

**PENENTUAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN FIKOBILIPROTEIN DARI
Porphyridium cruentum MENGGUNAKAN METODE VOLTAMMETRI
SIKLIK**

(Skripsi)

Oleh

ANISA SAFITRI



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

PENENTUAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN FIKOBILIPROTEIN DARI *Porphyridium cruentum* MENGGUNAKAN METODE VOLTAMMETRI SIKLIK

Oleh

ANISA SAFITRI

Peranan senyawa antioksidan menjadi sangat penting saat ini, dikarenakan meningkatnya dampak dari radikal bebas. Dampak dari senyawa radikal bebas pada konsentrasi yang tinggi dapat menimbulkan penyakit kronis, kerusakan DNA, dan jaringan. Antioksidan dapat menangkal radikal bebas dan juga merupakan senyawa pemberi elektron atau reduktan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan aktivitas antioksidan fikobiliprotein dari *P. cruentum* pada MEBIT (Media Efluen Biogas Industri Tapioka) dengan metode voltammetri siklik. Tahapan penelitian ini dibagi menjadi sampling dan karakterisasi MEBIT, kultivasi mikroalga, pemanenan, ekstraksi, pemurnian fikobiliprotein menggunakan kromatografi kolom hidroksiapetit, karakterisasi fikobiliprotein, pengukuran antioksidan menggunakan metode voltammetri siklik. MEBIT yang dikarakterisasi pada penelitian ini terdapat kandungan nitrogen (N), fosfat, dan organik karbon (C) yang dibutuhkan oleh mikroalga *P.cruentum* sebagai makronutrien. Pertumbuhannya menunjukkan adanya fase lag pada kultur media MEBIT mulai dari hari ke-0 sampai hari ke-2, dan fase eksponensial dari hari ke-1 sampai hari ke-8. Fase eksponensial *P.cruentum* pada media f/2 dan MEBIT terjadi sampai hari ke-8 dilihat dari nilai *Optical Density* (OD) dengan nilai absorbansi masing-masing 0,75 dan 0,60. Pemanenan mikroalga *P.cruentum* menghasilkan biomassa sebanyak 2,4 g/L. Identifikasi ekstrak kasar maupun murni dari fikobiliprotein menggunakan spektrofotometer UV-Vis muncul serapan pada 546 dan 280 nm. Data menunjukkan kemurnian fikoeretrin sebesar 17,20, lebih tinggi dibandingkan dengan kemurnian ekstrak kasar fikobiliprotein sebesar 2,56. Voltammogram pigmen murni fikoeretrin dan ekstrak kasar fikobiliprotein dari *P. cruentum* sama-sama diperoleh pada daerah +1,1 V.

Kata kunci: Antioksidan, MEBIT, *P. cruentum*, fikobiliprotein, fikoeretrin.

ABSTRACT

DETERMINATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PHYCOBILIPROTEIN FROM *Porphyridium cruentum* USING CYCLIC VOLTAMMETRY METHOD

By

ANISA SAFITRI

The role of antioxidant compounds is very important at this time, due to the increasing impact of free radicals. The impact of free radical compounds at high concentrations can cause chronic disease, DNA and tissue damage. Antioxidants can counteract free radicals and are also electron donating compounds or reductants. This study aimed to determine the antioxidant activity of phycobiliproteins from *P. cruentum* in MEBIT (Medium Effluent Biogas Tapioca Industry) by cyclic voltammetry method. The stages of this research were divided into MEBIT sampling and characterization, microalgae cultivation, harvesting, extraction, purification of phycobiliproteins using hydroxyapatite column chromatography, phycobiliprotein characterization, and measurement of antioxidants using cyclic voltammetry method. MEBIT which was characterized in this study contained nitrogen (N), phosphate, and organic carbon (C) content required by *P. cruentum* microalgae as macronutrients. Its growth showed a lag phase in MEBIT media culture starting from day 0 to day 2, and an exponential phase from day 1 to day 8. The exponential phase of *P. cruentum* on media f/2 and MEBIT occurred until day 8 seen from the value of *Optical Density* (OD) with absorbance values of 0.75 and 0.60, respectively. Harvesting *P. cruentum* microalgae produced biomass of 2.4 g/L. Identification of crude and pure extracts of phycobiliprotein using UV-Vis spectrophotometer showed absorption at 546 and 280 nm. The data shows the purity of phycoerethrin is 17.20, higher than the purity of the crude extract of phycobiliprotein which is 2.56. Voltammograms of pure pigment phycoerethrin and crude extract of phycobiliprotein from *P. cruentum* were both obtained in the +1.1 V region.

Keywords: Antioxidant, MEBIT, *P. cruentum*, phycobiliprotein, phycoerethrin.

**PENENTUAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN FIKOBILIPROTEIN DARI
Porphyridium cruentum MENGGUNAKAN METODE VOLTAMMETRI
SIKLIK**

Oleh

ANISA SAFITRI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul : **PENENTUAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN
FIKOBILIPROTEIN DARI *Porphyridium
cruentum* MENGGUNAKAN METODE
VOLTAMMETRI SIKLIK**

Nama mahasiswa : **Anisa Safitri**

Nomor pokok mahasiswa : 1517011070

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr.Ni Luh Gede Ratna J,M.Si
NIP. 197707132009122002

Andi Setiawan, Ph.D
NIP. 195809221988111001

Ketua Jurusan Kimia
FMIPA Universitas Lampung

Mulyono, Ph.D.
NIP. 197406112000031002

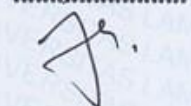
MENGESAHKAN

1. Tim penguji

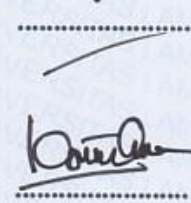
Ketua : **Dr.Ni Luh Gede Ratna J, M.Si.**



Sekretaris : **Andi Setiawan, Ph.D.**



Penguji
Bukan pembimbing : **Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Supto Dwi Yuwono, M.T.

NIP. 197407052000031001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **9 Juli 2021**

PERNYATAAN

Nama : Anisa Safitri

Nomor Pokok Mahasiswa : 1517011070

Program Studi : Kimia

Jurusan : Kimia

Dengan ini menyatakan skripsi yang berjudul, "**PENENTUAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN FIKOBILIPROTEIN DARI *Porphyridium cruentum* MENGGUNAKAN METODE VOLTAMMETRI SIKLIK**" ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain, dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ada pernyataan saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 26 Agustus 2021

Yang Menyatakan



Anisa Safitri

NPM 1517011070

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Anisa Safitri, lahir di Kota Metro pada tanggal 29 Juli 1997 merupakan anak pertama dari dua bersaudara, yang lahir dari pasangan suami istri Bapak Syaefudin dan Ibu Nita Sari. Penulis sekarang bertempat tinggal di Jl. WR Supratman No. 17 RT 007, RW 003 Kelurahan Hadimulyo Timur, Kecamatan Metro Pusat, Kota

Metro, Lampung. Penulis telah menyelesaikan Pendidikan dari TK Aisyiah Purwosari pada tahun 2003, MI Muhammadiyah Hadimulyo Timur lulus pada tahun 2009, SMP Negeri 6 Metro lulus pada tahun 2012, SMA Muhammadiyah Metro lulus pada tahun 2015, dan pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi di Jurusan S1 Kimia FMIPA Universitas Lampung, masuk melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum Kimia Dasar pada tahun 2020. Selain belajar di bangku kuliah, penulis juga aktif berorganisasi selama menjadi mahasiswa. Penulis pernah mengikuti beberapa aktivitas organisasi, dimulai dengan menjadi Kader Muda Himaki (KAMI) periode 2015-2016, Generasi Muda (Garuda) BEM Fmipa Unila 2015/2016.

Selanjutnya sejak tahun 2016 sampai 2017 penulis mendapatkan amanah sebagai pengurus tetap di beberapa organisasi dari tingkat jurusan maupun universitas. Penulis diamanahkan sebagai anggota bidang Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi (KPO) dalam kepengurusan Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) periode 2016/2017.

Pada periode kepengurusan yang sama, penulis juga belajar mengatur waktu menjalankan amanah sebagai anggota Panitia Khusus (PANSUS) Pemira Unila 2016. Pada periode 2017/2018 penulis menjadi Bendahara Departemen Hubungan Luar dan Pengabdian Masyarakat (HLPM) BEM Fmipa Unila, dan Bendahara Umum KWI 2017 Fmipa Unila. Penulis juga telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sidoarjo, Way Kanan pada Januari sampai Februari 2019.

MOTTO

*Untuk mendapatkan apa yang kamu suka, pertama kamu harus sabar dengan apa yang kamu benci.
~Imam Al-Ghazali~*

**Hiduplah kamu bersama manusia sebagaimana pohon yang berbuah, mereka melemparinya dengan batu, tetapi ia membalasnya dengan buah.
~Imam Al-Ghazali~**

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat karunia dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul :

“PENENTUAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN FIKOBILIPROTEIN DARI *Porphyridium cruentum* MENGGUNAKAN METODE VOLTAMMETRI SIKLIK”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Sholawat beriring salam selalu tercurahkan kepada suri tauladan pengubah peradapan umat manusia Nabi Muhammad Shalallahu ‘Allaihi Wassalam beserta para sahabat dan keluarganya, semoga kita termasuk umatnya yang mendapatkan *syafa’at* beliau di *yaumil akhir* nanti, *aamiin yarabbal’alamin*.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dan penulisan skripsi ini dapat terselesaikan atas segala bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Teriring doa yang tulus *jazaakumullah khairan*, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ayah Syaefudin dan Ibu Nita Sari sebagai orang tua serta Deva Alan Firdaus sebagai adik dari penulis atas segala dukungan, semangat, dan kasih sayang, keikhlasan dan kesabaran serta ketulusan doanya untuk penulis. Semoga Allah SWT membalas cintanya dengan *jannah*-Nya, *aamiin Allahuma aamiin*.

2. Bulek Rini, Bulek Maya, Mbah Kakung, Mbah Uti, serta sepupu-sepupu tersayang. Terimakasih atas dukungan, serta motivasi yang diberikan kepada penulis. Semoga kebaikan kalian dibalas oleh Allah SWT, *aamiin allahumma aamiin*.
3. Ibu Dr. Eng Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si. selaku pembimbing 1 yang dengan sabar telah membimbing penulis hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Andi Setiawan, M.Si., Ph.D. selaku pembimbing 2 yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran, hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Bapak Dr. Agung Kiswandono, M.Sc. selaku pembahas dalam penelitian ini atas bimbingan dan nasihat beliau sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Ketua Jurusan dan Pembimbing akademik yang dengan bijaksana bersedia membimbing penulis selama masa perkuliahan hingga masa penyelesaian skripsi ini, dan yang telah memberikan izin penelitian.
7. Ibu Dian Septiani P., M.Si. yang telah membantu membimbing dalam penelitian, dari awal mengenal mikroalga sampai selesai skripsi ini. Terimakasih banyak atas ilmu dan waktunya.
8. Seluruh dosen Kimia FMIPA Unila yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih banyak atas bimbingannya dalam belajar, sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliahnya.
9. Seluruh staff Jurusan Kimia dan Fakultas MIPA yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan berkas-berkas yang di perlukan selama masa perkuliahan hingga skripsi.
10. Sahabatku Uhti, Isnaini, Fitria, Eva, Neni, Panji, dan Hadiyan yang selalu memberikan semangatnya, mendengar keluh kesah penulis selama masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi.
11. Sahabatku Nur Isfani, Khumil Ajmila, dan Mahyal Fadillah, yang selalu sabar membantu dan mengingatkan dalam hal kebaikan.

12. Sahabat SMAku Cani, Raisha, Tita, Panji, Ando, dan Roby, yang selalu memberikan semangat, dan membantu dalam segala hal.
13. Teman-teman kimia angkatan 2015 yang tidak lelah selalu mengingatkan, membantu, dan memberi semangat (Solidaritas tanpa batas).
14. Partner penelitianku Vina, Rita, dan Meynisa yang dengan sabar membantu, memberi semangat, mengingatkan, dan berjuang melewati suka duka bersama sampai skripsi ini terselesaikan.
15. Untuk Kak Fendi dan Kak Rado, yang telah membantu menggunakan alat, dan mengajarnya dengan sabar, atas waktu dan ilmunya terimakasih banyak. Jasa kalian tidak akan terlupakan.
16. Rekan-rekan laboratorium UPT LTSIT, Ocy, Mba Citra, Finu, Oklis, Nafila, Mba Grace, Mba Ismini, Mba Diani, Mba Agnes. Terimakasih banyak atas semangat dan bantuannya.
17. Teman-teman BEM FMIPA 2017 dan PANSUS UNILA 2016 yang telah memberikan kenangan terindah dalam berorganisasi, dan berjuang bersama. Dari sini penulis belajar banyak sekali pelajaran yang tidak pernah dapat di bangku perkuliahan. Suka dan duka tidak terasa terlewat begitu saja ketika kita bersama-sama Terimakasih banyak, cerita ini akan aku ceritakan pada anak cucu suatu hari nanti.
18. Teman-teman villa kita, Mba Laili, Ayu, Olvy, dan Safira. Walaupun sering berbeda pendapat atau pemikiran, tetapi terimakasih atas hari-hari menyenangkan, bantuan dan semangatnya. Melihat semangat kalian yang luarbiasa.
19. Teman-teman start up, terimakasih atas semangat, dan hiburannya di grup.
20. Teman-teman KKN Desa Sidoarjo, Way Kanan. Terimakasih untuk masa-masa KKN yang mengesankan, untuk suka duka, dan canda tawa selama KKN.
21. Seluruh pihak yang tidak disebutkan yang telah membantu proses penyelesaian skripsi ini.

Semoga semua bantuan dan jasa yang telah diberikan kepada penulis, menambah catatan amal kebaikan dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan untuk perbaikan penulisan di masa mendatang. Penulis berharap meski banyak kekurangan, namun skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membaca.

Bandar Lampung, Agustus 2021

Penulis,

Anisa Safitri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	4
C. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Mikroalga	5
B. <i>Porphyridium cruentum</i>	7
C. Limbah Cair Tapioka	8
D. Radikal Bebas	9
E. Antioksidan	11
F. Fikobiliprotein	12
G. Voltametri Siklik.....	13

III. METODE PENELITIAN	17
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
B. Alat dan Bahan	17
C. Metode Penelitian	18
1. Sampling Efluen Biogas Limbah Tapioka.....	18
2. Persiapan Media Pertumbuhan	18
3. Kultivasi Mikroalga.....	19
4. Pemanenan.....	19
5. Ekstraksi	20
6. Pemurnian Fikobiliprotein.....	20
7. Karakterisasi Fikobiliprotein	20
8. Pengukuran Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode Voltammetri siklik	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
A. Sampling dan karakterisasi MEBIT	22
B. <i>Optical Density</i> (OD)	23
C. Pemanenan <i>Porphyridium cruentum</i>	25
D. Ekstraksi Fikobiliprotein	25
E. Pemurnian Fikobiliprotein	26
F. Identifikasi Fikobiliprotein Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis.....	26
G. Penentuan Aktivitas Antioksidan Menggunakan Voltammetri Siklik	28
V. PENUTUP	31
A. Kesimpulan.....	31
B. Saran.....	32

DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	40

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakterisasi MEBIT	23
2. Indeks Kemurnian A_{546}/A_{280} Dan Konsentrasi Fikobiliprotein MEBIT Berdasarkan Nilai Absorbansi Maksimum.....	38
3. Data Arus Oksidasi Fikobiliprotein	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sel Voltammetri.....	14
2. Kurva Voltammogram	15
3. Eksitasi Sinyal Pada Voltammetri Siklik	16
4. Efluen Biogas Industri Tapioka.....	22
5. Kurva Pertumbuhan <i>Porphyridium cruentum</i> Media f/2 dan MEBIT	24
6. Fikobiliprotein Hasil Ekstraksi (a) dan Pigmen Fikoeretrin Hasil Pemurnian (b).....	26
7. Spektrum Dari Ekstrak Kasar Fikobiliprotein Dan Fikoeretrin Hasil Pemurnian	27
8. Voltammogram Oksidasi Molekul Ekstrak Kasar Fikobiliprotein Dan Pigmen Fikoeretrin	29

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Peranan senyawa antioksidan menjadi sangat penting saat ini, dikarenakan meningkatnya dampak dari radikal bebas. Dampak dari senyawa radikal bebas pada konsentrasi yang tinggi dapat menimbulkan penyakit kronis, kerusakan DNA, dan jaringan. Antioksidan dapat menangkal radikal bebas dan juga merupakan senyawa pemberi elektron atau reduktan. Senyawa ini mampu menonaktifkan berkembangnya reaksi oksidasi, yaitu dengan cara menghambat reaksi oksidasi, dengan mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif, sehingga dapat menghambat kerusakan sel (Winarsi, 2007). Beberapa penelitian telah melaporkan manfaat antioksidan yang dapat melindungi suatu organisme terhadap kerusakan yang disebabkan oleh radikal, diantaranya terdapat antioksidan sintetis dan alami namun antioksidan sintetis dianggap menyebabkan kerusakan hati dan karsinogenesis (Liu, *et al.*, 2010). Oleh karena itu sangat penting untuk menggunakan senyawa antioksidan dari alam sebagai pengganti antioksidan sintetis. Salah satu sumber antioksidan alami yaitu mikroalga.

Mikroalga merupakan mikroorganisme fotosintetik yang memiliki kemampuan untuk menggunakan sinar matahari dan karbondioksida untuk menghasilkan biomassa serta menghasilkan 50% oksigen yang ada di atmosfer (Widjaja, 2009). Mikroalga masih menjadi komoditas kelautan yang potensial untuk dikembangkan. Hal ini dikarenakan mikroalga merupakan sumber daya alami yang mempunyai manfaat yang sangat luas sebagai sumber asam lemak, asam amino, dan pigmen baik untuk hewan maupun manusia (Azimatun, 2014).

Mikroalga diantaranya banyak digunakan sebagai sumber obat-obatan, sumber antioksidan alami, dan dimanfaatkan dalam industri farmasi. Mikroalga yang dilaporkan memiliki potensi menghasilkan senyawa kimia yang berfungsi sebagai antioksidan adalah *Porphyridium cruentum* (Abidin *et al.*, 2010).

P. cruentum adalah mikroalga merah yang termasuk dalam kelas *Rhodophyceae*. Warna merah dari sebagian besar alga merah bersumber dari fikoeritrin yang merupakan pigmen yang mendominasi *P. cruentum*. Habitat dengan kedalaman yang semakin besar menghasilkan fikoeritrin yang lebih besar dimana penetrasi cahaya berkurang dan akan berwarna merah gelap. Habitat yang dangkal akan menyebabkan kadar fikoeritrin yang diproduksi menjadi lebih sedikit dan akan tampak berwarna hijau (Madigan *et al.*, 2009). Biomassa kering sel *P. cruentum* mengandung protein 11,67%, karbohidrat 40-57%, lipid 9-14% (Setyaningsih *et al.*, 2013) dan pigmen utamanya berupa Fikobiliprotein.

Fikobiliprotein merupakan protein, mempunyai cincin tetrapireol dan termasuk dalam gugus kromofor. Fikobiliprotein menyerap cahaya biru-hijau, hijau, kuning atau orange (500-650 nm). Salah satu jenis dari fikobiliprotein yaitu fikoeritrin. Fikoeritrin dapat digunakan sebagai pewarna alami untuk menggantikan pewarna sintetis yang merupakan penyebab karsinogen. Fikoeritrin mempunyai potensial pasar yang luas, selain itu pigmen ini juga telah digunakan sebagai nutraceuticals, antioksidan atau aplikasi lainnya pada bidang bioteknologi (Manirafasha *et al.*, 2016).

Pigmen fikoeritrin pada mikroalga salah satunya dipengaruhi oleh pertumbuhan, dan pertumbuhan dipengaruhi oleh media kultivasi. Penggunaan media kultivasi yang tepat sangat penting untuk pertumbuhan mikroalga, salah satunya penggunaan media tumbuh efluen biogas limbah dari industri tapioka (MEBIT). Limbah yang dihasilkan dari pengolahan tepung tapioka sebesar 75 %, limbah ini berupa padat dan cair (Sumiyati, 2009).

Limbah padat masih dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak, Limbah cair dari industri tepung tapioka mengandung senyawa- senyawa organik seperti protein, lemak, karbohidrat yang mudah membusuk dan menimbulkan bau tak sedap maupun senyawa anorganik yang berbahaya seperti CN, nitrit, ammonia, dan sebagainya. Hal inilah yang menjadi keluhan terutama masyarakat sekitar industri tersebut (Riyanti *et al.*, 2010).

Menurut Markou *et al.*, (2011), Pemanfaatan MEBIT dari sistem anaerobik merupakan alternatif sumber organik karbon dan nutrisi untuk mikroalga. Penggunaan air limbah ini sebagai sumber nitrogen dan fosfor untuk mikroalga sehingga mengurangi masukan bahan kimia berbahaya dalam lingkungan (Kawaore *et al.*, 2010).

Analisis antioksidan pada *P. cruentum* sudah pernah diteliti sebelumnya menggunakan metode DPPH. Aspek penting lainnya dalam kajian antioksidan yang perlu diperhatikan adalah metode yang digunakan. Voltammetri merupakan suatu metode elektrokimia melalui pengukuran arus saat diberikan potensial tertentu. Kurva arus terhadap potensial yang dihasilkan disebut dengan voltammogram (Zoski, 2007). Metode voltammetri siklik dapat digunakan dalam penelitian ini karena mampu memberikan informasi mengenai termodinamika dari proses reduksi-oksidasi, untuk menentukan aktivitas antioksidan pada mikroalga *P. cruentum*. Metode voltammetri siklik sebelumnya pernah digunakan untuk menganalisis antioksidan pada mikroalga *oscillatoria sp.* akan tetapi, metode ini belum pernah dilakukan untuk menentukan aktivitas antioksidan dari *P. cruentum*. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan uji aktivitas antioksidan menggunakan metode voltammetri siklik.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan aktivitas antioksidan fikobiliprotein dari *P. cruentum* pada MEBIT dengan metode voltammetri siklik.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi tentang aktivitas antioksidan dari *P. cruentum* yang dikultivasi pada MEBIT, sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi antioksidan dari *P. cruentum*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Mikroalga

Mikroalga merupakan organisme autotrof yang tumbuh melalui proses fotosintesis. Mikroalga mampu mengakumulasi gula, karbohidrat, protein, lipid, dan zat organik berharga lainnya dengan penggunaan energi matahari, CO₂, dan nutrisi yang efisien. Mikroorganisme ini mengubah zat anorganik seperti karbon, nitrogen, fosfor, belerang, besi, dan elemen jejak menjadi bahan organik.

Mikroalga dapat tumbuh dimana saja, baik di ekosistem perairan maupun di ekosistem darat. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga, diantaranya faktor abiotik (cahaya matahari, temperatur, nutrisi, O₂, CO₂, pH, salinitas), faktor biotik (bakteri, jamur, virus, dan kompetisi dengan mikroalga lain), serta faktor teknik (cara pemanenan, dll) (Harun.*et all*, 2010).

Mikroalga dapat tumbuh dengan sangat cepat pada kondisi iklim yang tepat. Umumnya, mikroalga menduplikasikan diri dalam jangka waktu 24 jam atau bahkan 3,5 jam selama fasa pertumbuhan eksponensial (Chisti, 2007). Mikroalga memiliki kandungan protein yang sangat tinggi, sehingga mikroalga juga dikenal sebagai *single cell protein* (SCP) (Harun.*et al*, 2010).

Jumlah spesies mikroalga yang ada diperkirakan berkisar antara ratusan ribu dan beberapa juta spesies berbeda-beda yang teridentifikasi sepanjang waktu. Hanya sebagian kecil spesies mikroalga dapat tetap hidup dalam budaya, dan hanya sedikit di antaranya yang telah berhasil ditanam secara komersial (Mata *et al.*, 2010). Mikroalga yang ideal harus mampu tumbuh sangat baik bahkan di bawah konsentrasi biomassa yang tinggi dan kondisi lingkungan yang bervariasi, juga harus mampu menghasilkan produk konsentrasi tinggi (yaitu produk bernilai tinggi, lipid, dan protein) (Borowitzka, 2013).

B. Porphyridium Cruentum

P. cruentum adalah mikroalga merah bersel satu yang termasuk kelas *Rhodophyceae*, hidup bebas atau berkoloni yang terikat dalam *Mucilago*. Senyawa *mucilago* dieksresikan secara konstan oleh sel membentuk sebuah kapsul yang mengelilingi sel. *Mucilago* merupakan polisakarida sulfat yang bersifat larut dalam air.

Klasifikasi *P. cruentum* menurut Vonshak (1988) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Protista
Filum	: Rhodophyta
Kelas	: Bangiophycidae
Ordo	: Porphyridiales
Famili	: Porphyridiaceae
Genus	: <i>Porphyridium</i>
Species	: <i>Porphyridium cruentum</i>

P. cruentum bisa hidup soliter atau koloni menjadi bentuk yang tidak beraturan berupa lendir. Selnya tidak dilindungi dinding sehingga materi ekstraplasmanya tidak memiliki komponen rangka atau serat mikro. Masing-masing sel memiliki kloroplas tunggal yang menonjol dan berbentuk bintang dengan daerah *pyrenoid* yang terpusat (Kawaroe *et al.* 2010).

Menurut penelitian Fuentes *et al.*(2000), biomassa sel *P. cruentum* mengandung rata-rata minyak 5.78%, sedangkan Hasanah (2011), mendapatkan nilai yang lebih rendah yaitu sebesar 0.33%. Biomassa kering dari sel mikroalga *P. cruentum* mengandung protein 11,67%, karbohidrat 44,12%, lipid 9-14% (Setyaningsih *et al.*, 2013).

Produk komersial dari *P. cruentum* adalah asam arakidonat, polisakarida dan fikoeritrin. Pemberian nama alga merah untuk *P. cruentum* didasarkan atas kelebihan dan dominasi dari pigmen merah dari fikoeritrin. Zat aktif ini penting dalam mikroalga *P. cruentum*, Ini adalah pigmen aksesori dalam fotosintesis dan fikobiliprotein (pigmen protein kompleks). Fikoeritrin (pigmen merah) memiliki sifat-sifat berfluoresensi dan antioksidan, yang dipasarkan sebagai pewarna berfluoresensi tinggi dalam penelitian biologi, biomedis, sebagai suplemen makanan, pewarna alami di sektor makanan dan kosmetik (Ariede *et al.*, 2017).

C. Limbah Cair Tapioka

Limbah cair tapioka merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan, dari pencucian bahan baku sampai pada proses pemisahan pati dari airnya atau proses pengendapan. Industri tapioka merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah padat dan cair dalam jumlah banyak yang cukup bermasalah dalam pengolahan limbah padat dan cair (Sumiyati, 2009).

Sumiyati (2009), menyatakan bahwa limbah tapioka dapat mengakibatkan komunitas lingkungan air di sungai terancam kepunahan, karena limbah cair tapioka mengandung senyawa beracun CN atau HCN yang sangat tinggi. Dampak negatif air limbah cair mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan, antara lain bau yang tidak sedap dan beberapa sumur warga yang tidak layak untuk konsumsi.

Limbah cair tapioka dapat dimanfaatkan kembali, dengan pengolahan yang lebih lanjut sebelum dibuang ke lingkungan sekitar industri tapioka. Salah satu metodenya yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme dari mikroalga yang mengurangi bahan pencemar atau logam berat yang terdapat dalam limbah tersebut (Kawaore *et al.*, 2010). Penggunaan air limbah sebagai media kultur mikroalga dapat menghemat penggunaan air. Siedu *et al.* (2017) juga menekankan bahwa jumlah besar air tawar yang dibutuhkan untuk membudidayakan mikroalga hampir 64% dari total air yang digunakan. Menggunakan air non-fresh pada akhirnya akan mengurangi biaya pengolahan air dan penambahan nutrisi.

D. Radikal bebas

Radikal bebas adalah molekul yang pada orbit terluarnya mempunyai satu atau lebih elektron tidak berpasangan, sifatnya sangat labil dan sangat reaktif (Soeksmanto dkk., 2007). Radikal bebas berada di dalam tubuh akibat proses respirasi aerobik dengan bentuk yang berbeda-beda, seperti superoksida, hidroksil, hidroperoksil, peroksil, dan alkosil radikal (Teow *et al.*, 2006).

Radikal bebas baik yang eksogen maupun yang endogen merupakan etiologi berbagai macam penyakit degeneratif (Rohman dan Riyanto, 2006). Reaksi antara radikal bebas dan molekul berujung dengan timbulnya suatu penyakit (Reynertson, 2007), antara lain:

1. Aterosklerosis

Aterosklerosis adalah suatu kondisi kronik pada arteri-arteri berukuran besar dan medium yang ditandai dengan pengerasan, hilangnya elastisitas dinding arteri, serta penyempitan lumennya (Windono *et al.*, 2001).

Hal ini terjadi karena ada reaksi radikal bebas, antara lain terjadi pada peroksidasi lipid (oksidasi asam-asam lemak tak jenuh rantai panjang dalam

membran sel dan lipoprotein) yang berdampak berkembangnya aterosklerosis (Windono *et al.*, 2001).

2. Kanker

Hidroksialkena adalah senyawa hasil dari peroksidasi lipid yang mampu berikatan dengan asam nukleat melalui ikatan kovalen sehingga menyebabkan perubahan DNA. Agen perusak DNA dan senyawa pendukungnya berperan penting dalam terbentuknya sel kanker. Proses pembentukan sel kanker ini melalui mekanisme senyawa pendukung yang bekerja dengan menghasilkan radikal oksigen, yang merupakan hasil akhir dari peroksidasi (Madhavi, 1995).

3. Iskemia

Terjadi selama terdapat cedera pada hati dan sel otak yang juga merupakan hasil dari peroksidasi lipid, dengan transformasi *xanthine dehidrogenase* menjadi *xanthine oxidase* dan juga dengan terbentuknya spesies oksigen yang reaktif (Madhavi, 1995).

Sumber radikal bebas bisa berasal dari dalam tubuh kita sendiri (endogen), bisa pula dari luar tubuh (eksogen). Radikal endogen terbentuk akibat reduksi oksigen dalam mitokondria yang kurang sempurna, sehingga terbentuk superoksida, interaksi superoksida atau hidrogen peroksida dengan ion logam transisi. Sedangkan radikal bebas eksogen berasal dari polusi udara, radiasi, zat-zat kimia (obat-obatan, insektisida) dan makanan-makanan tertentu (Windono *et al.*, 2001).

E. Antioksidan

Antioksidan adalah substansi yang diperlukan tubuh untuk menetralkan radikal bebas dan mencegah kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas terhadap sel normal, protein dan lemak. Antioksidan menstabilkan radikal bebas dengan melengkapi kekurangan elektron yang dimiliki radikal bebas, dan menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas.

Antioksidan dapat menghambat atau memperlambat oksidasi melalui dua jalur, yaitu pertama melalui penangkapan radikal bebas (*free radical scavenging*), antioksidan jenis ini disebut dengan antioksidan primer. Termasuk dalam jenis ini adalah senyawa-senyawa fenolik seperti galat dan flavonoid. Jalur kedua yaitu tanpa melibatkan penangkapan radikal bebas. Antioksidan ini disebut dengan antioksidan sekunder yang mekanismenya melalui pengikatan logam; menyerap sinar ultraviolet dan mendeaktivasi oksigen singlet (Pokorny *et al.*, 2001). Proses oksidasi dapat dihambat atau ditunda dengan antioksidan konsentrasi rendah (Vaya dan Aviram, 2001).

Antioksidan bekerja dengan cara menghentikan pembentukan radikal bebas, menetralkan serta memperbaiki kerusakan-kerusakan yang telah terjadi (Dalimarta dan Soedibyo, 1999). Bukti-bukti yang telah diberikan oleh para peneliti membuktikan bahwa antioksidan dapat mengurangi resiko terkena penyakit kronis seperti kanker dan penyakit jantung (Prakash, 2001). Sistem pertahanan dalam tubuh dapat dibedakan menjadi tiga golongan yaitu antioksidan primer, sekunder, dan tersier.

Antioksidan primer mengikuti mekanisme pemutusan rantai reaksi radikal dengan mendonorkan atom hidrogen secara cepat pada suatu lipid yang radikal, produk yang dihasilkan lebih dari produk inisial, sedangkan antioksidan sekunder atau penangkap radikal (*radikal scavenger*), merupakan antioksidan yang dapat menekan terjadinya reaksi rantai baik pada awal pembentukan rantai maupun pada fase propagasi. Termasuk golongan ini adalah vitamin E, vitamin C, betakaroten, dan kurkuminoid (Vaya dan Aviram, 2001).

Antioksidan golongan ke tiga yaitu antioksidan tersier yang merupakan antioksidan yang memperbaiki kerusakan-kerusakan yang terjadi karena efek radikal bebas (Winarsi, 2011).

F. Fikobiliprotein

Fikobiliprotein merupakan pigmen aksesori dalam mikroalga yang merupakan bahan berharga tinggi. Beberapa fikobiliprotein umum termasuk phycocyanin (PC), allophycocyanin (APC) dan phycoerythrin (PE). Fikobiliprotein telah digunakan sebagai pewarna alami yang non-toksik dan non-karsinogenik. Pigmen ini juga secara luas telah digunakan sebagai nutraceuticals atau aplikasi lainnya pada bidang bioteknologi (Manirafasha *et al.*, 2016).

Fikobiliprotein dapat ditemukan pada *cyanobacteria* atau disebut juga dengan alga biru-hijau, pada kloroplast *rhodopyta* (alga merah) dan pada *cryptophyceae*, kelas alga eukariotik uniseluler biflagel (kriptomonad). Fungsi dari fikobiliprotein adalah sebagai pigmen pembantu pada proses fotosintesis. Fikobiliprotein menyerap cahaya pada kisaran panjang gelombang tampak dan mentransfer energi eksitasi ke pusat reaksi pada membran fotosintesis untuk mengubah cahaya matahari tersebut menjadi energi kimia.

Fikobiliprotein pada *Cyanobacteria* dan *rhodophyta* dapat dibagi menjadi tiga kelas yaitu : fikoeritrin (λ_{maks} ~550-565 nm), fikosianin (λ_{maks} ~610-625 nm), dan allofikosianin (λ_{maks} 650 nm). Jika dilihat dengan mata, fikoeritrin akan terlihat berwarna merah, fikosianin akan terlihat seperti ungu (fikoeritrosianin, R-fikosianin) hingga biru pekat (C-fikosianin), dan allofikosianin terlihat sebagai warna biru sedikit hijau (Cohen, 2003).

Fikobiliprotein memiliki spektrum yang luas untuk aplikasi bioteknologi aktual dan potensial, misalnya dalam bahan nutrisi dan farmasi, industri makanan, kosmetik, penelitian biomedis, dan diagnostik klinis. Fikobiliprotein di *cyanobacteria* terdapat lebih dari 60% dari total fraksi protein selular larut, yang setara dengan hampir 20% dari total berat kering *cyanobacteria* (Soni *et al.*, 2008).

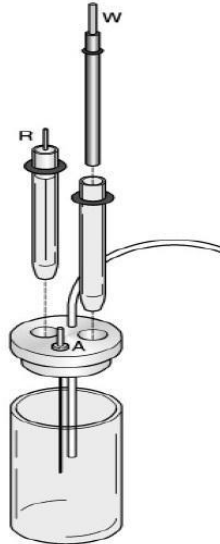
G. Voltammetri Siklik

Teknik voltammetri tidak diragukan lagi merupakan alat yang paling berguna dalam ilmu analitik, terutama untuk studi dalam media berair atau pada kondisi padat spesies elektroaktif. Sebagian besar senyawa kimia dan biokimia dapat direduksi atau teroksidasi, laboratorium penelitian modern biasanya dilengkapi dengan teknik elektrokimia. Namun, metode ini juga dapat digunakan untuk mempelajari kinetika dan termodinamika proses transfer elektron dan ion (Bagotsky, 2005), untuk menyelidiki fenomena adsorpsi yang kemungkinan terjadi di elektroda permukaan dan untuk mempelajari mekanisme reaksi dalam kimia organik atau dalam biokimia (Bard & Faulkner, 2001).

Dalam kebanyakan metode voltammetri, sel elektrokimia diperlukan yang terdiri dari tiga elektroda yaitu :

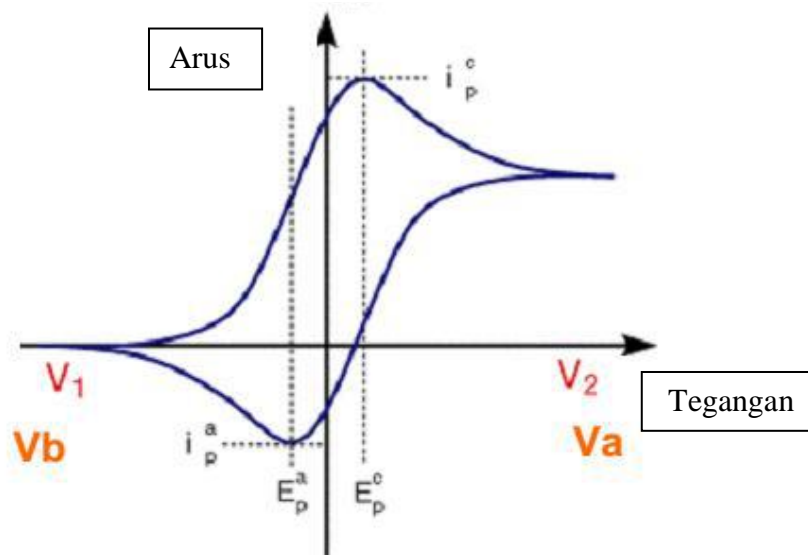
1. Elektroda kerja , di mana reaksi elektrokimia yang melibatkan transfer elektron terjadi.
2. Elektroda pembanding, ditandai dengan potensial konstan dari waktu ke waktu.
3. Elektroda bantu, tempat reaksi balik terhadap apa yang terjadi pada elektroda kerja, hal ini untuk menyeimbangkan muatan total dalam keseluruhan sistem (Gulaboski & Pereira, 2008).

Adapun sel voltametri dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sel Voltametri, W: Elektroda kerja, R : Elektroda pembanding, A : Elektroda bantu (Monk, 2001).

Di antara metode voltametri, voltametri siklik cukup populer dan umumnya digunakan untuk menyelidiki perilaku elektrokimia reaksi redoks (Gulaboski & Pereira, 2008). Arus yang dihasilkan dari potensial direkam dalam voltammogram. Kurva voltammogram ditunjukkan pada Gambar 2, memerlukan suatu instrumen pengukuran yang tepat. Instrumen yang digunakan pada pengukuran ini dinamakan potensiostat (Samuel, 1998).

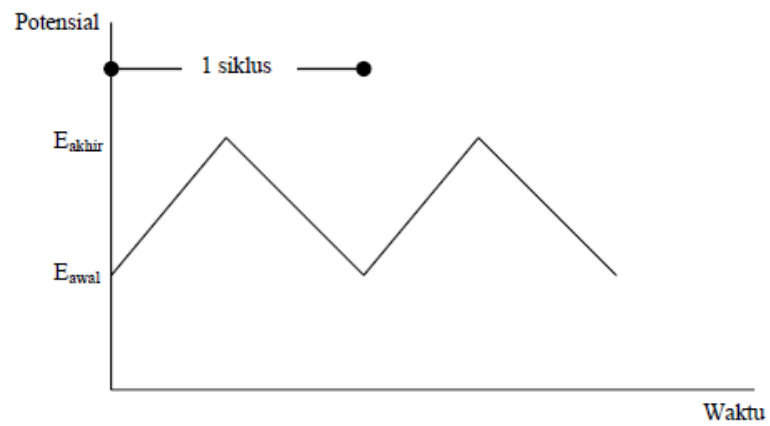


Gambar 2. Kurva voltammogram dari elektroda kimia reversibel, memiliki puncak arus katoda dan puncak arus anoda.

Pengukuran arus listrik pada teknik voltametri siklik dilakukan dengan rentang potensial awal dan akhir yang sama. Potensial diberikan dalam suatu siklus antara dua nilai beda potensial, dengan potensial yang meningkat hingga maksimum kemudian turun secara linier dengan nilai kemiringan yang sama hingga kembali ke potensial awal dan dapat dibalik kembali setelah reaksi berlangsung.

Oleh karena itu, arus katodik dan anodik dapat terukur. Arus katodik merupakan arus yang digunakan pada saat penyapuan dari potensial terbesar menuju potensial terkecil, sementara arus anodik merupakan penyapuan dari potensial terkecil menuju potensial terbesar (Scholz, 2010). Voltametri siklik terdiri dari siklus potensial dari suatu elektroda yang dicelupkan ke dalam larutan yang mengandung spesi elektroaktif dan mengukur arus yang dihasilkan.

Siklus ini akan berulang-ulang dan dicatat sebagai fungsi waktu. Potensial pada elektroda kerja dikontrol oleh elektroda pembanding (perak/perak klorida). Pengontrol potensial yang diterapkan pada dua elektroda dapat dianggap sebagai sinyal eksitasi. Sinyal eksitasi untuk voltametri siklik adalah penyapuan potensial linier dengan gelombang segitiga seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Eksitasi sinyal pada voltametri siklik (Wang, 2001).

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2019- Oktober 2020 di UPT. Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi dan Teknologi Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah autoclave, neraca analitik KERN:ABS 220-4, sonic, *centrifuge Hitachi CF16RX II*, lampu TL (*Tube Light*) 35 Watt, aerator, spektrofotometer UV-Vis (*Carry 50 probe*), voltammeter siklik (eDAQ potensiostat), dan alat alat gelas yaitu labu erlenmeyer, tabung reaksi, gelas kimia, labu takar, gelas ukur, dan pipet ukur.

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air laut salinitas 27 ppt, buffer fosfat pH 7, media F/2 yang terdiri dari: *Trace Metal* (yang terdiri dari H_3BO_3 , $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $Na_2MO_4 \cdot 2H_2O$, $CO(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$), vitamin *Cyanocobalamin* (B12) dan *Thiamin* (B1), $NaSiO_3$, $NaNO_3$, dan $Na_2H_2PO_4$, media efluen biogas industri tapioka, KNO_3 , akuades serta bahan-bahan pendukung seperti tisu, alumunium foil dan sebagainya. Cara pembuatan larutan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 1.

C. Metode Penelitian

1. *Sampling* Efluen Biogas Limbah Tapioka

Efluen yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari CV Semangat Jaya, Negeri katon, Pesawaran. Pengambilan efluen dilakukan dengan cara *grab sampling* (pengambilan sesaat), sebelum masuk ke penampungan limbah. Sampling ini mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 05 Tahun 2014. Efluen diambil sebanyak 10 liter, dimasukkan kedalam derigen sambil disaring dengan kain saringan. Efluen dianalisis dengan menggunakan beberapa parameter yaitu pH, TDS (*Total Dissolved Solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TP-PO₄, dan TN (*Total Nitrate*).

2. Persiapan Media Pertumbuhan

Media yang digunakan untuk kultivasi mikroalga dalam penelitian ini yaitu media f/2 (Andersen, 2005) dan MEBIT (Media Efluen Biogas Industri Tapioka). Pada pembuatan media f/2 2000 mL, bahan- bahan seperti *trace metal*, NaSiO₃, NaNO₃, dan Na₂H₂PO₄ masing-masing 1 mL/L. Sebanyak 2 mL dari masing-masing bahan dicampurkan kedalam 2000 mL air laut yang sudah disterilkan dengan autoclave pada suhu 121°C selama 15 menit, Sterilisasi ini mengacu pada Andersen, (2005). Cara pembuatan larutan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 2.

Pembuatan MEBIT, diawali dengan mengambil efluen sebanyak 1000 mL Nutrisi pada MEBIT berupa larutan pupuk ZA (*Amonium Sulfat*), TSP (*Triple Super Phosphate*) dan Urea ditambahkan masing-masing 1mL/L, selanjutnya ditambahkan air laut steril dan ditepatkan sampai volume 2000 mL.

3. Kultivasi mikroalga

Erlenmeyer berukuran 2000 mL yang telah terisi media f/2 disiapkan, lalu inokulum *P. cruentum* dimasukkan dengan kepadatan sel $3,4 \times 10^{-6}$ g/L dan perbandingan 1 : 9 (1 bibit mikroalga dan 9 media pertumbuhan). Hal yang sama juga dilakukan pada kultur menggunakan MEBIT. Erlenmeyer ukuran 2000 mL yang terisi 25% MEBIT disiapkan, lalu dimasukkan bibit *P. cruentum*. Nutrien berupa pupuk pertanian meliputi TSP (10 ppm) Urea (20 ppm), dan Za (30 ppm) ditambahkan pada media MEBIT. Larutan pupuk masing-masing ditambahkan sebanyak 1 mL untuk 1 liter volume kultur (Hermawan, 2016).

Selang yang sudah dibersihkan menggunakan alkohol dipasang dengan aerator, dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan diatur aerasinya, lalu ditutup menggunakan sumbat kapas berbalut kain kasa dan diberi pencahayaan selama 24 jam.

4. Pemanenan

Biomassa mikroalga dipanen dengan metode sentrifugasi. Sampel ditempatkan pada tabung falcon kemudian disentrifugasi pada kecepatan 6000 rpm selama 5 menit pada suhu 10°C (Harun *et al.*, 2010). Hasil sentrifugasi berupa pelet (biomassa mikroalga) dan supernatan (larutan yang bening). Larutan bening dipisahkan dari pelet, sehingga dihasilkan biomassa mikroalga yang berupa padatan.

5. Ekstraksi

Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan pelarut 0,1 M buffer fosfat pH 7. Pertama-tama pelet dari mikroalga yang telah dipanen, ditambah buffer fosfat pH 7, kemudian disonifikasi untuk memecah dinding sel, dan disentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 5 menit dan suhu 10°C (Harun *et al.*, 2010). Supernatan hasil sentrifugasi lalu dimurnikan menggunakan kromatografi kolom hidroksiapetit.

6. Pemurnian Fikobiliprotein Menggunakan Kromatografi Kolom Hidroksiapetit

Pemurnian ekstrak fikobiliprotein dilakukan dengan menggunakan kolom hidroksiapetit. Sebanyak 40 gram hidroksiapetit dimasukkan ke dalam kolom plastik dan dihubungkan dengan peralatan MPLC Buchi dengan UV photometer C-640, control unit C-620, fraction collection collector C-660, pump module C-605. Pemurnian fikobiliprotein dilakukan dengan menggunakan fase gerak campuran 30 mL NaCl dan 90 mL larutan buffer fosfat pH 7 (Na_2HPO_4 dan NaH_2PO_4). Kecepatan aliran fase gerak diatur 20 ml/menit selama 3 menit dan dielusi secara gradient.

7. Karakterisasi Fikobiliprotein

Karakterisasi fikobiliprotein yang telah dimurnikan dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS Carry 50 pada panjang gelombang 200-800 nm. Untuk mengetahui rasio tingkat kemurnian fikobiliprotein yang diperoleh ditentukan berdasarkan perbandingan serapan sebagai berikut:

Fikobiliprotein = A_{620}/A_{280}

Fikoeretrin = A_{565}/A_{280}

8. Pengukuran Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode Voltammetri Siklik

a. Voltammetri

Larutan blangko yang digunakan adalah buffer fosfat pH 7. Alat potensiostat (eDaQ Potentiostat) yang merupakan alat voltammeter yang dilengkapi dengan sambungan USB yang dapat terhubung pada komputer untuk melihat grafik oksidasi dan reduksi. Alat ini juga dilengkapi dengan tiga elektroda yaitu, elektroda kerja (Au), elektroda pembanding (Ag/AgCl) dan elektroda bantu (Pt). Sel elektrokimia yang digunakan bervolume 2,5 mL untuk larutan kerja yang akan diuji aktivitas antioksidannya

b. Pengukuran Aktivitas Antioksidan

Elektroda kerja (Au), elektroda pembanding (Ag/AgCl) dan elektroda bantu (Pt) dihubungkan pada konektor potensiostat yang sesuai, yaitu elektroda kerja dihubungkan pada kabel berwarna hijau, elektroda pembanding dihubungkan pada kabel berwarna kuning, dan elektroda bantu yaitu Platina dihubungkan pada kabel berwarna merah. Potensiostat dan komputer yang terhubung dengan alat tersebut dihidupkan dan dijalankan *software* Echem V21.0 yang mengontrol proses analisis voltammetri.

Larutan pertama dalam proses analisis ini adalah larutan blangko yaitu pelarut buffer fosfat pH 7 sebanyak 2 mL dimasukkan ke dalam sel elektrokimia. Pengukuran larutan blangko tanpa oksigen akan menghasilkan arus yang dinyatakan sebagai nilai arus residual (*I*_{res}). Pengukuran larutan blangko yang mengandung oksigen akan menghasilkan arus yang dinyatakan sebagai nilai limit arus oksigen (*I*_{or}). Perlakuan yang sama dilakukan pada larutan ekstrak fikobiliprotein. Perubahan yang terjadi diamati pada profil voltammogram yang dihasilkan. Setiap dilakukan pengukuran, elektroda dibilas dengan akuades.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu, sebagai berikut:

1. *P. cruentum* dapat tumbuh pada MEBIT sebagai pengganti media standar. Berdasarkan hasil uji T pada penggunaan kedua media pertumbuhan menunjukkan bahwa penggunaan MEBIT memiliki pengaruh signifikan yang baik terhadap pertumbuhan *P. cruentum* dibandingkan dengan media standar $f/2$ ($P < 0,05$).
2. Hasil identifikasi ekstrak kasar maupun murni dari fikobiliprotein muncul serapan pada 546 dan 280 nm dengan kemurnian fikoeretrin sebesar 17,20 lebih tinggi dibandingkan dengan kemurnian ekstrak kasar fikobiliprotein sebesar 2,57.
3. Voltammogram dari *P. cruentum* menunjukkan adanya aktivitas antioksidan, yang terlihat pada puncak anodik dan katodik yang menggambarkan mekanisme irreversibel pada proses redoks dari fikobiliprotein.
4. Voltammogram pigmen murni fikoeretrin dan ekstrak kasar fikobiliprotein dari *P. cruentum* diperoleh Epa pada +1,1 V, yang menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan yang diperoleh tidak signifikan. Berdasarkan literatur menyatakan bahwa senyawa dengan Epa tinggi bertindak sebagai prooksidan/ tidak menghambat proses terjadinya oksidasi.

B. Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah perlu adanya analisis lanjutan pada reduksi oksigen, untuk mengetahui koefisien aktivitas antioksidan dari fikobiliprotein.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, D., Rodonuwu, F.S., and Zinuri, M. 2010. *Analysis of Photosynthetic Pigments and Proximate Content At Porphyridum cruentum*. Proceeding of Natural Pigments Conference For South East Asia. Malang. 231-237.
- Akgedik, R., Aytakin, I., Kurt, A.B., and Eren, D.C. 2016. Recurrent Pneumonia Due To Olive Aspiration In A Healthy Adult: a Case Report. *The Clinical Respiratory Journal*. **10**: 809-10.
- Andersen, O., and Markham, K.R. 2005. *Flavonoid Chemistry, Biochemistry and Applications*. Taylor and Francis Group. New York.
- Ariede, M.B., Candido, T.M., Jacome, A.L.M., Velasco, M.V.R., Carvalho, J.C.M., and Baby, A.R. 2017. Cosmetic Attributes of algae. *Algal Research*. **25**: 483-487.
- Asiedu, A., Ben, S., Resurreccion, E., and Kumar, S. 2017. Techno-Economic Analysis Of Protein Concentrate Produced By Flash Hydrolysis Of Microalgae. *Sustain Energy*. **37**: 881-890.
- Azimatum, N.M.M. 2014. Potensi Mikroalga sebagai Sumber Pangan Fungsional di Indonesia (Overview). *Jurnal Eksergi*. **11** (2): 01-06.
- Bagotsky, V.S. 2005. *Fundamentals Of Electrochemistry (2nd Edition)*. Wiley, Inc. New York. **1**: 1-10.
- Bard, A.J., and Faulkner, L.R. 2001. *Electrochemical methods: Fundamentals and applications (2nd Edition)*. John Wiley and Sons, Inc. New York.

- Borowitzka, M.A., and Moheimani, N.R. 2013. *Algae for Biofuel and Energy* Springer. New York. 17-28.
- Chisti, Y. 2007. Biodiesel From Microalgae. *Biotechnology Advances. Journal Of Chemistry*. **25**: 294-306.
- Simic, A., Dragan, M., Dejan, S., and Marija, T. 2007. *Electrochemical Behavior and Antioxidant and Prooxidant Activity of Natural Phenolics*. University of Belgrade. Serbia.
- Charrier, B., Wichard, T., Reddy, C. R. K. 2018. *Protocols For Mikroalgae Research 1st Edition*. CRC Press. Taylor and Francis Group.
- Chen, C.Y., Yeh, K.L., Aisyah, R., Lee, D.J., and Chang, J.S. 2011. Cultivation, Photobioreactor Design And Harvesting Of Microalgae For Biodiesel Production: A Critical Review. *Bioresource Of Technology*. **102**: 71-81.
- Cohen, Z. 2003. *Chemicals From Microalgae*. Taylor and Francis. Israel.
- Dalimartha, S., dan Soediby, M. 1999. Awet Muda Dengan Tumbuhan Obat dan Diet Suplemen. Trubus Agriwidya. Jakarta.
- Dimas, A.P., Istirokhatun, T., dan Praharyawan, S. 2017. Pemanfaatan Air Lindi TPA Jatibarang Sebagai Media Alternatif Kultivasi Mikroalga Untuk Perolehan Lipid. *Jurnal Teknik Lingkungan*. **6**: 1-15.
- Dumay, J., Nguyen, H. P. T., Morancais, M., and Fleurence, J. 2015. *Natural Products From Marine Algae : Methods and Protocols*. Humana Press. 109-117.
- Enciso, P., Michael, W., and María, F. 2018. *Photovoltaic Cells Based on The Use Of Natural Pigments: Phycoerythrin From Red-Antarctic Algae As Sensitizers For DSSC*. Laboratorium de Biomateriales. University de la Repúblersuica. Uruguay.
- Fuentes, R.A., Fernandez., and Perez, J.A. 2000. Biomass Nutrient Profiles of The Microalgae *Porphyridium cruentum*. *Journal of Food Chemistry*. 345-353.

- Gulaboski, R., and Pereira, C.M. 2008. *Electroanalytical Techniques and Instrumentation In Food Analysis: Handbook of food analysis instruments, Semih Ottles*. Taylor & Francis. 379-402.
- Harun, R., Danquah, M.K., and Forde, G.M. 2010. Microalgal Biomass As a Fermentation Feedstock For Bioethanol Production. *Journal Of Chemistry Biotechnology*. **85**: 199-203.
- Hasanah, U. 2011. *Mikrobiologi Makanan*. Universitas Medan. Medan.
- Karseno, I., Handayani, R., and Setyawati. 2013. Antioxidant Activity and Stability of Pigmen Extracted from Algae *Oscillatoria sp.* *Journal of Agritechnology*. **33**: 4.
- Kawaroe, M., Prariono, T., Sunuddin, A., dan Sari, S.W. 2010. *Mikroalga: Potensi dan Pemanfaatannya Untuk Produksi Bio Bahan Bakar*. PT. Penerbit IPB Press. Bogor.
- Liu, A.R., Chen, S.C., Lin, X.M., Wu, S.Y., Xu, T., Cai, F.M., and Raesh J. 2010. Endophytic Pestalotiopsis species sp. Associated with plants of Palmae, Rhizophoraceae, Planchonellae and Podocarpaceae in Hainan. China. *Journal Of Microbiologi*. **4**: 2661-2669.
- Madhavi, D. L., Deshpande, S. S., and Salunkhe, D. K. 1995. *Food Antioxidants: Technological, Toxicological, and Health Perspectives*. USA. Marcel Dekker, Inc.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., and Parker, J. 2009. *Biology of Microorganism. 12th edition*. New York. Pretice Hall International.
- Manirafasha, E.A., Ndikubwimana, T., Zengb X., Lua, Y. And Jing, K. 2016. Phycobiliprotein: Potential Microalgae Derived Pharmaceutical and Biological Reagent. *Biochemical Engineering Journal*. **109**: 282-296.
- Markou G., and Georgakakis, D. 2011. Cultivation of Filamentous Cyanobacteria (Blue Green Algae) in AgroIndustrial Wastes and Wastewaters..*Applied Energi*. **88**: 3389 - 3401.

- Masojidek, J., Koblizek, M., and Torzillo, G. 2004. *Photosynthesis in Microalgae in: A. Richmond (Ed). Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. Blakwell Science Ltd. Iowa.
- Mata, T.M., Martins, A.A., and Caetano, N.S. 2010. Microalgae For Biodiesel Production And Other Applications. *Sustain Energy Journal*. **14**: 217-232.
- Matos, A.P. 2017. The Impact Of Microalgae In Food Science And Technology. *Oil Chemistry Journal*. **94**: 1333-1350.
- Monk, P. M. S. 2001. *Fundamentals of Electroanalytical Chemistry*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. 156-166.
- Niu, J.F., Guance, W., Cheng, K. T. 2006. Method for large-scale isolation and purification of R-phycoerythrin from red *Polysiphonia urceolata* Grev. *Protein Expression and Purification journal*. 23-31.
- Pokorny, J., Yanishleva, N., and Gordon, M. 2001. *Antioxidant in Food*. Woodhead Publishing Ltd. England.
- Praksh, D., Suri, S., Upadhyav, G., and Singh, B. N. 2007. Total Phenol Antioxidant And Free Radical Scaveging Actities Of Some Medical Plants. *Journal Food Science Nutrition*. **58**(1): 18-28.
- Pugalndren, S., Sarangam, B., and Rengasamy, R. 2012. Extraction of R-Phycoerythrin from *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex Silva and analyses of its physico-chemical properties. *Youth Education and Research Trust*. India. **1** (7): 407-411.
- Rafaelina, M., Rustam, Y., dan Amini, S. 2016. Pertumbuhan dan Aktivitas Mikroalga *Porphyridium Cruentum* dan *Chlorella sp.* Jurusan Biologi FMIPA UNJ. Jakarta.
- Reynertson, K. A. 2007. *Phytochemical Analysis of Bioactive Constituents from Edible Myrtaceae Fruit*. The City University of New York. New York.

- Ribeiro-Rodrigues, L.H., Arenzon, M.T., Raya, R., and Fontoura, N.F. 2011. Algal density assessed by spectrophotometry: a calibration curve for the unicellular algae *Pseudokirchneriella subcapitata*. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*. **3**(8): 225-228.
- Riyanti, F., P. Lukitowati dan Afrilianza. 2010. Proses Klorinasi Untuk Menurunkan Kandungan Sianida dan Nilai KOK Pada Limbah Cair Tepung Tapioka. *Jurnal Penelitian Sains* 13(3): 34-39.
- Rohman, A., and Riyanto, S. 2006. Aktivitas Antiradikal Bebas Ekstrak Kloroform Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia*, L.) dan Fraksi-Fraksinya. *Journal Artocarpus*. **6**(1): 39.
- Scholz, F. 2010. *Electroanalytical Methods Guide to Experiments and Applications*. 2th edition. Heidelberg (DE): Springer.
- Setyaningsih, I., Ella, S., dan Dwi, A. R. 2013. *Komposisi Kimia dan Aktivitas Antihiperlipidemik Biomassa Dan Polisakarida Ekstraseluler Dari Mikroalga Porphyridium Cruentum*. Departemen Teknologi Hasil Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor.
- Soeksmanto, A., Hapsari, Y., dan Simanjuntak, P. 2007. Kandungan Antioksidan pada Beberapa Bagian Tanaman Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa*). *Jurnal Biodiversitas*.**8**(2): 92-95.
- Soni, B., Trivedi, U., and Madamwar, D. 2008. A Novel Method For Single Step Hydrophobic Interaction Chromatography For The Purification of Phycocyanin From Phormidium Fragile and Its Characterization For Antioxidant Property. *Bioresourch Technology*. **99**: 188-94.
- Sumiyati. 2009. Kualitas Nata de Cassava Limbah Cair Tapioka dengan Penambahan Gula Pasir dan Lama Fermentasi yang Berbeda. (*Skripsi*). Surakarta. Universitas Muhammadiyah.
- Teow, C.C., Truong, V.D., Feeters, M., Roger, F., Thompson, R., Pecota, K., Yencho, G., and Craig. 2006. Antioxidant activities, Phenolic and B-Carotene Contents Of Sweet Potato Genotypes With Varying Flesh Colours. *Food Chemistry Journal*. **103**: 829-838.

- Vaya, J., dan Aviram, M. 2001. Nutritional Antioxidants: Mechanisms of Action, Analyses of Activities and Medical Applications. *Journal Medical Chemistry*. **1** (1).
- Vonshak. 1988. *Porphyridium*. In *Macro-Algae Biotechnology*. Ed. Borowitzka MA and Borowitzka LJ. Cambridge : University Press. 477 hlm.
- Wang, J. 2001. *Analytical Electrochemistry Second Edition*. John Wiley & Sons. Inc. New York.
- Widjaja, A. 2009. Lipid Production From Microalgae As A Promising Candidate For Biodiesel Production. *Journal Makara Teknologi*. **13**(1): 47 – 51
- Wikanta, T., Januar, H.D., dan Nursed, M. 2005. Uji Aktivitas Antioksidan, Toksisitas dan Sitotoksisitas Ekstrak Alga Merah Rhodymenia Palmate. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 12-25.
- Winarsi, H. 2007. *Antioksidan Alami Dan Radikal Bebas Potensi dan Aplikasinya Dalam Kesehatan*. Yogyakarta. Kanisius.
- Winarsi, H. 2011. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Kanisius. Yogyakarta. 71-76.
- Windono, T., Soediman, S., Yudawati, U., Ermawati, E., Srielita, A., dan Erowati, T. L. 2001. Uji Peredam Radikal Bebas Terhadap 1,1- Diphenyl-2-Picrylhydrazil (DPPH) dari Ekstrak Kulit Buah dan Biji Anggur (*Vitisvinifera L.*). Probolinggo Biru dan Bali. *Artocarpus*. **1**(1).
- Zoski, C.G. 2007. *Handbook of Electrochemistry*. Oxford. Elsevier.