

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
INTISARI	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan.....	4
1.3. Tujuan penelitian	5
1.4. Manfaat penelitian.....	5
1.5. Keaslian penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
2.1. Tinjauan Pustaka	8
2.1.1. Spirulina.....	8
2.1.1.1. Morfologi dan habitat.....	9
2.1.1.2. Produksi spirulina bubuk	10
2.1.1.3. Kandungan nutrisi spirulina	10
2.1.1.4. Sifat bioaktif spirulina	13
2.1.1.5. Aplikasi spirulina pada produk pangan.....	14
2.1.1.6. Sifat-sifat fisikokimia spirulina	15
2.1.2. Nanomaterial	16
2.1.2.1. Klasifikasi nanomaterial	17
2.1.3. Nanopartikel.....	17
2.1.4. Metode Sintesis Nanopartikel.....	18
2.1.4.1. Pendekatan bottom up	18
2.1.4.2. Pendekatan top down	19
2.1.4.3. Pendekatan hibrid	21
2.1.5. Bahan material <i>milling</i>	21
2.1.5.1. Efek panas pada ball milling.....	23
2.2. Landasan Teori.....	24
III. METODE PENELITIAN.....	26
3.1. Bahan dan alat penelitian.....	26
3.2. Durasi dan tempat.....	26
3.3. Prosedur penelitian	26
3.3.1. Preparasi sampel spirulina	27
3.3.2. Pembuatan nano spirulina	27
3.3.3. Optimasi durasi jeda penggilingan	29
3.3.4. Pengukuran suhu	30
3.3.5. Optimasi lama durasi dan kecepatan penggilingan	30
3.3.6. Karakterisasi nano spirulina	31
3.3.6.1. Analisis proksimat	31
3.3.6.2. Analisis pH.....	32
3.3.6.3. Analisis fourier transform infrared spectroscopy (FTIR).....	32
3.3.6.4. Pengukuran ukuran partikel	32

3.3.6.5. Pengamatan struktur morfologi	33
3.3.6.6. Pengukuran zeta potensial.....	33
3.3.6.7. Pengukuran warna.....	33
3.3.6.8. Pengujian kelarutan dan swelling power (SP)	33
3.3.6.9. Analisis water holding capacity (WHC).....	34
3.3.6.10. Analisis oil holding capacity (OHC)	34
3.3.6.11. Foaming properties.....	34
3.3.6.12. Emulsifying capacity	35
3.3.6.13. Aktivitas antioksidan	35
3.4. Analisis data	35
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap suhu	36
4.2. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap komposisi kimia nano spirulina	37
4.2.1. Kadar air	37
4.2.2. Kadar abu	38
4.2.3. Kadar lemak.....	39
4.2.4. Kadar protein	41
4.3. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap nilai pH nano spirulina	42
4.4. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap perubahan gugus fungsi nano spirulina	43
4.5. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap ukuran partikel nano spirulina	46
4.6. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap struktur morfologi nano spirulina	48
4.7. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap zeta potensial nano spirulina	50
4.8. Pengaruh variasi penggilingan terhadap perubahan warna nano spirulina.....	52
4.9. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap kelarutan/ <i>water solubility</i> nano spirulina	55
4.10. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap <i>swelling power</i> nano spirulina	57
4.11. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan <i>water holding capacity</i> nano spirulina	58
4.12. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap <i>oil holding capacity</i> nano spirulina	60
4.13. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap <i>foaming properties</i> nano spirulina	63
4.14. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap <i>emulsifying capacity</i> nano spirulina	65
4.15. Pengaruh durasi dan kecepatan penggilingan terhadap aktivitas antioksidan nano spirulina	67
4.16. Pembahasan umum.....	69
V. KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1. Kesimpulan	73
5.2. Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	84

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Penelitian nanopartikel menggunakan ball milling	6
Tabel 2.1. Kandungan makronutrien pada spirulina bubuk ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	11
Tabel 2.2. Kandungan mineral pada spirulina bubuk ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	12
Tabel 2.3. Kandungan vitamin pada spirulina bubuk ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	12
Tabel 2.4. Kandungan asam amino pada spirulina bubuk ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	12
Tabel 2.5. Sifat bioaktif spirulina	14
Tabel 2.6. Aplikasi spirulina pada produk pangan	15
Tabel 2.7. Beberapa jenis media penggilingan untuk ball milling	23
Tabel 3.1. Rancangan percobaan pembuatan nano spirulina dengan variasi durasi dan kecepatan penggilingan	31
Tabel 3.2. Parameter fisikokimia untuk karakterisasi nano spirulina	31
Tabel 4.1. Analisis gugus fungsi nano spirulina	45
Tabel 4.2. Pengukuran warna nano spirulina pada perlakuan kecepatan dan durasi penggilingan yang berbeda	53
Tabel 4.3. Nilai foaming stability nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tampilan mikroskopis mikroalga Spirulina (<i>Cyanobacteria</i>),	9
Gambar 2.2. Prinsip kerja ball milling, sumber: Baig et al. (2021)	20
Gambar 2.3. Ilustrasi skematik tumbukan partikel bola ke sampel bubuk selama penggilingan. Sumber: Mhadhbi (2021).....	20
Gambar 2.4. Perubahan suhu yang terjadi selama penggilingan	23
Gambar 3.1. Alur penelitian pembuatan nano spirulina	27
Gambar 3.2. Representasi skematis tampilan penampang pada vial yang diisi dengan muatan bubuk dan bola. Sumber: (El-Eskandarany, 2015)	28
Gambar 3.3. Ilustrasi pengisian sampel dan bola di dalam vial dengan menggunakan planetary ball mill pada penelitian ini	28
Gambar 4.1. Pengukuran suhu pada penggilingan selama 120 menit kecepatan 650 rpm.....	36
Gambar 4.2. Kadar air nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda	37
Gambar 4.3. Kadar abu nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda	38
Gambar 4.4. Kadar lemak nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda	39
Gambar 4.5. Pengaruh kecepatan dan durasi penggilingan terhadap kadar lemak nano spirulina.....	40
Gambar 4.6. Kadar protein nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda	41
Gambar 4.7. Nilai pH spirulina bubuk pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda	42
Gambar 4.8. Pengaruh kecepatan dan durasi penggilingan terhadap pH nano spirulina.....	43
Gambar 4.9. Spektra FTIR nano spirulina pada perlakuan durasi penggilingan yang berbeda dengan kecepatan penggilingan 450 rpm	44
Gambar 4.10. Spektra FTIR nano spirulina pada perlakuan durasi penggilingan yang berbeda dengan kecepatan penggilingan 550 rpm	44
Gambar 4.11. Spektra FTIR nano spirulina pada perlakuan durasi penggilingan yang berbeda dengan kecepatan penggilingan 650 rpm	45
Gambar 4.12. Ukuran partikel spirulina bubuk pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda.....	46
Gambar 4.13. Pengaruh kecepatan dan durasi penggilingan terhadap ukuran partikel nano spirulina	47
Gambar 4.14. SEM mikrograf dari nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda.....	49
Gambar 4.15. Nilai zeta potensial nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda.....	50
Gambar 4.16. Pengaruh kecepatan dan durasi penggilingan terhadap zeta potensial nano spirulina	51

Gambar 4.17. Perubahan warna dari nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda.	52
Gambar 4.18. Pengaruh kecepatan dan durasi penggilingan terhadap warna (L^*) nano spirulina	54
Gambar 4.19. Nilai kelarutan / water solubility nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda	55
Gambar 4.20. Pengaruh kecepatan dan durasi penggilingan terhadap kelarutan nano spirulina	56
Gambar 4.21. Nilai swelling power nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda.....	57
Gambar 4.22. Pengaruh kecepatan dan durasi penggilingan terhadap swelling power nano spirulina	58
Gambar 4.23. Nilai water holding capacity nano spirulina perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda	59
Gambar 4.24. Pengaruh kecepatan dan durasi penggilingan terhadap water holding capacity nano spirulina	59
Gambar 4.25. Nilai oil holding capacity nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda	61
Gambar 4.26. Pengaruh kecepatan dan durasi penggilingan terhadap oil holding capacity nano spirulina	61
Gambar 4.27. Nilai foaming capacity nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda	63
Gambar 4.28. Nilai emulsifying capacity nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda	65
Gambar 4.29. Pengaruh kecepatan dan durasi penggilingan terhadap emulsifying capacity nano spirulina	66
Gambar 4.30. Aktivitas antioksidan IC50 nano spirulina pada perlakuan durasi dan kecepatan penggilingan yang berbeda	67
Gambar 4.31. Pengaruh kecepatan dan durasi penggilingan terhadap aktivitas antioksidan nano spirulina	68
Gambar 4.32. Mekanisme penggilingan dengan planetary ball mill	69
Gambar 4.33. Mekanisme pengecilan ukuran partikel pada ball milling	70
Gambar 4.34. Tren nilai ukuran partikel dan zeta potensial nano spirulina terhadap durasi penggilingan.....	71
Gambar 4.35. Tren nilai ukuran partikel dan zeta potensial nano spirulina terhadap kecepatan penggilingan	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data mentah dan analisis data kadar air	85
Lampiran 2. Data mentah dan analisis data kadar abu	87
Lampiran 3. Data mentah dan analisis data kadar lemak	89
Lampiran 4. Data mentah dan analisis data kadar protein	91
Lampiran 5. Data mentah dan analisis data pH	93
Lampiran 6. Data mentah dan analisis data particle size analyzer	95
Lampiran 7. Data mentah dan analisis data zeta potensial	97
Lampiran 8. Data mentah dan analisis data warna	99
Lampiran 9. Data mentah dan analisis data kelarutan	101
Lampiran 10. Data mentah dan analisis data swelling power	103
Lampiran 11. Data mentah dan analisis data water holding capacity	105
Lampiran 12. Data mentah dan analisis data oil holding capacity	107
Lampiran 13. Data mentah dan analisis data foaming capacity	109
Lampiran 14. Data mentah dan analisis data emulsifying capacity	111
Lampiran 15. Data mentah dan analisis data antioksidan	113
Lampiran 16. Dokumentasi penelitian	115