruas daunnya.....	105
4.6.	Klorofil total (Ch a+b), Klorofil a (Ch-a) and Klorofil b (Ch-b) pada berbagai tingkat ketuaan daun	106
4.7.	Nilai warna daun pandan pada berbagai tingkat ketuaan daun; <i>greenness</i> (-a value), <i>yellowness</i> (b value), <i>colour saturation</i> (chroma) and <i>hue angle</i> ($^{\circ}h$).....	109
4.8.	Fotomikrografi penampang melintang daun pandan (A) dan kloroplast (B). Kelompok: 1: muda 2: medium, 3: tua, dan 4: sangat tua. EPB: Lower Epidermis, EPA: Upper Epidermis, HIPO: Hypodermis, F: Phloem, X: Xylem, dan AE: Aerenchyma. Bar : 100 μm	111

4.9.	Spektra FTIR klorofil daun pandan dan turunannya	113
4.10.	Spektra MS/MS ion [M+] dari klorofil a, klorofil b, feofitin a, klorofilid a, dan feoforbid	115
4.11.	Kadar karotenoid total (mg/L), fenolik (mg EAG/L), dan flavonoid total (mg EQ/L) ekstrak klorofil daun pandan dan turunannya. Chl: ekstrak klorofil, Pht: ekstrak feofitin, Chd: ekstrak klorofilid, Phb: ekstrak feoforbid	117
4.12.	Aktivitas antioksidan ekstrak klorofil daun pandan dan turunannya yang diukur dengan metode FTC. Chl: ekstrak klorofil, Pht: ekstrak feofitin, Chd: ekstrak klorofilid, Phb: ekstrak feoforbid. Konsentrasi ekstrak 100 ppm.....	119
4.13.	Daya tangkap radikal DPPH ekstrak klorofil daun pandan dan turunannya. Chl: ekstrak klorofil, Pht: ekstrak feofitin, Chd: ekstrak klorofilid, Phb: ekstrak feoforbid. Konsentrasi ekstrak 100 ppm.....	121
4.14.	Nilai FRAP ekstrak klorofil daun pandan dan turunannya yang diukur dengan metode FTC. Chl: ekstrak klorofil, Pht: ekstrak feofitin, Chd: ekstrak klorofilid, Phb: ekstrak feoforbid dan AA: asam askorbat. Konsentrasi ekstrak 100 ppm.....	123
4.15.	Daya tangkap Fe^{2+} ekstrak klorofil daun pandan dan turunannya yang diukur dengan metode FTC. Chl: ekstrak klorofil, Pht: ekstrak feofitin, Chd: ekstrak klorofilid, Phb: ekstrak feoforbid. Konsentrasi ekstrak dan EDTA 5 ppm.....	125
4.16.	Angka peroksida asam linoleat yang ditambah ekstrak (a) dan fraksi (b) klorofil dan turunannya dalam paparan cahaya 5000 lux selama 8 hari (Chl: klorofil, Pht: feofitin Chd: klorofilid, Phb: feoforbid. CD: kontrol yang disimpan dalam gelap, CL: kontrol yang disimpan dalam paparan cahaya. Konsentrasi ekstrak atau fraksi 100 ppm)	128
4.17.	Kadar MDA asam linoleat yang ditambah ekstrak (a) dan fraksi (b) klorofil dan turunannya dalam paparan cahaya 5000 lux selama 8 hari (Chl: klorofil, Pht: feofitin Chd: klorofilid, Phb: feoforbid. CD: kontrol yang disimpan dalam gelap, CL: kontrol yang disimpan dalam paparan cahaya. Konsentrasi ekstrak atau fraksi 100 ppm)	130
4.18.	Hasil pemisahan ekstrak klorofil daun pandan dengan TLC silica gel GF254 dan fase pelarut heksan: dietil eter: aseton (6:3:2, v/v/v) pada berbagai variasi lama pencelupan dalam nitrogen cair (0, 1, 2 and 3 menit) (Extract volume spotting 6 μ L)	135
4.19.	Hasil TLC <i>scanner</i> pemisahan ekstrak klorofil daun pandan dengan TLC silica gel GF254 dan fase pelarut heksan: dietil eter: aseton (6:3:2, v/v/v) pada berbagai variasi lama pencelupan dalam nitrogen cair (P0: tanpa pencelupan, P1: pencelupan 1 menit, P2: pencelupan 2 menit dan P3: pencelupan 3 menit) (Extract volume spotting 6 μ L)	136
4.20.	Hasil pemisahan ekstrak klorofil daun pandan dengan TLC silica	

	gel GF254 dan fase pelarut heksan: dietil eter: aseton (6:3:2, v/v/v) pada berbagai variasi lama penggilingan (G: 1, 2 and 3 menit) dengan pembanding tanpa pencelupan dan lama penggilingan 3 menit (Extract volume spotting 3X4 μ L).....	138
4.21.	Pengaruh berbagai variasi jenis garam Zn pembentuk kompleks (a. Zn asetat dan b. $ZnCl_2$) dan konsentrasi Zn^{2+} (0, 200, 300, 400 dan 500 ppm) terhadap kenampakan visual ekstrak kompleks Zn-klorofil	141
4.22.	Intensitas warna hijau (-a) kompleks Zn-klorofil dengan variasi jenis reagen pembentuk kompleks Zn asetat dan $ZnCl_2$ dan variasi konsentrasi Zn^{2+} 0, 200, 300, 400 dan 500 ppm	142
4.23.	Nilai warna hue kompleks Zn-klorofil dengan variasi jenis reagen pembentuk kompleks Zn asetat dan $ZnCl_2$ dan variasi konsentrasi Zn^{2+} (0, 200, 300, 400 dan 500 ppm)	142
4.24.	Pola hubungan kadar Zn terikat (Zn) dan kadar klorofil total ekstrak (Chl) kompleks Zn-klorofil pada berbagai variasi jenis reagen pembentuk kompleks (ZA: Zn asetat dan ZC: $ZnCl_2$) dan variasi konsentrasi Zn^{2+} (0, 200, 300, 400 dan 500 ppm).....	145
4.25.	Kenampakan visual ekstrak kompleks Zn-klorofil pada berbagai variasi jenis reagen pembentuk kompleks (Zn asetat dan $ZnCl_2$) dan konsentrasi Zn^{2+} (0, 200, 300, 400 dan 500 ppm) pada konsentrasi ekstrak Zn-klorofil 200 ppm sebelum dan sesudah pemanasan dalam waterbatch pada suhu 50 $^{\circ}$ C selama 24 jam.	147
4.26.	Stabilitas warna hue kompleks Zn-klorofil dengan variasi jenis reagen pembentuk kompleks Zn asetat (ZA) dan $ZnCl_2$ (ZC) sebelum dan sesudah pemanasan dalam waterbatch pada suhu 50 $^{\circ}$ C selama 24 jam dan konsentrasi ekstrak 200 ppm	148
4.27.	Total perbedaan warna (ΔE^*) kompleks Zn-klorofil dengan variasi jenis reagen pembentuk kompleks Zn asetat (ZA) dan $ZnCl_2$ (ZC) sebelum dan sesudah pemanasan dalam waterbatch pada suhu 50 $^{\circ}$ C selama 24 jam dan konsentrasi ekstrak 200 ppm.	148
4.28.	Retensi klorofil Stabilitas intensitas warna hue kompleks Zn klorofil dengan variasi jenis reagen pembentuk kompleks Zn asetat (ZA) dan $ZnCl_2$ (ZC) sebelum dan sesudah pemanasan dalam waterbatch pada suhu 50 $^{\circ}$ C selama 24 jam dan konsentrasi ekstrak 200 ppm.....	150
4.29.	Spektra hasil MS/MS ion $[M^+]$ dari fraksi Zn-klorofil pada kisaran m/z 500-1000 (a) dan 800-1000 (b)	151
4.30.	Mekanisme pembentukan Zn feofitin dan Zn pirofeofitin	152
4.31.	Mikrograf SEM bahan pembentuk dinding enkapsulan (a, α -sikloedekstrin dan b, pati oktenil suksinat anhidrid)	154
4.32.	Mikrograf mikrokapsul Zn klorofil dalam berbagai variasi tingkatan HLB.....	155
4.33.	Inklusi Zn-klorofil dengan pati OSA.....	159
4.34.	Pembentukan inklusi dan agregat α -sikloedekstrin dengan Zn-klorofil	161

4.35.	Waktu pelepasan klorofil total dalam berbagai variasi tingkatan HLB enkapsulan pada suhu ruang dengan mikrokapsul 1 g/100 ml aquades dan kecepatan pengadukan 400 rpm	162
4.36.	Retensi klorofil sistem emulsi O/W yang ditambah dengan berbagai variasi sumber klorofil (A: mikrokapsul Zn klorofil, B: ekstrak Zn klorofil, C: ekstrak klorofil asli, dan D: Cu-klorofilin dalam paparan cahaya (a. 500 lux, b. 1500 lux dan c. 2500 lux) dengan konsentrasi klorofil 100 ppm	164
4.37.	Nilai warna a sistem emulsi O/W yang ditambah dengan berbagai variasi sumber klorofil (A: mikrokapsul Zn klorofil, B: ekstrak Zn klorofil, C: ekstrak klorofil asli, dan D: Cu-klorofilin dalam paparan cahaya (a. 500 lux, b. 1500 lux dan c. 2500 lux) dengan konsentrasi klorofil 100 ppm	166
4.38.	Retensi klorofil mikrokapsul Zn klorofil dan Cu klorofil pada berbagai variasi pH medium setelah dipanaskan 100 °C selama 20 menit	172
4.39.	Nilai warna hijau (-a) mikrokapsul Zn klorofil dan Cu klorofil pada berbagai variasi pH medium sebelum dan setelah dipanaskan 100 °C selama 20 menit	174
4.40.	Nilai warna <i>hue</i> (°h) mikrokapsul Zn klorofil dan Cu klorofil pada berbagai variasi pH medium sebelum dan setelah dipanaskan 100 °C selama 20 menit	174
4.41.	Total perbedaan warna (ΔE^*) mikrokapsul Zn klorofil dan Cu klorofil pada berbagai variasi pH medium sebelum dan setelah dipanaskan 100 °C selama 20 menit	175
4.42.	Hasil analisis kandungan 2-asetil-1-pirolin dalam mikrokapsul Zn klorofil.....	177

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I. PROSEDUR ANALISIS.....	217
1.1. Prosedur analisis penelitian tahap I... ..	217
1.1.1. Analisis kadar klorofil total, <i>a</i> dan <i>b</i>	217
1.1.2. Pengukuran warna.....	217
1.1.3. Analisis kadar karotenoid	218
1.1.4. Kadar fenolik total	218
1.1.5. Kadar flavonoid	219
1.1.6. Komposisi kimia secara proksimat	219
1.1.7. Morfologi daun pandan wangi	219
1.1.8. Analisis kadar klorofil, feofitin, klorofilid dan feoforbid.....	220
1.1.9. Identifikasi senyawa klorofil dan turunannya dengan FTIR.....	221
1.1.10. Identifikasi senyawa klorofil dan turunannya dengan MS/MS...	221
1.1.11. Uji aktivitas antioksidan ekstrak klorofil dan turunannya.....	221
1.1.12. Uji aktivitas prooksidan dan antioksidan klorofil dan turunannya dalam asam linoleat	224
1.2. Prosedur analisis penelitian Tahap II	225
1.2.1. Kadar klorofil total, <i>a</i> dan <i>b</i>	225
1.2.2. Pengukuran warna	225
1.2.3. Identifikasi degradasi klorofil dengan TLC dan TLC scanner....	226
1.2.4. Suhu bubur daun pandan.....	226
1.2.5. Ukuran partikel bubur daun pandan	226
1.3. Prosedur analisis penelitian Tahap III.....	227
1.3.1. Pengukuran warna	227
1.3.2. Kadar klorofil total, <i>a</i> dan <i>b</i>	227
1.3.3. Kadar Zn dan Mg terikat	227
1.3.4. Pengukuran stabilitas warna akibat pemanasan.....	228
1.3.5. Retensi klorofil	228
1.3.6. Identifikasi senyawa Zn-klorofil yang terbentuk	229
1.4. Prosedur analisis penelitian Tahap IV.....	229
1.4.1. Morfologi enkapsulan dan mikrokapsul	229
1.4.2. Kadar klorofil total, <i>a</i> dan <i>b</i>	230
1.4.3. Penentuan ukuran partikel.....	230
1.4.4. Pengukuran warna mikrokapsul	230
1.4.5. Efisiensi mikroenkapsulasi.....	230
1.4.6. Uji waktu pelepasan Zn-klorofil.....	231
1.4.7. Uji stabilitas mikrokapsul dalam sistem emulsi O/W	232
1.4.8. Uji stabilitas mikrokapsul Zn-klorofil akibat perubahan pH	233

1.4.9. Identifikasi kandungan 2-asetil-1-pirolin dengan HRMS.....	234
1.4.10. Analisis kadar mineral mikrokapsul	234
LAMPIRAN II. HASIL ANALISIS STATISTIK	235
2.1. Analisis statistik data penelitian tahap I... ..	235
2.1.1. Kadar klorofil total, a dan b.....	235
2.1.2. Warna daun	237
2.1.3. Kadar klorofil daun berdasarkan tingkat ketuaan	239
2.1.4. Komposisi kimia proksimat berdasarkan tingkat ketuaan	240
2.1.5. Kadar karotenoid, fenolik dan flavonoid total	242
2.1.6. Analisis korelasi antara kadar klorofil dengan kadar karotenoid, fenolik dan flavonoid total	244
2.1.7. Warna daun berdasarkan tingkat ketuaan	244
2.1.8. Ukuran mesofil, Panjang aerenkim, dan kloroplas daun.....	246
2.1.9. Kadar fenolik, flavonoid, dan karatenoid total ekstrak klorofil dan turunannya.....	248
2.1.10. Analisis perbandingan koefisien regresi garis penghambatan peroksidasi lipid	249
2.1.11. Daya tangkap radikal DPPH.....	250
2.1.12. FRAP.....	251
2.1.13. <i>Chelating activity</i>	252
2.1.14. Uji perbandingan koefisien regresi garis angka peroksida	254
2.1.15. Uji perbandingan koefisien regresi garis TBARS	256
2.2. Analisis statistik data penelitian tahap II	258
2.2.1. Kadar klorofil ekstrak klorofil	258
2.2.2. Suhu akhir penggilingan, ukuran partikel pada variasi lama pencelupan.....	259
2.2.3. Warna ekstrak pada variasi lama pencelupan	260
2.2.4. Kadar klorofil ekstrak klorofil pada variasi lama penggilingan	262
2.2.5. Suhu akhir penggilingan pada variasi lama penggilingan	264
2.3. Analisis statistik data penelitian tahap III	265
2.3.1. Warna ekstrak Zn-klorofil	265
2.3.2. Kadar klorofil total ekstrak Zn-klorofil.	268
2.3.3. Kadar Zn terikat	269
2.3.4. Stabilitas warna <i>hue</i> selama proses pemanasan.....	271
2.3.5. Uji perbandingan laju fotodegradasi klorofil ekstrak Zn-klorofil	274
2.4. Analisis statistik data penelitian tahap IV	275
2.4.1. Kadar klorofil mikrokapsul	275
2.4.2. Ukuran partikel mikrokapsul Zn-klorofil	276
2.4.3. Warna mikrokapsul Zn-klorofil.....	277

2.4.4. Efisiensi enkapsulasi	278
2.4.5. Waktu pelepasan Zn-klorofil mikrokapsul	279
2.4.6. Stabilitas klorofil mikrokapsul Zn klorofil pada model sistem emulsi O/W dengan paparan cahaya	279
2.4.7. Stabilitas warna mikrokapsul Zn klorofil pada model sistem emulsi O/W dengan paparan cahaya	282
2.4.8. Uji perbandingan laju peroksidasi asam linoleat pada sistem emulsi O/W dengan paparan cahaya	283
2.4.9. Retensi klorofil mikrokapsul Zn-klorofil pada berbagai variasi pH medium	288
2.4.10. Stabilitas warna mikrokapsul Zn-klorofil pada berbagai variasi pH medium.....	289
2.4.11. Total perubahan warna (ΔE^*) mikrokapsul Zn-klorofil pada berbagai variasi pH medium.....	293
2.4.12. Karakteristik mikrokapsul Zn-klorofil	294
LAMPIRAN III. BUKTI ANALISIS DATA LAINNYA	295
3.1. Surat Keterangan Determinasi Tanaman	295
3.2. Spektra senyawa klorofil dan turunannya dengan FTIR	296
3.3. Spektra senyawa klorofil dan turunannya dengan MS/MS	297
3.4. Proses <i>cryogrinding</i> dan hasil separasi ekstrak klorofil	302
3.5. Hasil analisis TLC scanner pemisahan ekstrak klorofil	303
3.6. Spektra identifikasi senyawa Zn klorofil dengan MS/MS.....	309
3.7. Hasil pengukuran ukuran partikel mikrokapsul dengan PSA Horiba.....	310
3.8. Spektra senyawa flavor dalam mikrokapsul Zn klorofil daun pandan dengan UHPLC-HRMS	313