

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN TIM PROMOTOR	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISM	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
INTISARI	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	4
C. Keaslian Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	15
A. Tinjauan Pustaka	15
1. Mikroalga sebagai sumber bahan bioaktif	15
2. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga	28
3. <i>Quantitative real time-polymerase chain reaction</i>	32
4. <i>R. lateristriata</i> (ikan wader pari)	33
5. Stres metabolisme pada ikan	34
6. Hiperglikemia	36
7. Mikrobioma usus	37
B. Landasan Teori	39
C. Hipotesis	45
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	47
A. Waktu dan Tempat Penelitian	47
B. Alat	47
C. Bahan	48
D. Rancangan Penelitian	49
E. Prosedur Penelitian	51
1. Sampling <i>E. gracilis</i>	51
2. Kultivasi dengan modifikasi perlakuan cahaya	53
3. Analisis ekstraksi paramilon dan kuantifikasi paramilon	56
4. Desain primer	57
5. Analisis metabolit mikroalga	57

6. Analisis Ekspresi gen pada <i>Euglena</i>	60
7. Pemeliharaan <i>R. lateristriata</i>	65
8. Analisis data	71
9. Analisis Ekspresi gen relatif	71
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	73
A. Efektivitas Spektrum Cahaya terhadap Pertumbuhan <i>Euglena</i>	73
1. Kapasitas antioksidan sebagai respons variasi spektrum cahaya	77
2. Kuantifikasi pigmen <i>Euglena</i> terhadap variasi spektrum cahaya	81
3. Kuantifikasi flavonoid dan fenolik <i>Euglena</i> dalam variasi spektrum	84
4. Efektivitas spektrum cahaya dalam modulasi karbohidrat <i>Euglena</i> ...	87
5. Efektivitas spektrum cahaya dalam modulasi protein pada <i>Euglena</i> ..	88
6. Efektivitas spektrum cahaya dalam modulasi lipid pada <i>Euglena</i>	90
7. Asam lemak diferensial dalam perlakuan spektrum cahaya <i>Euglena</i> ..	93
B. Efektivitas Intensitas Cahaya terhadap Pertumbuhan <i>Euglena</i>	95
1. Kapasitas antioksidan <i>E. gracilis</i> terhadap intensitas cahaya	100
2. Kuantifikasi pigmen <i>Euglena</i> terhadap variasi intensitas cahaya	103
3. Kuantifikasi flavonoid & fenolik <i>Euglena</i> dalam intensitas cahaya ..	106
4. Efektivitas intensitas cahaya dalam modulasi karbohidrat <i>Euglena</i> ..	108
5. Efektivitas intensitas cahaya dalam modulasi protein pada <i>Euglena</i> ..	110
6. Efektivitas intensitas cahaya dalam modulasi lipid pada <i>Euglena</i> ...	111
C. Variasi Spektrum Cahaya terhadap Paramilon pada <i>Euglena</i>	113
D. Ekspresi Gen <i>EgGSL</i> dalam Variasi Spektrum Cahaya pada <i>Euglena</i> ..	117
E. Variasi Intensitas Cahaya terhadap Paramilon pada <i>Euglena</i>	119
F. Perbandingan Ukuran Ikan dengan Suplementasi <i>Euglena</i> dan Induksi Glukosa	122
G. Performa Pertumbuhan Berdasarkan Suplementasi <i>Euglena</i> dan Induksi Glukosa	124
H. Histologi Usus <i>R. lateristriata</i> Pasca Suplementasi <i>Euglena</i>	128
1. Struktur histologi intestin pasca perlakuan	128
2. Komponen utama (<i>principal component analysis</i>) dalam struktur vilus usus	133
3. Sel goblet pada <i>R. lateristriata</i> pasca treatment	135
I. Dinamika Mikrobioma usus <i>R. lateristriata</i> suplementasi <i>Euglena</i>	138
1. Kelimpahan relatif mikrobioma usus	138
2. Analisis keanekaragaman alfa dan keanekaragaman beta	146
J. Analisis Kadar Glukosa Darah pada Ikan yang Mengalami Induksi Glukosa dan Pemulihan dengan Konsumsi <i>Euglena</i>	151
BAB V PEMBAHASAN UMUM	154
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	170
A. Simpulan	170

B. Saran.....	170
RINGKASAN.....	172
<i>SUMMARY</i>	176
DAFTAR PUSTAKA	179
LAMPIRAN.....	199

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Morfologi <i>Euglena</i>	18
Gambar 2. Gen dan enzim yang terlibat dalam sintesis paramilon	25
Gambar 3. Pathway paramilon pada <i>Euglena</i>	25
Gambar 4. Spektrum aksi untuk organisme fotosintetik	29
Gambar 5. Pigmen fotosintesis dan penyerapannya	30
Gambar 6. Proses pusat reaksi fotosintesis.	31
Gambar 7. Morfologi <i>R. lateristriata</i>	33
Gambar 8. Lokasi penelitian Dataran Tinggi Dieng	47
Gambar 9. Rancangan penelitian	49
Gambar 10. Rancangan modifikasi kultivasi	51
Gambar 11. Pengaruh spektrum cahaya terhadap laju pertumbuhan <i>Euglena</i>	74
Gambar 12. Pengaruh optimasi spektrum cahaya terhadap biomassa <i>Euglena</i>	74
Gambar 13. Akumulasi tertinggi produksi biomassa <i>Euglena</i> pasca optimasi spektrum cahaya	75
Gambar 14. Kurva sigmoid (<i>dose-response curve</i>) kapasitas antioksidan <i>Euglena</i> pada perlakuan spektrum cahaya	80
Gambar 15. Pengaruh spektrum cahaya pada kadar fenolik dan flavonoid <i>Euglena</i>	85
Gambar 16. Pengaruh spektrum cahaya terhadap akumulasi karbohidrat <i>Euglena</i>	87
Gambar 17. Akumulasi tertinggi produksi karbohidrat pada <i>Euglena</i> pasca optimasi spektrum cahaya	88
Gambar 18. Pengaruh optimasi spektrum cahaya terhadap akumulasi protein dari <i>Euglena</i>	89
Gambar 19. Akumulasi tertinggi produksi protein dari <i>Euglena</i> pasca optimasi spektrum cahaya	90
Gambar 20. Kadar lipid, Omega3, EPA, dan DHA dari <i>Euglena</i> pada variasi spektrum cahaya	91
Gambar 21. Presentase SFA, MUFA, PUFA pada <i>Euglena</i> di bawah variasi spektrum cahaya	92
Gambar 22. Clustering asam lemak <i>Euglena</i> setelah perlakuan spektrum cahaya	94
Gambar 23. Pengaruh intensitas cahaya terhadap laju pertumbuhan <i>Euglena</i>	96
Gambar 24. Pengaruh optimasi intensitas cahaya pada biomassa <i>Euglena</i>	98
Gambar 25. Akumulasi tertinggi produksi biomassa pasca optimasi intensitas cahaya ...	99
Gambar 26. Kurva sigmoid (<i>dose-response curve</i>) kapasitas antioksidan pada biomassa <i>Euglena</i> perlakuan intensitas cahaya.....	102
Gambar 27. Pengaruh intensitas cahaya pada kadar fenolik dan flavonoid <i>Euglena</i>	107
Gambar 28. Akumulasi tertinggi produksi karbohidrat pasca optimasi intensitas cahaya	109
Gambar 29. Akumulasi tertinggi produksi protein pasca optimasi intensitas cahaya.....	111
Gambar 30. Kadar lipid, Omega3, EPA, dan DHA dari <i>Euglena</i> pada variasi intensitas cahaya	112
Gambar 31. Presentase SFA, MUFA, PUFA dari <i>Euglena</i> pada variasi intensitas cahaya	113
Gambar 32. Pengaruh optimasi spektrum cahaya terhadap akumulasi paramilon pada <i>Euglena</i>	114

Gambar 33. Akumulasi tertinggi produksi paramilon pada <i>Euglena</i> pasca optimasi spektrum cahaya	115
Gambar 34. Ekspresi relatif gen <i>EgGSL</i> pada <i>Euglena</i> pasca optimasi spektrum cahaya	119
Gambar 35. Akumulasi tertinggi produksi paramilon pada <i>Euglena</i> pasca optimasi intensitas cahaya.....	120
Gambar 36. Morfologi <i>R. lateristriata</i> pasca suplementasi <i>Euglena</i> pada kondisi hiperglukosa	122
Gambar 37. Laju pertumbuhan <i>R. lateristriata</i> pasca suplementasi <i>Euglena</i> pada kondisi hiperglukosa	125
Gambar 38. Pengaruh suplementasi <i>Euglena</i> terhadap karakteristik usus <i>R. Lateristriata</i> yang diinduksi dengan glukosa.	130
Gambar 39. Perbandingan luas permukaan absorptif vilus <i>R. lateristriata</i> pasca suplementasi <i>Euglena</i> pada kondisi tinggi glukosa.....	131
Gambar 40. Pewarnaan hematoxilin-eosin usus <i>R. lateristriata</i> pasca suplementasi <i>Euglena</i> pada kondisi tinggi glukosa.....	132
Gambar 41. Interaksi parameter histologi usus pasca suplementasi <i>Euglena</i> pada kondisi hiperglukosa	134
Gambar 42. Pewarnaan <i>periodic acid schiff</i> penampang melintang intestinal <i>R. lateristriata</i> pasca suplementasi <i>Euglena</i> pada kondisi hiperglukosa	136
Gambar 43. Efektivitas pencernaan pasca suplementasi <i>Euglena</i> pada kondisi hiperglukosa berdasarkan jumlah sel goblet.....	137
Gambar 44. Diagram venn kelimpahan relatif.....	139
Gambar 45. Kelimpahan relatif.....	143
Gambar 46. <i>Heatmap</i> kelimpahan probiotik.....	144
Gambar 47. Diversitas alfa mikrobioma usus.....	148
Gambar 48. Diversitas beta mikrobioma usus	149
Gambar 49. Komparasi level glukosa sebelum dan setelah suplementasi <i>Euglena</i>	152

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelusuran penelitian modifikasi kultivasi dalam upaya peningkatan paramilon pada <i>Euglena</i>	5
Tabel 2. Rancangan uji in vivo terhadap <i>R. Lateristriata</i>	51
Tabel 3. Komposisi medium Cramer-Mayer (CM)	53
Tabel 4. Urutan primer gen GSL2 dan 18S rRNA	57
Tabel 5. Komposisi mix ExcelRT™ Kit II (Smobio)	63
Tabel 6. Komposisi master mix PCR	64
Tabel 7. Komponen Exceltaq™ 2X Fast Q-PCR Master Mix	65
Tabel 8. Tahapan <i>qPCR</i>	65
Tabel 9. Laju pertumbuhan <i>Euglena</i> pasca optimasi spektrum cahaya	77
Tabel 10. Presentase inhibisi antioksidan pada biomassa <i>Euglena</i> perlakuan spektrum cahaya	79
Tabel 11. Kapasitas antioksidan pada biomassa <i>Euglena</i> perlakuan spektrum cahaya	80
Tabel 12. Kandungan pigmen pada biomassa <i>Euglena</i> pasca optimasi spektrum cahaya	82
Tabel 13. Laju pertumbuhan <i>Euglena</i> pasca optimasi intensitas cahaya	97
Tabel 14. Kapasitas antioksidan pada biomassa <i>Euglena</i> perlakuan intensitas cahaya ..	101
Tabel 15. Kandungan pigmen pada biomassa <i>Euglena</i> pasca optimasi intensitas cahaya	105
Tabel 16. Nilai ekspresi gen <i>EgGSL1</i> pasca optimasi spektrum cahaya	117
Tabel 17. Nilai ekspresi gen <i>EgGSL2</i> pasca optimasi spektrum cahaya	118
Tabel 18. Laju pertumbuhan dan pemanfaatan pakan pada <i>R. lateristriata</i>	125
Tabel 19. Parameter histologi usus <i>R. lateristriata</i> (µm) pasca suplementasi <i>Euglena</i> pada kondisi hiperglukosa	129

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Persiapan kultivasi <i>Euglena</i>	199
Lampiran 2. pengukuran biomassa <i>Euglena</i>	199
Lampiran 3. Uji antioksidan menggunakan DPPH.....	199
Lampiran 4. Pengujian kadar flavonoid pada <i>Euglena</i>	200
Lampiran 5. Pengujian paramilon pada <i>Euglena</i>	200
Lampiran 6. Pengujian kadar protein <i>Euglena</i>	201
Lampiran 7. Kurva standar protein menggunakan uji Bradford konsentrasi BSA	201
Lampiran 8. Kurva standar paramilon menggunakan uji fenol-sulfat konsentrasi D- glukosa.....	202
Lampiran 9. Kurva standar fenolik menggunakan konsentrasi asam galat.....	203
Lampiran 10. Kurva standar flavonoid menggunakan konsentrasi quercetin.....	203
Lampiran 11. Tahapan running <i>PCR</i> untuk produksi <i>cDNA</i>	204
Lampiran 12. Tahapan qPCR untuk produksi ekspresi gen.....	204
Lampiran 13. Hasil nanodrop isolasi <i>DNA</i> mikrobioma usus.....	205
Lampiran 14. Visualisasi elektroforesis <i>DNA</i> mikrobioma usus hasil amplifikasi	205
Lampiran 15. Kuantifikasi <i>qubit</i> sampel isolasi <i>DNA</i> mikrobioma usus	206
Lampiran 16. Tahapan <i>PCR</i> persiapan amplicon sequencing.....	206
Lampiran 17. Surat persetujuan Komisi Etik LPPT UGM	207
Lampiran 18. Tahap penambahan <i>Euglena</i> dan induksi glukosa pada <i>R. lateristriata</i> ...	208
Lampiran 19. Kelimpahan spesies mikrobioma usus pada <i>R. lateristriata</i>	208
Lampiran 20. Morfologi tubuh <i>R. lateristriata</i> pasca suplementasi <i>Euglena</i> dan induksi glukosa.....	209