

**UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN SERTA PENGUKURAN
KANDUNGAN FENOLIK DAN KAROTENOID DARI
MIKROALGA *Chlorella sp.***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Farmasi
(S.Farm) di bidang studi Farmasi pada Fakultas FMIPA**



Oleh:

NADIYYA ISFAHANI MUTAEF

08061381823109

**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS SRIIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN MAKALAH HASIL PENELITIAN

Judul : Uji aktivitas Antioksidan serta Pengukuran Kandungan Fenolik dan Karotenoid dari Mikroalga *Chlorella sp*
Nama Mahasiswa : Nadiyya Isfahani Mutaef
NIM : 08061381823109
Jurusan : Farmasi

Telah dipertahankan dihadapan Pembimbing dan Pembahas pada Seminar Hasil di Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 April 2023, serta diperbaiki, diperiksa, dan disetujui sesuai dengan saran yang diberikan.

Inderalaya, 08 Mei 2023

Pembimbing:

1. apt. Indah Solihah, M.Sc.
NIP. 19880308201903201
2. Laida Neti Mulyani, M.Si.
NIP. 198504262015042002

(.....)
(.....)

Pembahas:

1. apt. Vitri Agustiarini, M.Farm
NIP. 199308162019032025
2. apt. Sternatami Liberitera, M.Farm.
NIP. 199403182022032018

(.....)
(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Farmasi FMIPA UNSRI



Dr. ren. nat. Mardiyanto, M.Si., Apt.
NIP. 197103101998021002

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Uji Aktivitas Antioksidan serta Pengukuran Kandungan Fenolik dan Karotenoid dari Mikroalga *Chlorella sp.*
Nama Mahasiswa : Nadiyya Isfahani Mutaef
NIM : 08061381823109
Jurusan : Farmasi

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 Mei 2023, serta diperbaiki, diperiksa, dan disetujui sesuai dengan saran panitia sidang skripsi.

Inderalaya, 22 Mei 2023

Ketua:

1. apt. Indah Solihah, M.Sc.
NIP. 198803082019032015

(.....)

Anggota:

1. Laida Neti Mulyani, M.Si.
NIP. 198504262015042002

(.....)



2. apt. Vitri Agustiarini, M.Farm.
NIP. 199308162019032025

(.....)

3. Dra. Syafrina Lamin, M.Si.
NIP. 196211111991022001

(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Farmasi FMIPA UNSRI



Dr. rer. nat. Mardiyanto, M.Si., Apt.
NIP. 197103101998021002

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Nadiyya Isfahani Mutaef

NIM : 08061381823109

Fakultas/Jurusan : Farmasi

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberi penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Inderalaya, 22 Mei 2023

Penulis,



Nadiyya Isfahani Mutaef

NIM. 08061381823109

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertandatangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Nadiyya Isfahani Mutaef

NIM : 08061381823109

Fakultas/Jurusan : MIPA/Farmasi

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-freeright*)” atas karya ilmiah saya yang berjudul:

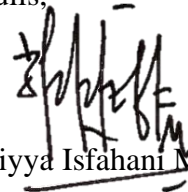
“Uji Aktivitas Antioksidan serta Pengukuran Kandungan Fenolik dan Karotenoid dari Mikroalga *Chlorella sp.*”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini, Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Inderalaya, 22 Mei 2023

Penulis,



Nadiyya Isfahani Mutaef

NIM. 08061381823109

HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang)

Barang siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.

(HR. Muslim : 2669)

Ketika kamu lelah dan semakin ingin menyerah, ketahuilah bahwa sesungguhnya pertolongan Allah hanya berjarak antara kening dan sajadah.

(Anonim)

Skripsi ini saya persembahkan untuk Umi, Buya, dan adik-adikku tercinta yang dengan penuh kasih sayang tak putus memanjatkan do'a yang luar biasa, dukungan, nasihat, dan semangat yang tak ternilai. Tak lupa kepada anggota keluarga besar lainnya yang juga turut membantu serta mendukung penulis dalam pengerjaan skripsi.

Motto:

“maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(Q.S Al-Insyirah [94]: 5-6, 8)

Rencana Allah padamu lebih baik dari rencanamu. Terkadang Allah menghalangi rencanamu untuk menguji kesabaranmu.. maka perhatikanlah kepada-Nya kesabaran yang indah. Tak lama kamu akan melihat sesuatu yang mengembirakanmu.

(Ibnul Jauzi [Shoidul Khotir 1/205])

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Uji Aktivitas Antioksidan serta Pengukuran Kandungan Senyawa Fenolik dan Karotenoid dari Mikroalga *Chlorella* sp.". Sholawat serta sala senantiasanya dihaturkan kepada Nabi Muhammad ﷺ. Penyusunan skripsi ini dilakukan untuk memnuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Farmasi (S.Farm) pada Jurusan Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terimakasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Allah SWT karena atas izin dan kehendaknya untuk memberikan nikmat yang tak terhingga sampai saat ini sehingga penulis dapat menyelesaikan studi pada Jurusan Farmasi Universitas Sriwijaya.
2. Orang tuaku, Buya (Tajuddin Hasbullah, S.Ag. M.Si.) dan Umi (Erna, M.Pd.) yang paling kusayangii, yang selalu dengan tak putusnya memanjatkan do'a do'a terbaik, memberikan kasih sayang, dukungan, nasihat, dan semangat yang tak ternilai.
3. Adik-adiku tercinta (M. Syahxeran Revivalis Mutaef, S. Kel. Dan M. Syahmalik Iltizam Mutaef) yang telah memberikan dukungan dan bantuan bantuan yang 'unvaluable'.

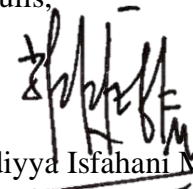
4. Rektor Universitas Sriwijaya, Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, serta Ketua Jurusan Farmasi yang telah menyediakan sarana dan prasarana selama masa penelitian hingga selesai.
5. Ibu apt. Indah Solihah, M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu, memberikan ilmu, bimbingan, masukan, nasihat, dan semangat kepada penulis mulai dari awal hingga akhir perkuliahan, juga dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Laida Neti Mulyani, M.Si., selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu, memberikan ilmu, bimbingan, nasihat, semangat, serta masukan sehingga peneliti dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.
7. Ibu apt. Vitri Agustiarini, M.Farm., ibu Syafrina Lamin, M.Si., dan ibu apt. Sternatami Liberitera, M.Farm., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, masukan, nasihat, serta ilmu sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
8. Seluruh dosen Jurusan Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, atas semua ilmu yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
9. Seluruh staff jurusan Farmasi (kak Erwin dan kan Ria) serta seluruh kakak Analis tersayang (kak Isti, Kak Pitt, kak Tawan, dan kak Fit2) yang telah banyak memberikan bantuan, do'a, dukungan, pengertian, dan semangat masukan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik.

10. Partner satu team tugas akhir, yaitu Jihaan Nabiila dan Lili Atrix Rewani Nefreiser yang telah saling melekap, menemani, dan membantu selama penelitian hingga penulisan skripsi ini sampai selesai.
11. Sahabat yang comel dan teman seperjuangan, Fadhiyah Endriaty, Halimah Nurfadila, Isnaini, Jihan Nursita, Naomi Teresya, dan Winda Agustria yang sangat banyak membantu dan mensupport penulis hingga skripsi ini terselesaikan dengan baik. Tak lupa juga member meja bundar gang yang telah memberi warna berkesan dalam masa perkuliahan penulis.
12. Sahabat sahabatku tersayang, Amalia sabrina, Azti Syarifah Pratiwi, dan Duwi Septian Ningsih yang selalu memberikan motivasi, dukungan, serta hiburan yang amat berarti.
13. Seluruh mahasiswa Farmasi angkatan 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021,, terkhusus Farmasi A 2018 yang telah bersama-sama melalui masa-masa perkuliahan di Farmasi Unsri.

Semoga Allah Ta'ala memberikan balasan yang indah dan berlipat ganda kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan. Penulis sangat berharap kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk perbaikan selanjutnya. Hanya Allah lah pemilih kesemournaan, akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan seluruh pembaca.

Inderalaya, 22 Mei 2023

Penulis,



Nadiyya Isfahani Mutaef

**Antioxidant Activity Test and Measurement of Phenolic and Carotenoid
Content of Microalgae *Chlorella* sp.**

Nadiyya Isfahani Mutaef

08061381823109

ABSTRACT

Microalgae *Chlorella* sp. contains phenolic secondary metabolites and carotenoids which have antioxidant activity. Previous studies reported that many of the chemical components of *Chlorella* such as phenolic compounds, β -carotene, ascorbic acid and tocopherols exhibit antioxidant properties. In this study the aim was to measure the phenolic and carotenoid content of the microalgae *Chlorella* sp. Antioxidant activity test was carried out in vitro with the DPPH and FRAP methods. Based on the research results, it was found that the carotenoid compound β -carotene of Microalgae *Chlorella* sp. of 1.907 mg/mL. The content of phenolic compounds consisting of total phenols and total flavonoids contained in the ethanol extract of microalgae *Chlorella* sp. respectively were 8.60 mgGAE/g and 34.61 mgQE/g. The IC₅₀ from the FRAP method was 977.772 μ g/mL, greater than the IC₅₀ from the DPPH method with 201.408 μ g/mL. Based on its mechanism of counteracting free radicals by giving hydrogen atoms to free radicals, the DPPH method is more appropriate for use in determining the antioxidant activity contained in the extract of the microalgae *Chlorella* sp. From the two methods used to test the antioxidant activity of the ethanol extract of *Chlorella* sp., it can be seen that there is a significant difference in the results, namely the IC₅₀ results. The DPPH method gives better results than the FRAP method.

Keyword: *Chlorella* sp., free radicals, antioxidants, DPPH, FRAP

**Uji Aktivitas Antioksidan serta Pengukuran Kandungan Fenolik dan
Karotenoid dari Mikroalga *Chlorella sp.***

Nadiyya Isfahani Mutaef

08061381823109

ABSTRAK

Mikroalga *Chlorella sp.* mengandung ametabolit sekunder fenolik dan karotenoid memiliki aktivitas sebagai antioksidan. Penelitian terdahulu melaporkan bahwa banyak komponen kimia *Chlorella* seperti senyawa fenolik, β -karoten, asam askorbat dan tokoferol yang menunjukkan sifat sebagai antioksidan. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengukur kandungan fenolik dan karotenoid dari mikroalga *Chlorella sp.* Uji aktivitas antioksidan dilakukan secara *in vitro* dengan metode DPPH dan FRAP. Berdasarkan hasil penelitian, didapati senyawa karotenoid β -karoten Mikroalga *Chlorella sp.* sebesar 1,907 mg/mL. Kandungan senyawa fenolik yang terdiri dari total fenol dan total flavonoid yang terkandung dalam ekstrak etanol mikroalga *Chlorella sp.* secara berturut turut adalah 8,60 mgGAE/g dan 34,61 mgQE/g. IC₅₀ dari metode FRAP didapatkan sebesar 977,772 μ g/mL, lebih besar dari IC₅₀ dari metode DPPH dengan 201,408 μ g/mL. Berdasarkan mekanismenya menangkal radikal bebas melalui pemberian atom hidrogen pada radikal bebas, metode DPPH lebih tepat digunakan dalam penentuan aktivitas antioksidan yang terkandung dalam ekstrak mikroalga *Chlorella sp.* Dari dua metode yang dipakai untuk uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol *Chlorella sp.*, bisa dilihat bahwa ada perbedaan hasil yang cukup signifikan, yaitu hasil IC₅₀. Metode DPPH memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan metode FRAP.

Kata kunci: *Chlorella sp.*, radikal bebas, antioksidan, DPPH, FRAP

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN MAKALAH SEMINAR HASIL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRACT	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. <i>Chlorella sp.</i>	6
2.1.1 Morfologi dan Taksonomi	6
2.1.2 Kandungan Kimia dan Kajian Farmakologi	8

2.2. Antioksidan	10
2.2.1 Penggolongan dan Klasifikasi Antioksidan	11
2.3. Uji Aktivitas Antioksidan secara <i>In Vitro</i>	11
2.3.1 Uji Aktivitas Antioksidan In Vitro dengan Metode DPPH	11
2.3.2 Uji Aktivitas Antioksidan In Vitro dengan Metode FRAP	12
2.4. Vitamin C	13
2.5. Spektrofotometer UV-Vis	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2. Alat dan Bahan	16
3.2.1 Alat	16
3.2.2 Bahan	16
3.3. Metode Penelitian	17
3.3.1 Penyiapan Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	17
3.3.2 Ekstraksi Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	17
3.3.3 Skrining Fitokimia Ekstrak Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	18
3.3.3.1 Pembuatan Larutan Uji	18
3.3.3.2 Uji Alkaloid	18
3.3.3.3 Uji Flavonoid	18
3.3.3.4 Uji Triterpenoid / Steroid	19
3.3.3.5 Uji Saponin	19
3.3.3.6 Uji Fenol	19
3.3.4 Penentuan Kandungan Senyawa dari Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	20

3.3.4.1	Penentuan Kandungan Senyawa Karotenoid β -karoten	20
3.3.4.2	Penentuan Kandungan Total Fenol.....	20
a.	Pembuatan Larutan Standar	20
b.	Penentuan Kandungan Total Fenol Sampel.....	21
3.3.4.3	Penentuan Kandungan Total Flavonoid	22
a.	Pembuatan Larutan Standar	22
b.	Penentuan Kandungan Total Flavonoid Sampel.....	23
3.3.5	Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> secara <i>In Vitro</i>	23
3.3.5.1	Uji Aktivitas Antioksidan <i>In Vitro</i> dengan Metode DPPH	24
a.	Pembuatan Larutan Uji	24
b.	Pembuatan Larutan Kuersetin sebagai Pembanding	24
c.	Pembuatan Larutan dan Scanning Panjang Gelombang DPPH.....	24
d.	Penentuan Waktu Operasi (Operating Time).....	24
e.	Penentuan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	25
3.3.5.2	Uji Aktivitas Antioksidan <i>In Vitro</i> dengan Metode FRAP	26
a.	Pembuatan Larutan Uji	26
b.	Pembuatan Larutan FeSO ₄ sebagai Pembanding ...	26

c. Pembuatan Larutan FRAP dan Scanning Panjang Gelombang Maksimum	26
d. Penentuan Waktu Operasi (Operating Time).....	27
e. Penentuan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	27
3.3.6 Analisis Data.....	28
BAB IV PEMBAHASAN.....	29
4.1. Ekstraksi Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	29
4.2. Hasil Skrining Fitokimia Ekstrak Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	31
4.3. Penentuan Kandungan Senyawa dari Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	34
4.3.1 Penentuan Kandungan Senyawa Karotenoid β -karoten	34
4.3.2 Penentuan Kandungan senyawa Fenolik	36
4.3.2.1 Penentuan Kandungan Total Fenol	36
4.3.2.2 Penentuan Kandungan Total Flavonoid	39
4.4. Uji Aktivitas Antioksidan secara in vitro.....	42
4.4.1 Uji Aktivitas Antioksidan In Vitro dengan Metode DPPH	42
4.4.2 Uji Aktivitas Antioksidan In Vitro dengan Metode FRAP.....	47
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
4.1. Ekstraksi Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	55
4.2. Hasil Skrining Fitokimia Ekstrak Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	64
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	99

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hasil Uji Skrining Fitokimia Ekstrak Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	31
Tabel 2. Nilai Absorbansi dan IC ₅₀ Kuersetin dan Ekstrak Mikroalga <i>Chlorella sp.</i> dengan Metode DPPH.....	44
Tabel 3. Nilai Absorbansi dan IC ₅₀ FeSO ₄ .7H ₂ O dan Ekstrak <i>Chlorella sp.</i> dengan Metode FRAP	48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	7
Gambar 2. Kurva Baku Asam Galat	37
Gambar 3. Kurva Baku Kuersetin	41
Gambar 4. Kurva Baku Persen Inhibisi Pembanding Kuersetin	45
Gambar 5. Kurva Baku Persen Inhibisi Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	46
Gambar 6. Kurva Baku Persen Inhibisi Pembanding $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	49
Gambar 7. Kurva Baku Persen Inhibisi Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	50

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Kerja Umum	64
Lampiran 2. Skema Preparasi Ekstrak	65
Lampiran 3. Skema Pengujian Aktivitas Antioksidan Metode DPPH	66
Lampiran 4. Skema Pengujian Aktivitas Antioksidan Metode FRAP	67
Lampiran 5. CoA <i>Chlorella sp.</i>	68
Lampiran 6. CoA Standar Baku DPPH.....	69
Lampiran 7. CoA Standar Baku TPTZ	70
Lampiran 8. Ekstraksi Mikroalga <i>Chlorella sp.</i>	71
Lampiran 9. Hasil Skrining Fitokimia Ekstrak	73
Lampiran 10. Hasil Penentuan Kandungan Senyawa Karotenoid	74
Lampiran 11. Hasil Penentuan Total Fenol Ekstrak	75
Lampiran 12. Hasil Penentuan Total Flavonoid Ekstrak	79
Lampiran 13. Hasil Uji Aktivitas Antioksidan Metode DPPH	83
Lampiran 14. Hasil Uji Aktivitas Antioksidan Metode FRAP	90

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Radikal bebas adalah senyawa atau molekul yang memiliki satu atau lebih elektron yang hilang dan tidak memiliki pasangan. Molekul tersebut harus mencari atau mendapatkan elektron lain sebagai pasangan supaya stabil. Sifat radikal bebas sangat merusak dan reaktif. Penyakit atau kerusakan dapat timbul diakibatkan karena tersentuh radikal bebas yang terlalu berlebihan dan intensif. Penyakit yang dapat muncul diantaranya seperti, kerusakan jantung, penyakit-penyakit pada bagian otak, kerusakan ginjal, kerusakan paru, dan menurunnya sistem imun (Harmanto, 2012). Radikal bebas dapat dinetralkan dengan antioksidan (Widyawati, 2016).

Sifat antioksidan dalam menetralkan atau menyeimbangkan elektron terhadap radikal bebas akan tetap stabil menerima atau memberi elektron dan tidak akan berubah menjadi senyawa radikal bebas (Fatima *et al*, 2016). Berdasarkan sumbernya, antioksidan terbagi menjadi antioksidan alami dan antioksidan sintetis. Senyawa antioksidan sintetis umumnya lebih murah, lebih efektif dan lebih stabil dibandingkan dengan senyawa antioksidan alami, namun antioksidan sintetis memiliki efek samping (Kusumawati, 2009). Diantara efek samping tersebut adalah karena antioksidan sintetis ini bersifat karsinogenik.

Beberapa contoh antioksidan sintetis yang diijinkan penggunaannya untuk makanan dan penggunaannya telah sering digunakan, yaitu *butil hidroksi anisol*

(BHA), *butil hidroksi toluen* (BHT), *propil galat, tert-butyl hidoksi quinon* (TBHQ), dan tokoferol. Namun berbagai studi mengenai BHA dan BHT menunjukkan bahwa komponen ini dapat menimbulkan tumor pada hewan percobaan pada penggunaan dalam jangka panjang (Andarwulan, *et al*, 1996). Adapun sumber-sumber antioksidan alami banyak terkandung pada tumbuh-tumbuhan dan organisme sumber pangan. Salah satu organisme yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber senyawa bioaktif adalah mikroalga (Maarisit and Pinontoan, 2010).

Mikroalga pada umumnya merupakan kelompok tumbuhan berukuran renik yang termasuk dalam kelas alga, diameternya antara 3-30 μm , baik sel tunggal maupun koloni yang hidup di seluruh wilayah perairan tawar maupun laut. Jenis mikroalga yang terdapat di perairan Indonesia sangat beragam salah satunya adalah *Chlorella sp.* *Chlorella sp.* merupakan salah satu jenis mikroalga *Chlorophyta* yang berwarna hijau karena mengandung klorofil a dan b (Iriani, 2011). Beberapa keunggulan mikroalga *Chlorella sp.*, diantaranya mampu berkembangbiak dengan cepat, tidak memerlukan tempat yang luas, hidupnya tidak bergantung musim, tidak berkompetisi dengan bahan pangan, serta dapat tumbuh di air laut, air tawar maupun air limbah (Elystia, dkk., 2019).

Penelitian terdahulu melaporkan bahwa banyak komponen kimia *Chlorella* seperti senyawa fenolik, β -karoten, asam askorbat dan tokoferol yang menunjukkan sifat sebagai antioksidan (Wu *et al*, 2005). Menurut Fretes *et al* (2012), *Chlorella sp.* diketahui sebagai mikroalga penghasil beberapa jenis karotenoid seperti α -karoten, lutein, zeaxantin, anteraxantin, dan violaxantin. Uji

skrining fitokimia secara kualitatif membuktikan bahwa ekstrak mikroalga *Chlorella sp.* mengandung senyawa tanin, flavonoid, steroid, glikosida, alkaloid, dan saponin yang ditunjukkan dengan hasil positif pada masing-masing uji (Diindkk., 2015). Adanya potensi antioksidan ini menjadi salah satu alasan dipilihnya mikroalga ini untuk diuji aktivitas antioksidannya.

Ekstraksi senyawa aktif dari mikroalga *Chlorella sp.* dengan menggunakan pelarut bertujuan untuk memperoleh hasil yang optimal, baik jumlah ekstrak maupun senyawa aktif yang dikandung ekstrak. Berbagai metode ekstraksi menawarkan banyak kemungkinan untuk hasil pemisahan. Dari banyaknya metode ekstraksi, yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode *Ultrasonic-Assisted Extraction* (UAE). Metode sonikasi ini dipilih karena akan mempercepat proses ekstraksi sehingga diperoleh ekstrak yang lebih banyak dengan volume pelarut yang lebih sedikit (Handaratri dan Yuniati, 2019).

Pengujian aktivitas antioksidan secara *in vitro* bertujuan untuk mengetahui aktivitas suatu senyawa antioksidan dalam menghambat radikal bebas. Metode yang digunakan dalam penentuan aktivitas antioksidan mikroalga *Chlorella sp.* pada penelitian ini adalah metode DPPH dan FRAP. Metode ini dipilih karena metodenya yang murah, cepat, dan reagen yang digunakan cukup sederhana, serta tidak menggunakan alat khusus untuk menghitung total antioksidan. Kedua metode ini digunakan untuk membandingkan kemampuan antioksidan dalam menghambat radikal bebas (metode DPPH) dan mereduksi ion feri (metode FRAP).

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini akan diamati aktivitas antioksidan dari ekstrak etanol mikroalga *Chlorella sp.*, yang diekstraksi dengan

metode UAE, menggunakan metode penghambatan radikal bebas DPPH dan metode reduksi FRAP dan dianalisis korelasi dari kedua metode tersebut dengan menggunakan uji Korelasi Pearson. Selain itu, diukur juga kandungan fenolik dan karotenoid dari ekstrak mikroalga *Chlorella sp.* Penelitian tentang uji aktivitas antioksidan ini diharapkan dapat memperoleh aktivitas antioksidan yang sinergis.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana kandungan senyawa fenolik dari ekstrak etanol mikroalga *Chlorella sp.*?
2. Bagaimana kandungan senyawa karotenoid dari mikroalga *Chlorella sp.*?
3. Bagaimana aktivitas antioksidan dari ekstrak etanol mikroalga *Chlorella sp.* secara *In Vitro* dengan metode DPPH dan FRAP?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui kandungan senyawa fenolik dari ekstrak etanol mikroalga *Chlorella sp.*
2. Menentukan kandungan senyawa karotenoid dari mikroalga *Chlorella sp.*
3. Mengetahui aktivitas antioksidan secara *In Vitro* dari ekstrak etanol mikroalga *Chlorella sp.* menggunakan metode DPPH dan FRAP.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil uji aktivitas antioksidan serta pengukuran kandungan fenolik dan karotenoid dari mikroalga *Chlorella sp.* ini diharapkan:

1. Dapat menambah informasi tentang penggunaan ekstrak *Chlorella sp.* sebagai antioksidan.
2. Dapat menjadi dasar untuk penelitian selanjutnya dalam mengembangkan pemanfaatan ekstrak *Chlorella sp.* di bidang teknologi pembuatan obat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abeille D. Textbook of Chlorella – the most exciting nutritional discovery on planet earth. 2005. h.1-42.[online]. Available: http://abdchlorella.com/uploadpdf/Introduction_to_Chlorella.pdf
- Adam. (2007). Kimia Analitik Untuk Sekolah Menengah Kejuruan. Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Agustini, K. Wiryowidagdo, S. Kusmana, D. 2007. Pengaruh Pemberian Ekstrak Biji Klabet (*Trigonella foenum-graecum* L.) Terhadap Perkembangan Uterus Tikus Putih Betina Galur Wistar Prepubertal. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* 9 (1): 8-16.
- Ahmad dan Ahmad, B. M. 1994. Ekologi air tawar. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur. P 107- 123.
- Akhlaghi, M., Brian, B. 2009. Mechanisms of flavonoid protection against myocardial ischemia–reperfusion injury. *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*. 46: 309–17.
- Amorati, R., G. F. Pedulli, L. Cabrini, L. Zambonin, and L. Landi. 2006. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(8): 2932-2937. DOI: 10.1021/jf053159+.
- Andarwulan N, Wijaya CH, dan Cahyono DT. 1996. Aktivitas antioksidan dari daun (*piperbetle* L). *Buletin Teknologi dan Industri Pangan* 7(1): 29-37
- Andarwulan, N., dan Faradilla., Fitri, R.H., 2012, *Senyawa Fenolik pada Buah Manggis Dari Indonesia*, Penerbit SEAFast IPB, Bogor Jawa Barat.
- Barberán, F.A.T. & Espín, J.C. (2001). Phenolic Compounds and Related Enzymes as Determinants Of Quality in Fruits and Vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 853–876.
- Bold, H.C. & Wynne, M.J. (1985). *Introduction to the algae: Structure and reproduction*. 2nd ed. Prentice Hall, Inc.[dalam bahasa Indonesia]. Englewood Cliffs.
- Borowitzka, M. A. dan Lesley, J. B. 1988. *Microalgae Biotechnology*. London: Cambridge University Press.
- Bruneton, J, 1999, *Pharmacognosy and Phytochemistry Medical Plant*, 2th Ed, translated by Caroline K hatton, Intercept Ltd., Londres, NY, Paris, 309- 321
- Burton, G. W. and K. U. Ingold. 1984. β -karoten: an unusual type of lipid antioxidant. *Science* 224: 569-573.

- Cerón, M.C, García-Malea, M.C, Rivas, J., Acien, F.G, Fernández, J.M, Del Río E., Guerrero, M.G, & Molina, E. (2007). Antioxidant activity of *Haematococcus pluvialis* cells grown in continuous culture as a function of their carotenoid and fatty acid content. *Applied Microbial and Cell Physiology*. 74, 1112– 1119.
- Chandra Boy [et al.] phytochemical screening and antioxidant activities of kemangi leaf (*Ocimum tenuiflorum*L.) methanol extract using dpph (1,1- diphenyl-2-picrylhydrazine) method [Journal] // journal of pharmaceutical and sciences(JPS). - Padang : [s.n.], Julli-desember 2019. - 2656-3088 : Vol. 2 No. 2
- Chang, C., Yang, M., and Wen Han Chern, J. 2002. Estimation of Total Flavonoid Content in Propolis by Two Complementary Colorimetric Method. *J. Food Drug Anal.* 178-181.
- Chen, F. (1996). High cell density culture of microalgae in heterotrophic growth. *Trends in Biotechnology*, 14, 421–426.
- Cox, S., Abu-Ghannam, N., Gupta, S. 2010. An Assessment of the Antioxidant and Antimicrobial Activity of Six Species of Edible Irish Seaweeds. *International Food Research Journal* 17: 205-220.
- Departemen Kesehatan RI, 1995, Farmakope Indonesia Edisi IV, 551, 713. Jakarta.
- Departement Kesehatan Republik Indonesia. (2000). Parameter Standar Ekstrak Tumbuhan Obat, Cetakan Pertama, Direktorat Jenderal Pengawasan Mutu Obat dan Makanan, Jakarta.
- El Nabris, K. 2012. Development of Cheap and Simple Culture Medium for the Microalgae *Nannochloropsis* sp. Based on Agricultural Grade Fertilizers Available in the Local Market of Gaza Strip (Palestine). *Journal of Al Azhar University-Gaza (Natural Sciences)* 14 : 61-76.
- Elystia, S., Muria, S. R., dan Pertiwi, S. I. P. 2019. Pemanfaatan Mikroalga *Chlorella* sp. untuk Produksi Lipid dalam Media Limbah Cair Hotel dengan Variasi Rasio C:N dan Panjang Gelombang Cahaya. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 11(1), 25–43.
- Farnsworth, N.R. (1966). Biological and Phytochemical Screening Of Plants. *Journal Of Pharmaceutical Sciences* 55 (3):245-268. American Pharmaceutical Association.
- Fasya AG., Khamidah U., Amaliyah S., Khairul S. Romaidi. Uji aktivitas antibakteri ekstrak metanol mikroalga *Chlorella* sp. Hasil kultivasi dalam medium ekstrak taugé (met) pada tiap fase pertumbuhan. *Alchemy*. 2013;2(3):162-5.

- Fatima Z. Abderrahmane B, Seddik K, & Lekhmici A. 2016. Antioxidant Activity Assessment Of *Tamus Communis L.* Roots. *Int J Pharm Pharm Sci.* 8 (12): 64-71.
- Fauziah, L., 2008, Studi Dimerisasi Asam, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok.
- Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S (1997). *Kimia Organik* jilid 1 edisi ketiga, terjemahan oleh : Aloysius H. P, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Fithriani, Diini., dkk. Uji Kandungan Total Fenol dan aktivitas Antioksidan Mikroalga *Spirulina sp.*, *Chlorella sp.*, dan *Nannochloropsis sp.*, *JPB Kelautan dan Perikanan* Vol. 10 No. 2
- Fretes, H., A.B. Susanto, Budhy P., Leenawaty L. 2012. Karotenoid dari Makroalga dan Mikroalga: Potensi Kesehatan Aplikasi dan Bioteknologi. *J. Teknol. Dan Industri Pangan*, Volume 23 No.2.
- Goiris, K., Muylaert, K., Fraeye, I., Foubert, I., Brabanter, J.D., & De Cooman, L. (2012). Antioxidant potential of microalgae in relation to their phenolic and carotenoid content. *Journal of Applied Phycology.*, 24, 1477– 1486.
- Halvorsen, B.L., Holte, Kari., Myhrstad, Mari C. W., Barikmo, I., Hvattum Erlend, Remberg Siv Fagertun, Wold Anne-Brit, Haffner Karin, Baugerød Halvard, Andersen Lene Frost , Moskaug Jan, Jacobs David R , Blomhoff Rune ,2002, A Systematic Screening of Total Antioxidant in Dietary Plants, *Journal of Nutrition*.
- Hanani, E., A. M. Abdul., dan S. Ryany. 2005. Identifikasi Senyawa Antioksidan Dalam Spons *Callispongia SP* Dari Kepulauan Seribu. *Majalah Ilmu Kefarmasian II*.
- Handaratri, A. dan Yuniati, Y. 2019. Kajian Ekstraksi Antosianin dari Buah Murbei dengan Metode Sonikasi dan Microwave. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia.* 4. (1): 63-67.
- Harborne, J.B. (1987). *Metode Fitokimia, Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*, Terbitan kedua. Terjemahan Padmawinata, K. dan Soediro, I. Penerbit ITB, Bandung.
- Harmanto, Ning. 2012. *Daun Sukun Si Daun Ajaib Penakluk Aneka Penyakit*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Hartini H., Lasmini T., Pratiwi M., Juwita E. Potensi biopigmen mikroalga *Chlorella sp.* sebagai antibakteri *staphylococcus aureus*. *Jurnal sains dan teknologi laboratorium medik.* 2018;3(1):1-4. [online]. Available: <http://jurnal.akjp2.ac.id/ojs/index.php/jstlm/article/view/23>

- Hatano, T.H., Kagawa, H., Yasuhara, T.T., Okuda. (1988). Two new flavonoids and Other Constituents in Liquorices Root. *Chem. Pharm. Bull.* 36: 2090-2097.
- Heim, K.E., Tagliaferro, A.R., & Bobilya. D.J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13(10), 572–584.
- Herrero, M., Jaime, L., Martin-Alvarez, P.J., Cifuentes, A., & Ibanez, E. (2006). Optimization of the Extraction of Antioxidants from *Dunaliella salina* Microalga by Pressurized Journal of agricultural and food chemistry, 54, 5597–5603.
- Hilma, Putri, N. A. D., Lely, N. (2021). Determination Of Total Phenol And Total Flavonoid Content Of Longan (*Dimoncarpus longan* Lour) Leaf Extract. *Jurna l Ilmiah Farmako Bahari* 12(1), 80-87
- Jayanti, N.M., Astuti, M.D., Koemari, N., Rosyidah, K., 2011, *Isolasi dan Uji Toksisitas Senyawa Aktif*, Jakarta.
- Kawaroe, M. 2008. *Mikroalga sebagai Bahan Baku Biofuel*. Surfactant and Bioenergy Research Centre, Lembaga Pengabdian Pada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor.
- Kim, O. S., 2005, Radical Scavenging Capacity and Antioxidant Activity of The Vitamin Fraction In rice bran. *J Food Sci.* (3): 208- 213
- Krisnandi, I.H.E. (2002). *Pengantar Analisis Instrumental*. Sekolah Menengah Analisis Pertama, Bogor.
- Kumalaningsih, S., 2006, *Antioksidan Alami*, Trubus Agrisarana, Surabaya.
- Kusumawati, P.. 2009. Potensi Pengembangan Produk Pangan Fungsional Berantioksidan dari Makroalga dan Mikroalga. *Oseana*,34 : 9-18
- Lee, K.I., Kim, Y.J., and Lee, C.H., 2003, Cocoa Has Mora Phenolic Phytochemical and Higher Antioksidant Capacity than Teas and Red Wine, *J.Agric. Food Chem.*, 51, 7292-7295.
- List, P.H., and Schmidt, P.C., 1989, *Phytopharmaceutical Technology*, Florida, CRC Press. p53-56.
- Maarisit, W dan Pinontoan R. 2010. *Isolasi Senyawa Antimikroba dari Mikroalgae Asal Perairan Teluk Jakarta*. Laporan Penelitian LPPM.
- Markham, K. R. (1988). *Cara Identifikasi Flavonoid*. Terjemahan Padmawinata, K. Penerbit ITB, Bandung.

- Marxen, K., H. V. Klaus, L. Sebastian, H. Ralf, R. Andreas, P. H. Ulf. 2007. Full Research Paper Determination of DPPH Radical Oxidation Caused by Methanolic Extracts of Some Microalgal Species by Linear Regression Analysis of Spectrophotometric Measurements. *Sensors*. Vol. 7 : 2080-2095.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211–219.
- Mtaki, K., Kyewalyanga, M.S., Mtolera, M.S.P., 2020. applied sciences Assessment of Antioxidant Contents and Free Radical-Scavenging Capacity of *Chlorella vulgaris* Cultivated in Low Cost Media.
- Mulja, M., dan Suharman, 1995, Analisis Instrumental, Cetakan I, 26-32, Airlangga University Press, Surabaya.
- Pandey KB, Rizvi SI. 2009. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease [Internet]. [diunduh 1 September 2018]. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. Vol 2 No. 5 : Hal 270-278.
- Pradhan, B., Patra, S., Dash, S. R., Nayak, R., Behera, C., & Jena, M. (2021). Evaluation of The AntiBacterial Activity of Methanolic Extract of *Chlorella vulgaris* Beyerinck [Beijerinck] with Special Reference to Antioxidant Modulation. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7(1), 1-11. doi: 10.1186/s43094-020-00172-5.
- Procházková, D., Boušová, I., & Wilhelmová, N. (2011). Antioxidant and prooxidant properties of flavonoids. *Fitoterapia*, 82, 513–523.
- Pyo, Y.H., Jin, Y.J., & Hwan, J.Y. (2014). Comparison of the effect of blending and juicing on phytochemical content and antioxidant capacity of typical korean kernel fruit juice. *Preventive Nutrition and Food Science*. 19(2), 108–114.
- Rani K, Sandal N, Sahoo PK. A comprehensive review on chlorella- its composition, health benefits, market and regulatory scenario. *The farma innovation journal*. 2017;7(7):584-8
- Rao, A.R., Sarada, R., Baskaran, V., & Ravishankar G.A. (2006). Antioxidant activity of *Botryococcus braunii* extract elucidated in vitro models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 4593–4599.
- Reische, D. W. *et al* 2002. *Food Lipids Chemistry, Nutrition, and Biotechnology Second Edition, Revised and Expanded: Antioxidants*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Reyes, L.F., & Zevallos, L.C. (2003). Wounding stress increases the phenolic content and antioxidant capacity of purple-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5296–5300.

- Rini. 2018, Formulasi dan Evaluasi Krim Antiaging dengan Variasi Konsentrasi Fikosianin *Spirulina platensis* serta Uji Aktivitas Antioksidan
- Robinson, T. (1995). Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi. Terjemahan Padmawinata, K. Penerbit ITB, Bandung.
- Sa'id, GG. 1993. Bioindustri, Penerapan Teknologi Fermentasi. PT. Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Samosir, A.P., Runtuwene, M.R.J., Citraningtyas, G., 2012. Uji Aktivitas Antioksidan dan Total Flavonoid pada Ekstrak Etanol Pinang Yaki (*Areca vestiaria*). *Pharmacon* 1.
- Sari, C.Y. 2015. Penggunaan Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) Untuk Menurunkan Tekanan Darah Tinggi. *Jurnal Majoriti* 5(3) : 34-40.
- Sedjati, S., Ervia dan Suryono. 2012. Profil Pigmen Polar dan Non Polar Mikroalga Laut *Spirulina* sp. dan Potensinya sebagai Pewarna Alami. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 17(3):176-181.
- Shahidi, F. (1997). Natural antioxidants: Chemistry, Health Effect, and Application, United States of America With Vegetable oil, AOCS Press.
- Sidabutar, E.A.. 1999. Pengaruh Medium Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp. terhadap Aktivitas Senyawa Pemacu Pertumbuhan yang Dihasilkan. Skripsi Tidak Diterbitkan. Institut Pertanian Bogor.
- Soeatmaji DW. 1998. Peran stress oksidatif dalam patogenesis angiopati mikro dan makro DM. *Medica* 5 (24): 318-325
- Soewoto, H. 2001. Antioksidan Eksogen sebagai Lini pertahanan Kedua Dalam Menanggulangi Peran Radikal bebas. Bagian Biokimia Fakultas Kedokteran UI. Jakarta
- Supriyanto dkk. 2017, Uji Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Daun Mimba (*Azadirachta indica* Juss), *Prosiding S NATIF Ke - 4*.
- Tahir, M., A. Muflihunna., dan Syafrianti. 2017, Penentuan Kadar Fenolik Total Ekstrak Etanol Daun Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) dengan Metode Spektroskopi UV-Vis, *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, Vol. 4 No.1
- Tiwari, S., & Dhakal, N. (2023). Analysis of Variations in Biomolecules during Various Growth Phases of Freshwater Microalgae *Chlorella* sp. *Applied Food Biotechnology*, 10(1), 73-84. <https://doi.org/10.22037/afb.v10i1.39796>
- Viranda P.M, 2009, Pengujian kandungan Senyawa yang terdapat dalam Tomat, *Jurnal P. Universitas Indonesia*.

- Widyawati PS, Wijaya CH, Harjosworo PS, Sajuthi D. 2010. Pengaruh ekstraksi dan fraksinasi terhadap kemampuan menangkap radikal bebas DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) ekstrak dan fraksi daun beluntas (*Pluchea indica* Less.). Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. ISSN:1411-4216.
- Widyawati PS. 2016. Determination of Antioxidant Capacity In *Pluchea Indica* Less Leaves Extract And Its Fractions. *Int J Pharm Pharm Sci.* 8 (9): 32-36
- Winarsi H., 2007, *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Yogyakarta: Kanisus
- Wu, L.-C., Annie Ho, J., Shieh, M.-C., Lu, I.-W., 2005. Antioxidant and Antiproliferative Activities of *Spirulina* and *Chlorella* Water Extracts. *J. Agric. Food Chem* Vol.53, Pp.4207–4212.
- Youngson, R., 2005, *Antioksidan: Manfaat Vitamin C dan E Bagi Kesehatan*, alih bahasa Susi Purwoko, Arcan Jakarta.
- Yudiati, E., Sedjati, S., Surnarsih, & Agustian, R. (2011). Aktivitas Antioksidan dan Toksisitas Ekstrak Metanol dan Pigmen Kasar *Spirulina* sp . *Indonesian Journal of Marine Sciences*, 16(4), 187–192. <https://doi.org/10.14710/IK.IJMS.16.4.187-192>