EKSTRAKSI KLOROFILID DARI DAUN SUJI (*Pleomele angustifolia*) DAN APLIKASINYA SEBAGAI FOTOSENSITIZER DALAM FOTOREDUKSI ION Fe(III)

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat

untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Kimia

oleh

Mursalina Mulyasari

4311412067

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

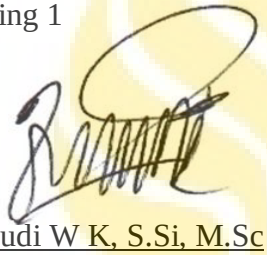
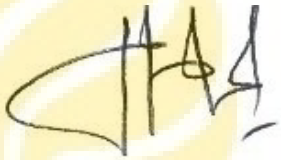
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2016

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Juli 2016

Pembimbing 1	Pembimbing 2
	
Samuel Budi W K, S.Si, M.Sc	Triastuti Sulistyaningsih, S.Si, M.Si
NIP.198204182006041002	NIP.197704112005012014

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
2. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguh-sungguhnya dan apabila dikemudian terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, Juli 2016

Mursalina Mulyasari

4311412067

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Ekstraksi Klorofilid Dari Daun Suji (*Pleomele angustifolia*) Dan Aplikasinya Sebagai Fotosensitizer Dalam Fotoreduksi Ion Fe(III)

disusun oleh

Mursalina Mulyasari

4311412067

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 28 Juli 2016.

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Penguji

Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si, Akt
NIP.196412231988031001

Sekretaris Penguji

Dr.Nanik Wijayanti, M.Si
NIP.196910231996032002

Penguji 1

Harjono, S.Pd, M.Si
NIP.197711162005011001

Penguji 2

Dr.Triastuti Sulistyaningsih, S.Si, M.Si
NIP.197704112005012014

Penguji 3

Samuel Budi W K, S.Si, M.Sc
NIP.198204182006041002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Keberhasilan adalah kerja keras

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka mengubah diri mereka sendiri

(Q.S. Ar-Ra'd:11)

PERSEMBAHAN

Untuk kedua orang tua tercinta, Bapak Suharno dan Ibu Sukartini, yang selalu mendoakan, mendukung dan memberi motivasi.

Untuk adikku, Januar Fitriana, yang selalu mendoakan dan mendukungku.

Untuk keluarga besar tercinta yang selalu mendoakan dan mendukungku.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Ekstraksi Klorofilid Dari Daun Suji (*Pleomele angustifolia*) Dan Aplikasinya Sebagai Fotosensitizer Dalam Fotoreduksi Ion Fe(III). Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat meraih gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, semoga mendapatkan syafaat-Nya di hari akhir nanti.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan beragai pihak. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., selaku Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si, Akt., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
3. Dr. Nanik Wijayati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
4. Samuel Budi Wardhana Kusuma, S.Si, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
5. Dr.Triastuti Sulistyaningsih, S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.

6. Harjono, S.Pd, M.Si., selaku penguji yang telah memberikan masukan pada penulis dalam menyusun skripsi ini.
7. Bapak dan ibu dosen Jurusan Kimia, yang telah memberikan bimbingan dan ilmu kepada penulis selama menempuh pendidikan.
8. Bapak dan ibu teknisi Laboratorium Kimia Universitas negeri Semarang yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.
9. Teman-teman mahasiswa Program Studi Kimia UNNES angkatan 2012, yang selalu memberi semangat, berbagi rasa dalam suka dan duka, dan kerja samanya dalam menempuh studi.
10. Teman-teman kos AW, PKL Perhutani Semarang dan KKN Jatibarang yang selalu mendukung dan memberi semangat.
11. Semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan para pembaca. Terima kasih.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Semarang, Juli 2016

Penulis

ABSTRAK

Mulyasari, M. 2016. *Ekstraksi Klorofilid Dari Daun Suji (Pleomele angustifolia) Dan Aplikasinya Sebagai Fotosensitizer Dalam Fotoreduksi Ion Fe(III)*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Samuel Budi Wardhana Kusuma, S.Si, M.Sc dan Pembimbing Pendamping Dr.Triastuti Sulistyaningsih, S.Si, M.Si.

Kata kunci: klorofilid, daun suji, Fe(III), fotoreduksi

Telah dilakukan penelitian ekstraksi klorofilid dari daun suji yang diaplikasikan sebagai fotosensitizer dalam fotoreduksi Fe(III). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui aktifitas fotosensitizer klorofilid terhadap fotoreduksi Fe(III) meliputi optimasi pH, lama penyinaran dan konsentrasi fotosensitizer klorofilid. Ekstraksi klorofilid dilakukan menggunakan cara maserasi yaitu merendam daun suji dalam campuran pelarut aseton 80% dan polioksietilen sorbitan monoleat 1% pada temperatur 40°C selama 2 jam. Ekstrak klorofilid diuji karakteristiknya menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan HPLC. Dilanjutkan dengan uji aktivitas fotosensitizer klorofilid terhadap fotoreduksi Fe(III) dilakukan dengan mengomplekskan sampel menjadi $[Fe(C_{10}H_8N_2)_3]^{2+}$ yang berwarna jingga. Kadar klorofilid yang terbentuk dari ektrak daun suji sebesar 60,86 ppm yang diukur menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Hasil aktivitas fotoreduksi ion Fe(III) menunjukkan bahwa klorofilid bersifat reduktor dan hasil maksimal pada pH 6 selama 10 menit dengan persentase ion Fe(III) tereduksi sebesar 57,56% yang diperoleh dengan penambahan 0,2 ml ekstrak daun suji.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRACT

Mulyasari, M. 2016. The Extraction Of Chlorophyllide From Leaves Suji (Pleomele angustifolia) And Its Application For Photosensitizers In Fotoreduksi Ion Fe (III). Skripsi, Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Semarang. Supervisor I: Samuel Budi Kusuma Ward, S.Si, M.Sc and Supervisor II: Dr.Triastuti Sulistyaningsih, S.Si, M.Sc.

Keywords: Chlorophyllide, leaves suji, Fe(III), photoreduction

This research is the extraction chlorophyllide suji leaf applied as a photosensitizer in photoreduction Fe(III). The purpose of this study was to determine the activity of photosensitizers chlorophyllide against photoreduction Fe(III). Extraction chlorophyllideis using maceration suji leaves soak in a mixture of acetone 80% and polyoxyethylene sorbitan monoleat 1% at 40°C temperature for 2 hours. The characterization chlorophyllide extract using UV-Vis spectrophotometer and HPLC. Photosensitizer chlorophyllide activity test against photoreduction Fe(III) conducted with a sample formed to do with the complexed sample into $[Fe(C_{10}H_8N_2)_3]^{2+}$be orange. The results were obtained chlorophyllide levels are formed from suji leaf extract amounted to 60.86 ppm measured using UV-Vis spectrophotometry. The results of the activity of ion photoreduction Fe (III) show that chlorophyllide is a reductant and reaches a maximum at pH 6 for 10 minutes with the addition of 0.2 ml klorofilid. Percentage ion Fe (III) reduced by 57.56%.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
PERSETUJUAN SIDANG ii
PERNYATAAN KEASLIAN iii
PENGESAHAN iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN v
KATA PENGANTAR vi
ABSTRAK viii
ABSTRACT ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB
1. PENDAHULUAN 1
   1.1 Latar Belakang 1
   1.2 Rumusan Masalah 3
   1.3 Tujuan 3
   1.4 Manfaat 4
2. TINJAUAN PENELITIAN 5
   2.1 Daun Suji 5
   2.2 Klorofil 7
   2.3 Klorofilid 9
   2.4 Enzim Klorofilase 10
   2.5 Polioksietilen sorbitan monoleat (Tween 80) 11
   2.6 Fotosensitizer 12
   2.7 Logam Berat 14
   2.8 Besi (Fe) 15
   2.9 Ekstraksi 18
   2.10 Fotoreduksi 19

2.11 Karakteristik klorofilid 19
3. METODE PENELITIAN 22
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian 22
3.2 Variabel Penelitian 22
3.2.1 Variabel Bebas 22
3.2.2 Variabel Terikat 22
3.2.3 Variabel Kontrol 22
3.3 Alat dan Bahan 22
3.4 Prosedur Penelitian 23
3.4.1 Preparasi Klorofilid 23
3.4.1.1 Ekstraksi Klorofilid 23
3.4.1.2 Pemisahan Klorofil Larut Air 24
3.4.2 Uji Aktivitas Klorofilid terhadap Fotoreduksi Fe(III) menjadi Fe(II) 24
3.4.2.1 Penentuan pH Optimum Larutan Fe(III) dalam Fotoreduksi Menggunakan Fotosensitizer Klorofilid 24
3.4.2.2 Optimasi Lama Penyinaran Fotoreduksi Fe(III) dengan Fotosensitizer Klorofilid 25
3.4.2.3 Penentuan Konsentrasi Optimum Fotosensitizer pada Fotoreduksi Fe(III) 25
3.4.2.4 Penetapan Fe(III) tereduksi dengan Pengompleks 2,2 Bipiridin 25
3.4.3 Analisis Data 26
4. HASIL DAN PEMBAHASAN 27
3.5 Ekstraksi Klorofilid dari Daun Suji 27
3.6 Karakteristik Hasil Ekstraksi Daun Suji 29
3.6.1 Spektrum Absorbansi (UV-Vis) dari Ekstrak Daun Suji 29
3.6.2 Analisis HPLC-Vis dari Ekstrak Daun Suji 32
3.7 Uji Aktivitas Klorofilid terhadap Fotoreduksi Fe(III) 34

3.7.1 Penentuan pH Optimum Larutan Fe(III) dalam Fotoreduks Fe(III) dengan Fotosensitizer Klorofilid 34
3.7.2 Optimasi Lama Penyinaran Fotoreduksi Fe(III) dengan Fotosensitizer Klorofilid 37
3.7.3 Penentuan Konsentrasi Optimum Fotosensitizer pada Fotoreduksi Fe(III) 38
3.7.4 Mekanisme Fotosensitizer Klorofilid dalam Fotoreduksi Fe(III) 39
4. PENUTUP 42
4.1 Simpulan 42
4.2 Saran 42
DAFTAR PUSTAKA 43
LAMPIRAN 46

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Panjang Gelombang, Warna yang Diserap, dan Warna Komplementer Spektrofotometer UV-Vis 20

Tabel 4.1. Puncak Absorbansi Larutan Klorofilid dari Daun Suji dengan Pelarut Aseton 80% 30

Tabel 4.2. Puncak Absorbansi Larutan Klorofilid dari Daun Suji dengan Pelarut Air 31

Tabel 4.3. Review Spektrum Absorpsi Klorofilid HPLC-Vis 32

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Daun Suji (*Pleomele angustifolia*) 5

Gambar 2.2. Struktur Klorofil 8

Gambar 2.3. Reaksi Pembentukan Klorofilid 10

Gambar 2.4. Rumus Struktur Polioksietilen sorbitan monoleat 12

Gambar 2.5. Spektrum Serapan Klorofil a dan b 13

Gambar 2.6. Kurva Spesiasi Fe pada Berbagai pH 16

Gambar 2.7. Ekstraksi Padat-Cair 18

Gambar 2.8. Spektrum Absorbansi Klorofilid 20

Gambar 2.9. Kromatogram Klorofilid dari Daun Bayam Menggunakan HPLC-Vis 21

Gambar 4.1. Supernatan Ekstrak Hasil Sentrifugasi 28

Gambar 4.2. Spektrum Absorbansi (UV-Vis) Larutan Klorofilid dari Daun Suji Menggunakan Pelarut Aseton 80% 29

Gambar 4.3. Spektrum Absorbansi (UV-Vis) Larutan Klorofilid dari Daun Suji Menggunakan Pelarut Air 31

Gambar 4.4. Kromatogram HPLC-Vis dari Ekstrak Daun Suji dengan Pelarut Aseton 80% 33

Gambar 4.5. Larutan Fe(III) Sebelum dan Sesudah Perlakuan 34

Gambar 4.6. Hubungan antara pH terhadap %Fe(III) Tereduksi 35

Gambar 4.7. Endapan $Fe(OH)_3$ pada pH 7 dan 8 36

Gambar 4.8. Hubungan antara Waktu Reaksi terhadap %Fe(III) Tereduksi 37

Gambar 4.9. Hubungan antara Rasio [klorofilid] / $[Fe^{3+}]$ terhadap %Fe(III) Tereduksi 39

Gambar 4.10. Fotoeksitasi Elektron pada Klorofilid dari Keadaan Dasar ke Keadaan Tereksitasi 40

Gambar 4.11. Mekanisme Perpindahan Elektron pada Fotosensitizer Klorofilid dalam Fotoreduksi Fe(III) 41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Penelitian 46

Lampiran 2. Spektrum Absorbansi (UV-Vis) dari Larutan Klorofilid dari Daun Suji dengan Pelarut Aseton 80% 54

Lampiran 3. Spektrum Absorbsi Ekstrak Daun Suji dengan Pelarut Aseton 80% Pada Fase Gerak HPLC-Vis 55

Lampiran 4. Panjang Gelombang Larutan $(NH_4)_2Fe(SO_4)_3.6H_2O$ 56

Lampiran 5. Kurva Kalibrasi Larutan $(NH_4)_2Fe(SO_4)_3.6H_2O$ 57

Lampiran 6. Panjang Gelombang Maksimum Larutan $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$. 58

Lampiran 7. Kurva Kalibrasi Larutan $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$ 59

Lampiran 8. Hasil Penentuan pH Optimum Larutan Fe(III) dalam Fotoreduksi Menggunakan Fotosensitizer Klorofilid 60

Lampiran 9. Hasil Penentuan pH Optimum Larutan Fe(III) dalam Fotoreduksi Tanpa Menggunakan Fotosensitizer Klorofilid 60

Lampiran 10. Hasil Penentuan Lama Penyinaran Optimum Fotoreduksi Fe(III) dengan Fotosensitizer Klorofilid 60

Lampiran 11. Hasil Penentuan Lama Penyinaran Optimum Fotoreduksi Fe(III) dengan Fotosensitizer Klorofilid (Tanpa Sinar Matahari) 61

Lampiran 12. Hasil Penentuan Konsentrasi Optimum Fotosensitizer Klorofilid dalam Fotoreduksi Fe(III) 61

Lampiran 13. Perhitungan Kadar Klorofilid 61

Lampiran 14. Perhitungan Fotoreduksi Fe(III) 61

Lampiran 15. Uji Banding Dua Sampel Terhadap Pengaruh Penambahan Fotosensitizer Klorofilid Menggunakan SPSS 62

Lampiran 16. Uji Banding Dua Sampel Terhadap Pengaruh Penyinaran Sinar Matahari Menggunakan SPSS 62

Lampiran 17. Dokumentasi Penelitian 63

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia mempunyai ketersediaan sumber-sumber klorofil yang sangat melimpah dan penyinaran matahari yang diterima oleh permukaan bumi yang lebih dari enam jam sehari atau sekitar 2.400 jam dalam setahun dengan intensitas mencapai 3.10^{24} joule (Arrohmah,2007). Serta lebih dari 200.000 jenis tumbuhan yang tersebar di seluruh Indonesia. Sebagian besar tumbuhan mengandung klorofil yang dapat menyerap energi foton dari sinar matahari secara maksimal.

Pada prinsipnya ketika molekul klorofil dan turunannya disinari cahaya, maka elektron-elektron dari molekul tersebut akan tereksitasi yang memiliki energi yang besarnya sama dengan selisih antara energi dasar dan tingkat energi eksitasinya. Tanaman menggunakan gerakan elektron ini untuk memberi tenaga pada waktu terjadi proses fotosintesis. Banyak tanaman yang terkenal kaya dengan klorofil, salah satunya adalah daun suji (*Pleomele angustifolia*). Limantara (2005) menyatakan bahwa tanaman suku euphorbiaceae, liliaceae, apocynaceae, achanthaceae, dan araliaceae adalah 5 tanaman yang mempunyai kandungan klorofil tertinggi dari 17 tanaman yang diteliti.

Pada umumnya, klorofil dimanfaatkan sebagai suplemen makanan, pewarna alami, fotosensitizer dalam terapi antikanker, fotooksidasi senyawa organik dan lain-lain. Fotosensitizer adalah suatu substansi yang dapat menyerap energi cahaya dan mentransfer kelebihan energinya ke oksigen tripet untuk membentuk

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

oksigen singlet dan kemudian akan bereaksi secara langsung dengan senyawa yang kaya elektron (Suryanto, 2008).

Klorofil dan turunannya mempunyai nilai koefisien ekstingsi molar yang besar pada daerah Q (500 nm sampai 700 nm). Hal tersebut menunjukkan bahwa klorofil dan senyawa turunannya lebih baik jika digunakan sebagai fotosensitizer karena memiliki panjang gelombang seperti sinar tampak (Djalil, 2010). Salah satu turunan klorofil adalah klorofilid. Klorofilid lebih stabil daripada klorofil. Perubahan klorofilid relatif lebih sulit menjadi feoforbid daripada klorofil menjadi feofitin. Serta klorofilid mempunyai aktivitas menangkap radikal bebas yang lebih tinggi dibandingkan dengan klorofil yang masih mengandung gugus fitol (Ferruzzi, 2002). Belum banyak penelitian tentang klorofil dan turunannnya sebagai fotosensitizer dalam fotoreduksi ion logam.

Salah satu cemaran logam berat essensial adalah besi. Logam besi dalam konsentrasi lebih dari 1 ppm bersifat toksik. Limbah yang mengandung besi pada umumnya berasal dari limbah industri maupun limbah rumah tangga. Menurut Rorong (2014), unsur besi adalah unsur hara mikro yang harus tersedia di tanah dan sangat esensial untuk tanaman. Unsur besi memegang peranan penting dalam sistem enzimatik pada sintesis klorofil. Defisiensi besi akan menimbulkan gejala klorosis pada daun tanaman yaitu daun akan berwarna kuning terang dan terlihat pada daun muda serta berpengaruh pada urat daun (Foth, 1984 ; dalam Rorong, 2014). Pada umumnya tanaman mengambil besi dari alam dalam bentuk Fe(II). Tetapi ketersediaan besi di alam dalam bentuk ion Fe(III), karena itu ion Fe(III) harus direduksi terlebih dahulu menjadi Fe(II) (Rorong, 2014)

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Beberapa metode yang digunakan untuk mengatasi cemaran logam Fe(III) antara lain reaksi pengendapan, reaksi enzimatik, reaksi absorbsi, dan reaksi fotoreduksi. Metode yang cukup efektif yaitu metode fotoreduksi. Metode fotoreduksi selain dapat menurunkan konsentrasi logam Fe(III), tetapi juga dapat mengubah sifat ion Fe(III) yang berbahaya menjadi logam Fe(II).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana aktivitas klorofilid terhadap fotoreduksi Fe(III) menjadi Fe(II) yang diukur dengan spektrofotometri UV-Vis?
2. Berapa pH optimum larutan Fe(III) dalam fotoreduksi menggunakan fotosensitizer klorofilid?
3. Berapa waktu optimum penyinaran sinar ultraviolet terhadap fotoreduksi ion Fe(III) yang menggunakan fotosensitizer klorofilid?
4. Berapa konsentrasi optimum fotosensitizer klorofilid dari daun suji (*Pleomele angustifolia*) yang diperlukan dalam fotoreduksi ion Fe(III)?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui aktivitas klorofilid terhadap fotoreduksi Fe(III) menjadi Fe(II) yang diukur dengan spektrofotometri UV-Vis
2. Mengetahui pH optimum larutan Fe(III) dalam fotoreduksi menggunakan fotosensitizer klorofilid

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

3. Mengetahui waktu optimum penyinaran sinar matahari terhadap fotoreduksi ion Fe(III) menggunakan fotosensitizer klorofilid
4. Mengetahui konsentrasi optimum fotosensitizer klorofilid dari daun suji (*Pleomele angustifolia*) yang diperlukan dalam fotoreduksi ion Fe(III)

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai aktivitas klorofilid dari daun suji (*Pleomele angustifolia*) yang diukur dengan spektrofotometri UV-Vis dan meningkatkan nilai guna dari daun suji yang digunakan sebagai fotosensitizer untuk fotoreduksi ion Fe(III)

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB II

TINJAUAN PENELITIAN

2.1 Daun Suji

Tanaman suji atau *Pleomele angustifolia* merupakan tanaman perdu dari keluarga *Liliaceae* yang banyak tumbuh liar di pulau Jawa. Tinggi tanaman ini dapat mencapai 2-7 meter dan jika hanya tumbuh sendiri dapat berbentuk pohon kecil yang banyak cabangnya. Daun suji sering disebut sebagai Pandan Betawi meskipun baunya tak seharum pandan. Daun suji merupakan pewarna hijau alami pada masakan dan pada umumnya digunakan untuk mewarnai kue.

Gambar 2.1. Daun suji (*Pleomele angustifolia*)

Para ahli botani, mengklasifikasikan tanaman suji sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Liliopsida

Ordo : Liliflorae

Famili : Liliaceae

Genus : Pleomele

Spesies : Pleomele angustifolia

Limantara (2008) menyatakan bahwa tanaman suku euphorbiaceae, liliaceae, apocynaceae, achanthaceae, dan araliaceae adalah 5 tanaman yang mempunyai kandungan klorofil tertinggi dari 17 tanaman yang diteliti.

Ciri-ciri umum dari daun suji antara lain ranting-ranting berlentisel dan berduri bengkok, daun majemuk dengan panjang 25-40 cm dan memiliki sirip sepanjang 9-15 cm. Setiap sirip memiliki 10-20 anak daun dengan panjang anak daun 10-25 mm, lebar 3-11 mm, berbentuk lonjong dan pangkal rompang. Kandungan kimia yang terdapat pada daun suji antara lain pigmen, tanin, asam galat, brasilin dan sappanin.

Daun suji merupakan salah satu sumber warna hijau yang paling banyak digunakan sebagai pewarna hijau pada makanan tradisional. Untuk mendapatkan pewarna dari daun suji dilakukan dengan menumbuk daun dan diekstrak dengan air. Namun cara ini mempunyai kelemahan yaitu ekstrak pewarna hijau yang dihasilkan kurang maksimal. Warna hijau pada daun suji disebabkan oleh adanya pigmen klorofil.

Warna hijau pada daun suji merupakan manifestasi dari keberadaan pigmen klorofil. Hasil penelitian Prangdimurti (2006) menunjukkan bahwa daun suji segar memiliki kadar air sebesar 73,25%, serta mengandung 3.773,9 ppm klorofil yang terdiri atas 2.524,6 ppm klorofil a dan 1.250,3 ppm klorofil b.

Kandungan klorofil berbeda-beda pada setiap jenis tumbuhan. Kandungan kadar klorofil tersebut akan menurun seiring dengan meningkatnya pencemaran udara (Nurhidayah, 2001).

2.2 Klorofil

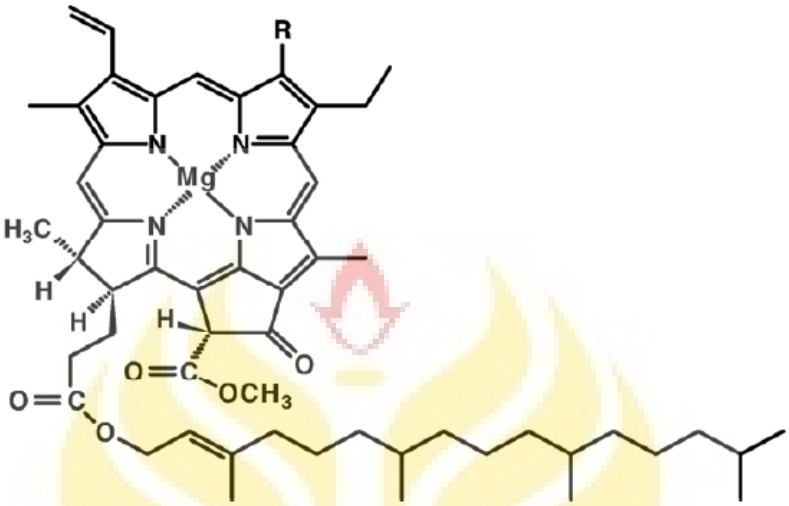
Nama klorofil berasal dari bahasa Yunani yaitu *chloros* (hijau kekuningan) dan *phyllon* (daun). Klorofil menyerap pada panjang gelombang biru-ungu dan merah, kemudian memantulkan sinar pada panjang gelombang hijau sehingga tanaman yang mengandung pigmen ini cenderung berwarna hijau (Shakhashiri, 2008).

Klorofil merupakan pigmen fotosintesis yang terdapat pada tumbuhan hijau, alga multiseluler, beberapa protista uniseluler, sianobakteria, dan bakteri sulfur ungu (Campbell, 2008). Klorofil secara struktural merupakan porfirin yang mengandung cincin dasar tetrapirol yang berikatan dengan ion Mg^{2+}. Cincin dasar isosiklik yang kelima berada dekat dengan cincin pirol ketiga.

Substituen asam propionat diesterifikasi pada cincin keempat oleh gugus fitol, suatu diterpen alkohol ($C_{20}H_{39}OH$) yang bersifat hidrofobik. Jika gugus ini dihilangkan dari struktur intinya maka klorofil berubah menjadi turunannya yang bersifat hidrofilik. Klorofil merupakan ester dan larut dalam pelarut organik. Senyawa klorofil cukup peka terhadap perubahan cahaya, temperatur, pH dan oksigen. Senyawa klorofil akan bekerja stabil pada temperatur kamar sampai 100°C dan pH sekitar netral (7-8) ditunjukkan dengan senyawa yang berwarna hijau terang (Prasetyo, 2012).

Karakteristik klorofil yang penting adalah klorofil sensitif terhadap cahaya, panas, oksigen, degradasi kimia yang meliputi reaksi feofitinisasi, reaksi pembentukan klorofilid dan reaksi oksidasi. Klorofil dapat berubah menjadi

turunannya baik secara *in vivo* maupun *in vitro* (Gross, 1991). Struktur dari klorofil ditampilkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur Klorofil (Ferruzzi, 2007)

Menurut Dwidjoseputro (1980:78) pada tanaman tingkat tinggi ada 2 jenis klorofil, antara lain :

a. Klorofil a ($C_{55}H_{77}O_5N_4Mg$)

   Klorofil a dan klorofil b terdapat pada semua tumbuhan hijau dengan perbandingan 3:1 pada tumbuhan tinggi. Klorofil a berwarna hijau tua dan berperan dalam penyusunan pusat reaksi untuk menerima energi cahaya matahari yang akan diserap oleh pigmen antena. Klorofil a di sini berfungsi sebagai pengkonversi energi radiasi menjadi energi kimia. Klorofil a bersifat kurang polar serta larut dalam alkohol, eter dan aseton.

b. Klorofil b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$)

   Klorofil b berwarna hijau muda. Klorofil b berfungsi untuk meneruskan cahaya yang diserap oleh klorofil dan menyiapkan energi tersebut untuk

dipergunakan dalam reaksi terang. Dalam fotosintesis, klorofil b membantu meningkatkan penyerapan cahaya saat kemampuan klorofil a rendah (Nurhidayah, 2001). Klorofil b bersifat lebih polar daripada klorofil a dan dalam keadaan murni dapat sedikit larut dalam petroleum eter dan air. Klorofil a dab b juga bersifat flouresen dalam larutan. Kondisi pertumbuhan dan faktor lingkungan dapat mempengaruhi perbandingan tersebut (Gross, 1991).

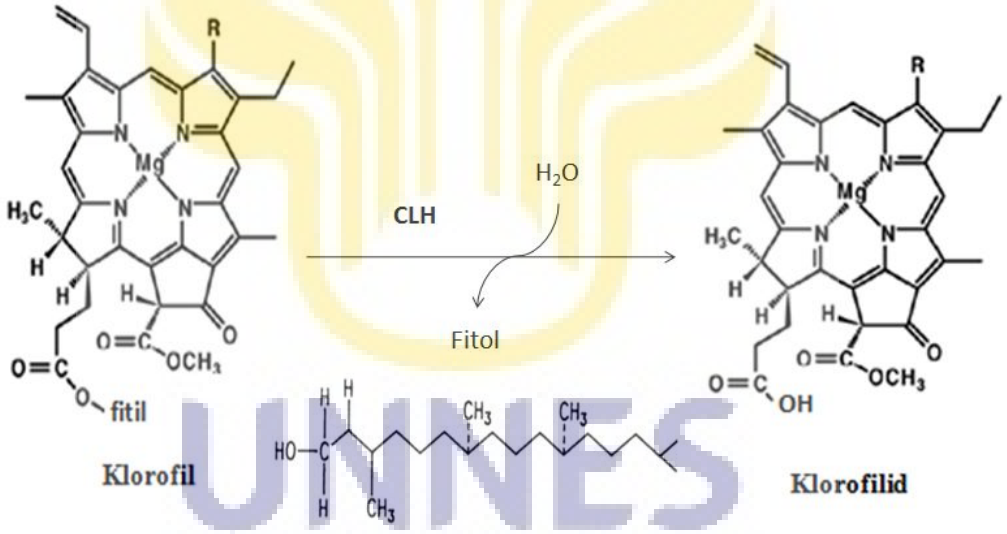
2.3 Klorofilid

Klorofilid mempunyai aktivitas menangkap radikal bebas yang lebih tinggi dibandingkan dengan klorofil yang masih mengandung gugus fitol (Ferruzzi, 2001). Salah satu usaha untuk menstabilkan warna hijau pada klorofil adalah dengan mengubah menjadi klorofilid. Perubahan klorofilid menjadi peoforbid relatif lebih sulit daripada klorofil menjadi feofitin.

Klorofilid dapat terbentuk dari reaksi hidrolisis pada suasana asam maupun basa. Untuk memutuskan gugus fitol pada klorofil dapat dilakukan dengan menghidrolisis menggunakan asam, alkali, atau enzim klorofilase. Biasanya reaksi pembentukan klorofilid diakibatkan oleh aktivitas enzim klorofilise. Hidrolisis pada klorofil akan memutuskan rantai fitil ($C_{20}H_{39}O$) menjadi fitol ($C_{20}H_{39}OH$).

Fitol adalah alkohol primer jenuh yang mempunyai daya afinitas yang kuat terhadap O_2 dalam proses reduksi klorofil. Hidrolisis gugus fitol menyebabkan klorofil menjadi turunan klorofil yang larut dengan air, seperti klorofilid dan klorofilin.

Ketidakstabilan klorofil dalam daun suji dapat menghambat dan mengganggu dalam proses ekstraksi padat-cair klorofil. Dalam ekstraksi klorofilid, untuk mengatasi ketidakstabilan klorofil ini dilakukan dengan penambahan zat penstabil klorofil seperti asam sitrat dan soda kue, magnesium karbonat 1%, kalsium karbonat, dan dimetilanilina. Tujuan penambahan zat penstabil ini sendiri adalah untuk memperoleh zat warna alami yang stabil pada jangka penyimpanan tertentu dan mencegah terbentuknya senyawa turunan klorofil saat ekstrak berada dengan banyak asam organik (Prasetyo, 2012). Reaksi pembentukan klorofilid dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Reaksi pembentukan klorofilid (Hu, 2013)

2.4 Enzim Klorofilase

Enzim klorofilase merupakan sebuah esterase yang dapat mengkatalis pemutusan fitil dari klorofil membentuk klorofilid dan fitol. Esterase merupakan sebuah enzim yang memecah rantai ester, terutama yang ditentukan dalam asam nukleat (rantai fosfodiester) dan lipid atau enzim yang mengkatalis hidrolisis ester

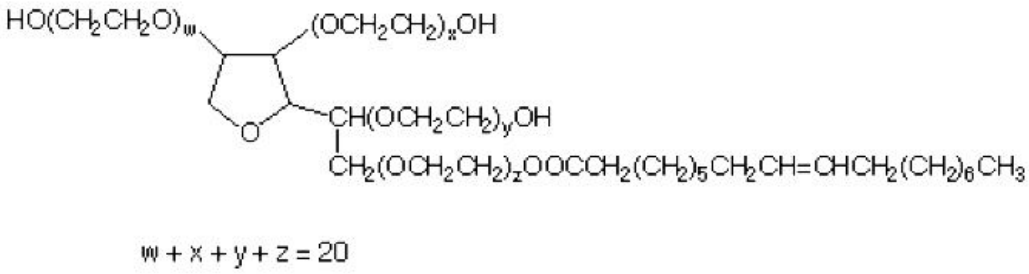
organik untuk melepaskan alkohol atau tiol dan asam. Istilah ini dapat diterapkan untuk enzim yang menghidrolisis karboksilat, ester fosfat dan sulfat, tetapi lebih sering terbatas pada kelas pertama dari substrat.

Aktivitas enzim ini dibatasi oleh porfirin dengan group karbometoksi pada C-10 dan hidrogen pada C-7 serta C-8. Pada temperatur kamar enzim ini hanya aktif jika ada pelarut organik. Enzim ini berfungsi optimum pada pelarut air pada temperatur 65-75^{O}C. Kemungkinan akibat keadaan enzim yang secara fisik terikat kuat pada lipoprotein lamela (Prasetyo, 2012). Mac Kinney dan Weast (1940) dalam Prasetyo, 2012) menerangkan bahwa blansir pada temperatur 100^{O}C selama 4 detik dapat menginaktivasi enzim klorofilase.

Aktivitas enzime klorofilase ini menyebabkan gugus fitol akan terlepas dan klorofilid akan diesterifikasi membentuk metil ataupun etil klorofilid. Klorofilase bekerja menghidrolisis gugus fitol klorofil sehingga mengubahnya menjadi klorofilid yang larut air (Prangdimurti, 2006).

2.5 Polioksietilen sorbitan monoleat (Tween 80)

Polioksietilen sorbitan monoleat merupakan ester oleat dari sorbitol dimana tiap molekul anhidrida sorbitolnya berkopolimerasi dengan 20 molekul etilenoksida (Laverius, 2011). Polioksietilen sorbitan monoleat (Tween 80) merupakan surfaktan atau deterjen non ionik dan termasuk dalam bahan tambahan pangan kelas polisorbat. Rumus molekul Polioksietilen sorbitan monoleat adalah $C_{64}H_{24}O_{26}$ dan rumus strukturnya ditampilkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Rumus struktur Polioksietilen sorbitan monoleat (Laverius, 2011)

Polisorbat digunakan sebagai *emulsifying agent* pada emulsi tipe minyak dan air, pada konsentrasi 1-15% digunakan sebagai *solubilizer*. Polioksietilen sorbitan monoleat berwujud cair pada suhu 25°C, berwarna kekuningan dan berminyak, memiliki aroma yang khas dan berasa pahit. Larut dalam air dan etanol (95%), tidak larut dalam *mineral oil* dan *vegetable oil* (Laverius, 2011).

Kegunaan Polioksietilen sorbitan monoleat antara lain:

1. Sebagai zat pembasah, emulgator, dan peningkat kelarutan (Rowe, 2009)
2. Sebagai peningkat penetrasi (Akhtar, 2011)

Penggunaan Polioksietilen sorbitan monoleat dalam ekstraksi klorofil dapat menekan pembentukan feofitin dibandingkan deterjen anionik (Vargas dan Lopez, 2003). Tween 80 dapat membantu klorofil lipofil teremulsi di dalam air dan mempermudah kontak dengan enzim klorofilase (Prangdimurti, 2006). Gross dalam Budiyanto (2008) menyatakan bahwa air dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung senyawa pigmen dari proses degradasi dan mencegah efek fotokimia.

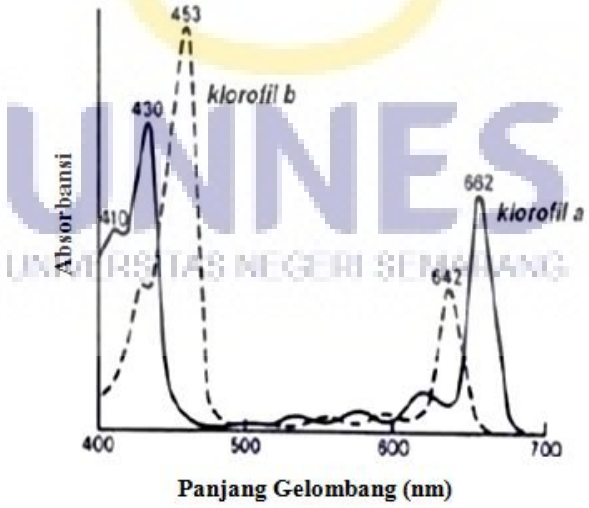
2.6 Fotosensitizer

Fotosensitizer adalah suatu substansi yang dapat menyerap energi cahaya dan mentransfer kelebihan energinya ke oksigen tripet untuk membentuk oksigen

singlet dan kemuadian akan bereaksi secara langsung dengan senyawa yang kaya elektron (Suryanto, 2008).

Klorofilid dapat menyerap energi cahaya secara efisien. Hal tersebut disebabkan klorofilid mempunyai sistem perselingan antara ikatan tunggal dan ikatan ganda yang mengitari cincin porfirin. Elektron tambahan yang ditunjukkan oleh ikatan ganda tidak terbatas pada struktur, tetapi elektron tersebut bebas untuk berpindah-pindah sekitar sistem dalam struktur klorofil tersebut (Kimball, 1998).

Klorofil menyerap cahaya berupa radiasi elektromagnetik pada spektrum kasat mata (visible). Cahaya matahari (sinar tampak) jika diuraikan maka akan terdiri dari berbagai cahaya yang memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda. proses fotosintesis klorofil memanfaatkan radiasi dengan panjang gelombang antara 400 nm sampai 700 nm (Djalil, 2010). Spektrum serapan dari klorofil a dan b dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Spektrum serapan klorofil a dan b (Sumaryanti, 2011).

Spektrum adsorbsi senyawa klorofil memperlihatkan nilai koefisien ekstingsi molar yang besar pada daerah Q (500 nm sampai 700 nm). Hal tersebut menunjukkan bahwa klorofil dan senyawa turunannya adalah penghasil singlet oksigen yang lebih baik jika digunakan sebagai fotosensitizer (Djalil, 2010).

Pada serapan klorofil, cahaya biru dan sinar matahari merupakan panjang gelombang yang paling efektif untuk menghasilkan eksitasi elektron (Sumaryanti, 2011). Klorofil dapat menyerap panjang gelombang sinar tampak. Pada saat sinar tampak mengenai klorofil maka senyawa ini akan teraksivasi menjadi klorofil teraktivasi (Sulaeman, 2007).

Klorofil bertindak sebagai pengabsorbsi energi dari sinar matahari sehingga ketika disinari dengan sinar matahari, klorofil akan menjadi klorofil teraktivasi yang merupakan molekul yang berenergi tinggi. Molekul tersebut dapat melepaskan elektron dari molekul air dan proton dari oksigen (Arrohmah, 2007).

Prinsip dasar penyerapan cahaya adalah bahwa setiap molekul hanya dapat menyerap satu foton pada waktu tertentu dan foton ini akan menyebabkan terjadinya eksitasi pada satu elektron dalam suatu molekul. Jadi semakin besar kandungan klorofil suatu bahan, maka akan semakin banyak pula energi foton yang diserapnya (Arrohmah, 2007).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.7 Logam Berat

Logam atau mineral-mineral essensial adalah suatu logam atau mineral yang tidak diproduksi oleh tubuh. Mineral ini dapat masuk dalam tubuh melalui bahan makanan dan minuman yang dikonsumsi.

Berdasarkan toksisitasnya, logam berat dibagi menjadi dua jenis, yaitu logam berat esensial dan logam berat non esensial atau beracun. Yang termasuk dalam logam berat esensial adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain sebagainya. Sedangkan logam berat non esensial atau beracun antara lain Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain sebagainya (Darmono, 2004).

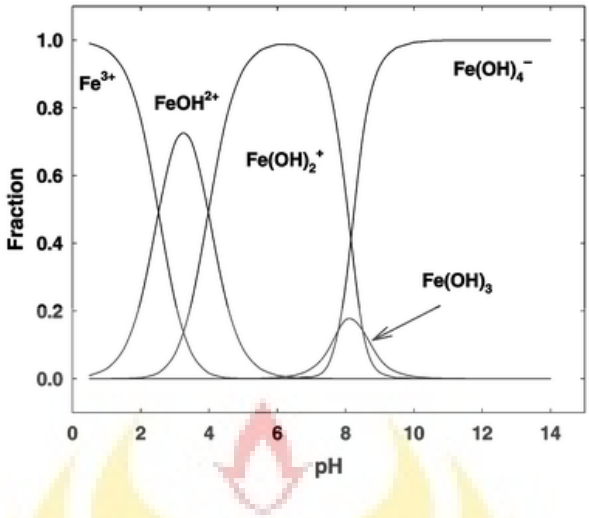
Berdasarkan toksisitasnya (Darmono, 2004), logam berat dikelompokkan menjadi tiga adalah sebagai berikut :

a. Bersifat toksit tinggi yang terdiri atas unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn.
b. Bersifat toksit sedang terdiri atas unsur Cr, Ni, dan Co.
c. Bersifat toksit rendah terdiri atas Mn dan Fe.

2.8 Besi (Fe)

Besi merupakan elemen metal yang terdapat pada semua bagian lapisan geologis dan air, di mana metal ini berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Di alam besi ini didapat sebagai hematit. Pada air permukaan, jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/L. Tetapi dalam air tanah jauh lebih tinggi. Berdasarkan Peraturan Mentari Kesehatan RI No.416/MENKES/PER/IX/1990 tentang persyaratan kualitas air bersih, menentukan kadar maksimum besi yang diperbolehkan yaitu 1 mg/L. Konsentrasi Fe yang tinggi dapat dirasakan dan dapat menodai kain, perkakas dapur, menimbulkan pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan karena koloidal.

Kurva spesiasi Fe pada berbagai pH dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Kurva spesiasi Fe pada berbagai pH (Millero, 1995)

a. Besi(II) (Fe^{2+})

Besi dengan bilangan oksidasi +2 disebut senyawa ferro. Semua garam ferro berwarna putih dan dalam bentuk terhidrat berwarna sedikit kehijauan. Garam ferro adalah reduktor kuat dan dapat mengabsorbsi NO menghasilkan $FeSO_4NO$ dan $FeCl_2NO$. Pada pH 8,2 seluruh ferro karbonat mengendap dan pada pH 10,5 endapan ferro hidroksida $Fe(OH)_2$ terbentuk. Adanya potensial redoks yang tinggi membuat besi(II) dalam air akan terendap menjadi bentuk $Fe(OH)_3$.

b. Besi(III) (Fe^{3+})

Besi dengan bilangan oksidasi +3 disebut senyawa ferri. Sebagian besar garam ferri berwarna kuning, dalam bentuk larutan berwarna kuning dan kadang sedikit kecoklatan. Ada pun garam ferri yang tidak berwarna seperti $Fe(NO)_3$. Pada pH 7,5-7,7 ion ferri mengalami oksidasi dan berikatan dengan

hidroksida membentuk $Fe(OH)_3$ yang bersifat tidak larut dan mengendap membentuk warna kemerahan pada substrat dasar.

c. Kompleks Fe(II)-bipiridin

Besi merupakan salah satu unsur logam transisis yang memiliki orbital d yang tidak terisi penuh pada konfigurasinya. Sedangkan bipiridin ($C_{10}H_8N_2$) memiliki 2 pasang elektron bebas yang masing-masing terdapat pada atom N. Oleh karena itu besi dapat membentuk komplek dengan bipiridin, dimana besi sebagai penerima pasangan elektron dengan menyediakan orbital kosongnya dan sebagai atom pusat. Sedangkan bipiridin sebagai ligan dengan mendonorkan pasangan elektronnnya untuk digunakan bersama. Kompleks ini menghasilkan senyawa berwarna jingga yang disebabkan oleh adanya kation kompleks $[Fe(C_{10}H_8N_2)_3]^{2+}$ dalam larutan sedikit asam. Reaksinya adalah sebagai berikut:

$$2Fe^{2+} + C_{10}H_8N_2 \rightarrow [Fe(C_{10}H_8N_2)_3]^{2+}$$

jingga

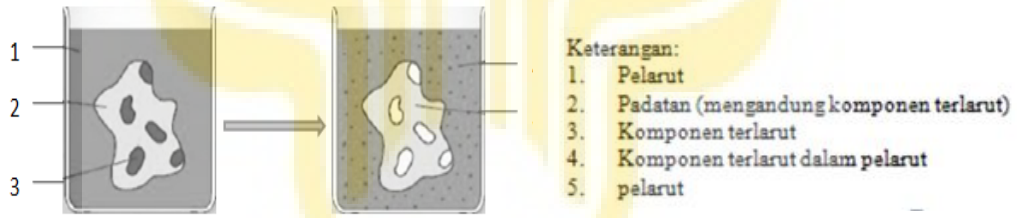
Fe(II) mudah teroksidasi menjadi Fe(III) di udara terbuka. Bipiridin tidak dapat bereaksi dengan Fe(III). Oleh karena itu Fe(III) harus direduksi menjadi Fe(II) terlebih dahulu. Senyawa kompleks Fe(II)-bipiridin akan stabil pada rentang pH 3-9 dengan pH optimum pada pH 4,5 untuk menentukan konsentrasi besi(II) di kisaran 0,5-8 ppm.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.9 Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan komponen yang diinginkan dari penyusun-penyusun lain dalam suatu campuran berdasarkan pada perbedaan kelarutan komponen tersebut terhadap pelarut yang diinginkan(Arrohmah, 2007).

Ekstraksi dibagi menjadi dua yaitu ekstraksi cair-cair dan ekstraksi padat-cair. Ekstraksi cair-cair biasanya digunakan untuk memisahkan senyawa yang terkandung dalam bahan alam cair. Ekstraksi padat-cair biasanya digunakan untuk memisahkan senyawa-senyawa hasil alam padat dengan menggunakan pelarut tertentu sesuai senyawa yang dipisahkan (Sastrohamidjojo,1991 dalam Arrohmah, 2007).



Gambar 2.7. Ekstraksi Padat-Cair

Pada ekstraksi maserasi, zat aktif padatan yang ingin diekstrak dilarutkan dengan cara direndam dalam pelarut tertentu pada temperatur kamar yang terlindung dari cahaya. Perbedaan konsentrasi antara larutan di dalam sel dan luar sel menyebabkan pelarut menembus dinding sel dan melarutkan isi sel. Dimana larutan dengan konsentrasi tinggi akan terdesak keluar digantikan pelarut yang konsentrasinya rendah sampai tercapai kesetimbangan konsentrasi larutan di luar dan dalam sel (Prasetyo, 2012).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Pelarut yang digunakan untuk ekstraksi harus memenuhi persyaratan antara lain (Harborne, 1973 dalam Arrohmah, 2007) :

1. Inert atau tidak dapat bereaksi dengan kompnen-komponen yang akan diisolasi.
2. Selektif yaitu hanya mengisolasi atau melarutkan zat-zat yang diinginkan.
3. Mempunyai titik didih rendah sehingga mudah diuapkan pada temperatur yang rendah

2.10 Fotoreduksi

Rorong (2014) menerangkan bahwa fotoreduksi besi menggunakan bahan sensitizer alami adalah dengan memanfaatkan peran sumbangan elektron dari ekstrak untuk mengubah ion ferri (Fe^{3+}) menjadi ion ferro (Fe^{2+}). Komponen organik dalam bahan alam dapat digunakan sebagai agen pengkhelat logam karena adanya satu gugus karboksil dan dua gugus hidroksil yang berdekatan bereaksi dengan ion logam membentuk kompleks logam yang stabil. Potensi tersebut ditunjukkkan oleh posisi gugus hidroksil yang mampu menangkap radikal bebas dengan cara mengkhelat besi sekaligus menstabilkan besi (Harborne, 1987 dalam Rorong, 2014).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.11 Karakteristik Klorofilid

Spektrofotometri adalah metode analisis yang berdasarkan pada interaksi (seperti absorpsi atau fotofotoferensi, rotasi dan fibrasi) antara radiasi elektromagnetik dengan suatu materi yang berupa molekul.

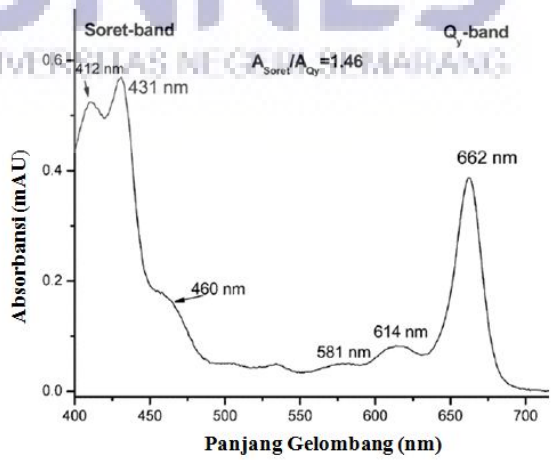
Spektrofotometri UV-Visible adalah suatu metode yang didasarkan dengan absorpsi radiasi UV-Visible oleh molekul yang dapat menyerap radiasi UV-

Visible (seperti gugus kromofor dari ikatan rangkap). Panjang gelombang warna-warna dalam aerah cahaya tampak dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Panjang Gelombang, Warna yang Diserap, dan Warna Komplementer (Day dan Underwood, 1993 dalam Ningsih, 2004)

Panjang Gelombang	Warna	Warna Komplementer
400-435	Ungu	Hijau kekuningan
435-480	Biru	Kuning
490-500	Biru kehijauan	Jinggga
500-595	Hijau kebiruan	Merah
595-610	Hijau	Ungu kemerahan
610-680	Jingga	Biru kehijauan
680-700	Merah	Hijau kebiruan
	Ungu kemerahan	Hijau

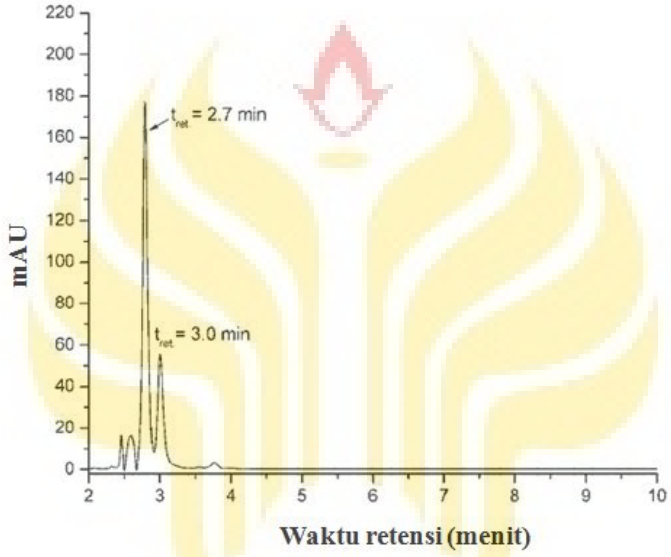
Berdasarkan penelitian Barrett dan Jeffrey, absorbansi maksimum klorofilid lebih tinggi daripada absorbansi maksimum klorofil a. Pada spektrum absorbansi klorofil a menunjukkan puncak yang terletak pada panjang gelombang 410 mμ sedangkan puncak dari klorofilid terletak pada panjang gelombang 415 sampai 417 mμ. Sehingga didapatkan grafik spektrum absorbansi antara klorofil a dan klorofilid yang ditampilkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Spektrum absorbansi klorofilid (Milenkovic, 2012)

Untuk perhitungan kadar klorofil larut air diukur dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 645 dan 663 nm.

Berdasarkan penelitian Milenkovic (2012), pemisahan pigmen klorofil dan turunannya dari daun bayam dengan pelarut aseton 80% menggunakan HPLC dilakukan pada panjang gelombang 430 dan 660 nm.



Gambar 2.9. Kromatogram klorofilid dari daun bayam menggunakan HPLC-Vis (Milenkovic, 2012)

Kromatogram HPLC fraksi klorofilid menunjukkan dua puncak yang terdeteksi pada waktu retensi 2,7 dan 3,0 menit. Puncak pertama (2,7 menit) adalah klorofilid a dan puncak kedua (3,0 menit) adalah klorofilid a'.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Klorofilid yang terdapat pada ekstrak daun suji bersifat reduktor dan mempunyai kemampuan sebagai fotosensitizer dalam fotoreduksi Fe(III) dengan bantuan cahaya matahari. Kadar Klorofilid dalam ekstrak daun suji dengan pelarut etanol 80% sebesar 60,84 ppm.
2. pH optimum pada fotoreduktor Fe(III) terdapat pada pH 6 dengan konsentrasi Fe(III) menurun hingga 50,02% menggunakan fotosensitizer klorofilid.
3. Lama penyinaran menggunakan sinar matahari mempengaruhi hasil dalam fotoreduksi Fe(III). Lama penyinaran optimum adalah 10 menit dengan konsentrasi Fe(III) menurun hingga 57,27% menggunakan fotosensitizer klorofilid.
4. Konsentrasi optimal fotosensitizer klorofilid adalah dengan penambahan klorofilid sebanyak 0,2 ml. Konsentrasi Fe(III) menurun hingga 57,56%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah perlu untuk penelitian lebih lanjut sebagai upaya untuk meningkatkan stabilitas dari klorofilid dari faktor-faktor ketidakstabilan ekstrimnya dan menggunakan larutan standar dari klorofilid sebagai pembanding.

DAFTAR PUSTAKA

Akhtar, N., Rehman, M.U., Khan, H.M.S., Rasool, F., Saeed, T., dan Murtaza, G. 2011. Penetration Enhancing Effect of Polysorbate 20 and 80 on the In Vitro Percutaneous Absorbtion of L-Ascorbit Acid.*Tropical Journal of Pharmaceutical Research.* 10(3): 281-288

Arrohmah. 2007. *Studi Karakteristik Klorofil Pada Daun Sebagai Material Photodetector Organik.* Surakarta:Universitas Sebelas Maret

Barrett, J dan Jeffrey, W.-. *Chlorophyllase and Formation of an Atypical Chlorophyllide in Marine Algae.*

Budiyanto, Aji Wahyu. 2008. Pengaruh Pengasaman Terhadap Fotodegradasi Klorofil a. *Jurnal Matematika dan Saint.* 13(3)

Campbell, Neil A. 2008. *Biologi*, Edisi Kedelapan, Jilid I.Jakarta:Penerbit Erlangga

Suryanto, Edi. 2008. Kimia Oksigen Singlet: Sensitiser, Cahaya dan Reaktivitasnya Terhadap Asam Lemak Tak Jenuh. Chem.*Prog* Vol.1 No.2

Darmono. 2004. *Logam Dalam Sistem Biologi Maakhluk Hidup.*Jakarta: Penerbit Universitas indonesia

Djalil, Asmiyenti Djaliasrin.,dkk. 2010. *Modifikasi Molekul Klorofilin Sebagai Kandidat Antikanker Dalam Terapi Fotodinamik.* Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Dwidjoseputro, D. 1980. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Jakarta: Gramedia.

Ernaini, Yaya. 2012. *Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Klorofil dan Senyawa Fitokimia Daun Kiambang (Salvinia molesta mitchell) dari Perairan Rawa. Fishtech* Vo. I No.01

Ferruzzi MG, Schwartz SJ. 2001. Thermal degradation of commercial grade sodium copper chlorophyllin. J.Agric. *Food Chem.* 53(18):7098-7102

Gross J. 1991. *Pigments In Vegetables Chlorophylls and Carotenoids.* New York: Van Nostrand Reinhold.

Hu, Xueyun. 2013. Simple Extraction Methods That Prevent The Artifactual Conversion of Chlorophyll To Chlorophyllide During Pigment Isolation From Leaf Samples. *Plant Methods* No.9 hal.19

Kimball, John W. 1998. Biologi, Jilid 1. IPB

Laverius, Manda Ferry. 2011. *Optimasi Tween 80 dan Span 80 sebagai Emulsifying Agent serta Carbopol sebagai Gelling Agent dalam Sediaan Emulgel Photophotector Ekstrak Teh Hijau (Camellia sinensis L) Aplikasi Desain Faktorial.* Yogyakarta*:* Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Limantara,L., P, Rahayu. 2008. Pigmen Alami Berbasis Sumber Daya Lokal (dalam kualitas dan ketahanan pangan).*Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Agroindustri Berbasis Sumberdaya Lokal Untuk Mendukung Ketahanan nasional*, ISBN 978-979-1366-28-1, hal 37-49

Milenkovic, Sanja M. Zvezdanovic, Jelena Z. Andelkovic, Tatjana D. 2012. The Identification Of Chlorophyll And Its Derivatives In The Pigment Mixtures:HPLC-Chrpmatography, Visible And Mass Spectroscopy Studies. *Advanced Technologies*, 1(1): 16-24

Millero, frank J. 1995. The Speciation of Fe(II) and Fe(III) in natural waters. *Marine Chemistry*, 50(1): 21-39

Ningsih, Indriaty. 2004. *Optimasi Pengukuran Besi Dengan Pereaksi Tiosianat dan 1,10-Fenantrolin serta Gangguan Beberapa Ion secara Spektrofotometri Sinar Tampak*.Makasar: Universitas Hasanudin

Nurhidayah. Endang, Anggarwulan. Solichatun. 2001. *Kandungan Klorofil pada Daun Tanaman Kentang (Solanum tuberosum L) di sekitar Kawah Sikidang Dataran Tinggi Dieng*. BioSMART, 3(10):.35-39.

Prangdimurti, Endang., Muchtadi, Deddy., Astawan, Made., Zakaria, Fransiska R. 2006. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Suji (Pleomele angustifolia N.E Brown). *Jurnal Teknol dan Industri Pangan*, XVII(2)

Prasetyo, Susiana. 2012. *Pengaruh Rasio Massa Daun Suji/Pelarut, Temperatur Dan Jenis Pelarut Pada Ekstraksi Klorofil Daun Suji Secara Batch Dengan Pengontakan Dispersi*. Universitas Katolik Prahayangan.

Pujiastuti, Elisabeth Sri. 2007. Fenomena Toksisitas Besi Pada Tanaman Sawah Yang Ditanam Pada Tanah Masam. *Majalah Ilmiah Universitas HKBP Nommensen*, 15(1): 86-96

Rorong, Johnly Alfreds. 2014. Potensi Daun Cengkeh Sebagai Biosensitizer Untuk Fotoreduksi Besi Pada Lahan Pertanian Hortikultura. *Prosiding Seminar Nasional lahan suboptimal.*

Rowe, R.C., Sheskey, P.J, dan Quinn M., E. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Exicipients*. Lexi-Comp: American Pharmaceutical Association,Inc.Page 418, 685.

Shakhashiri, B.Z. 2008. Chlorophyll. Diakses dari http://scifun.chem.wisc.edu/ CHEMWEEK/CHLRPHYL/Chlrphyl.html pada tanggal 1 Desember 2015.

Sulaeman, Uyi., 2007. Fotoreduksi Cd(II) Menggunakan Katalis TiO_2 dengan Sensitizer Klorofil Yang Diaktivasi Sinar Matahari. *Molekul,*2(1): 17-22

Sumaryanti., Utari., Supriyanto, Agus., Purnama, Budi., dan Wartono, Muhammad Widyo. 2011. Karakteristik Optik dan Listrik Larutan Klorofil Spirilinasp Sebagai Dye Sensitizer Solar Cell. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 1(3): 141-147.

Wahyu, widowati. 2006. *Efek Toksik Logam.*Yokyakarta: Penerbit ANDI

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG