

**STUDI ANALISIS ION LOGAM Cd(II) DENGAN ASAM TANAT
MENGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER ULTRAUNGU-TAMPAK**

(Skripsi)

Oleh

Nova Ariska



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

STUDI ANALISIS ION LOGAM Cd(II) DENGAN ASAM TANAT MENGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER ULTRAUNGU-TAMPAK

Oleh

Nova Ariska

Telah dilakukan studi analisis ion logam Cd(II) dengan asam tanat menggunakan spektrofotometer ultraungu-tampak. Studi ini dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang maksimum pada pH optimum, konsentrasi optimum, volume optimum dan waktu kestabilan untuk senyawa kompleks asam tanat-ion logam Cd(II). Kadmium merupakan salah satu logam berat yang memiliki orbital kosong yang dapat menerima pasangan elektron bebas dari asam tanat yang bertindak sebagai ligan dan dapat membentuk senyawa kompleks. Analisis kompleks asam tanat-Cd(II) dilakukan menggunakan spektrofotometer ultraungu-tampak. Hasil pengukuran optimasi asam tanat-Cd(II) diperoleh pH optimum 10 dengan panjang gelombang 477 nm, perbandingan stoikiometri variasi konsentrasi asam tanat:Cd(II) yaitu 4:1, perbandingan stoikiometri variasi volume asam tanat:Cd(II) yaitu 2:1, dan waktu kestabilan 20 menit. Validasi metode pada logam Cd(II) menunjukkan nilai r sebesar 0,9996, nilai LoD dan LoQ yang diperoleh sebesar 0,041 dan 0,137, uji presisi diperoleh nilai SD sebesar 0,036 dan %RSD sebesar 1,256%, nilai % perolehan kembali yang dihasilkan sebesar 87,96%.

Kata Kunci: Asam Tanat, Logam Kadmium, Spektrofotometer Ultraungu-Tampak.

ABSTRACT

THE STUDY OF ION METAL Cd(II)'S ANALYSIS WITH TANNIC ACID BY USING ULTRAVIOLET-VISIBLE SPECTROPHOTOMETER

By

Nova Ariska

The study of ion metal Cd(II)'s analysis had been done with tannic acid by using spectrophotometer ultraviolet-visible. The study was conducted to determine maximum wavelength for optimum pH, concentration, volume, and time for complex compound of tannic acid-Cd(II). Cadmium is the one of heavy metal which has an empty orbital that can accept free electron pairs of tannic acid which act as ligand and can be formed complex compound. Analysis of complex tannic acid-Cd(II) use ultraviolet-visible spectrophotometer. The result of measurement tannic acid-Cd(II) optimization were achieved optimum pH 10 with wavelength 477 nm, stoichiometry ratio variation concentration tannic acid:Cd(II) is 4:1, stoichiometry ratio variation volume tannic acid:Cd(II) is 2:1, and stability time at 20 minutes. Method validation on Cd(II) showed that r value is 0,9996, LoD and LoQ is 0,041 and 0,137, precision is 0,036 and %RSD is 1,256%, and % recovery is 87,96%.

Keyword : Tannic Acid, Cadmium, Ultraviolet-Visible Spectrophotometer.

**STUDI ANALISIS ION LOGAM Cd(II) DENGAN ASAM TANAT
MENGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER ULTRAUNGU-TAMPAK**

Oleh

Nova Ariska

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **STUDI ANALISIS ION LOGAM Cd(II)
DENGAN ASAM TANAT MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER ULTRAUNGU-
TAMPAK**

Nama Mahasiswa : *Nova Ariska*

No. Pokok Mahasiswa : 1417011083

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. R. Supriyanto, M.S.
NIP 19581111 199003 1 001

Dr. Rinawati, M.Si.
NIP 19710414 200003 2 001

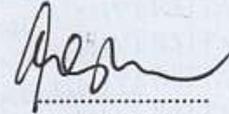
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 19740705 200003-1 001

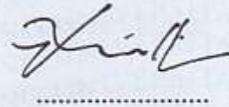
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

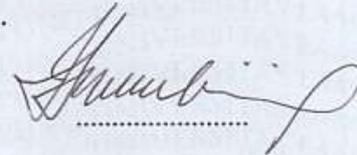
Ketua : **Drs. R. Supriyanto, M.S.**



Sekretaris : **Dr. Rinawati, M.Si.**



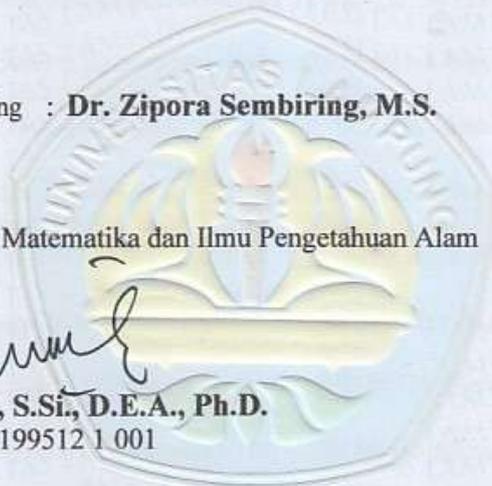
Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Zipora Sembiring, M.S.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.
NIP. 19710212 199512 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **10 Agustus 2018**

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sidoharjo, pada tanggal 13 November 1996, sebagai anak kelima dari lima bersaudara. Putri dari Bapak Akhwari dan Ibu Nurendah. Jenjang pendidikan penulis diawali dari Taman Kanak-kanak di TK Tut Wuri Handayani, yang diselesaikan pada tahun 2002. Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Negeraratu, yang diselesaikan pada tahun 2008. Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Natar, diselesaikan pada tahun 2011 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Natar, diselesaikan pada tahun 2014. Pada tahun 2014, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Unila melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri) sebagai mahasiswa Bidik Misi angkatan kelima.

Pada bulan Januari 2017 penulis menyelesaikan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Keong Nusantara Abadi (wongcoco), Natar, Lampung-Selatan dengan judul “Pengaruh Penambahan Pac (*Polyalumunium Chloride*) Pada Limbah Di Pt Keong Nusantara Abadi Terhadap Nilai Parameter Suhu, pH, Bod, dan Standar Air Baku”. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Pekon Ngarip, Kecamatan Ulubelu, Kabupaten Tanggamus pada tahun 2017.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi Kader Muda Himpunan Mahasiswa Kimia (KAMI) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Unila Periode 2014/2015. Penulis juga pernah menjadi anggota Bidang Sosial Masyarakat (SOSMAS) di Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Unila pada kepengurusan Periode 2015/2016 dan kepengurusan Periode 2016/2017. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Kimia Analiti I dan II tahun 2016/2017 untuk mahasiswa S1 Jurusan Kimia FMIPA Unila.

Apa saja musibah yang menimpa kamu adalah disebabkan oleh perbuatan tanganmu sendiri (asy-Syuura: 30)

Apa saja bencana yang menimpamu maka dari (kesalahan) dirimu sendiri (An-Nisaa: 79)

Barang siapa keluar untuk mencari ilmu, maka ia berada di jalan Allah (HR. Tirmidzi)

Percaya diri membuatmu menang sebelum memulai (Marcus Garvey)

Bukan kegagalan yang membunuhmu, tapi perasaan putus asamu (Anonim)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim dengan mengucapkan
Alhamdulillahirobil'alamin kepada Allah SWT

Sebagai rasa syukur dan terimakasihku
Kupersembahkan skripsi ini untuk orang-orang yang
Kucintai dan Kusayangi

Ibu dan Bapak yang selalu mendoakan kesuksesanku
serta cinta dan kasih sayang yang
selalu diberikan kepadaku selama ini.

Kakak-kakakku Eko Susilo dan Nurhayati D. Pangesti, Tri
Purnamasari, dan Retno Wardani yang selalu memberikan dukungan
dan kasih sayang.

Kedua ponakanku Thalita Sakhi Anindya dan Hilya Shafura Yasbi yang
selalu memberikan semangat untuk terus berjuang.

Para ibu dan bapak dosen yang selama ini telah memberikan banyak
ilmu dan pelajaran kepadaku.

Keluarga Besar, sahabat serta Almamater tercinta.

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Analisis Ion Logam Cd(II) dengan Asam Tanat Menggunakan Spektrofotometer Ultraungu-Tampak”. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang kita nantikan syafaatnya di *yaumul qiyamah*, *Aamiin*. Teriring doa dan segenap ketulusan hati penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Keluarga Penulis, Bapak (Akhwari), Ibu (Nurendah), Kakak-kakakku (Eko Susilo, A.Md., Nurhayati D.Pangesti, Tri Purnamasari, S.P., dan Retno Wardani), dan keponakanku Thalita Sakhi Anindya dan Hilya Shafura Yasbi atas kasih sayang, perhatian, dan dukungan yang telah diberikan.
3. Bapak Drs. R. Supriyanto, M.S., selaku pembimbing I dan pembimbing akademik atas kebaikan, keikhlasan, kesabaran, bimbingan, saran, dan motivasi selama menempuh pendidikan di kampus. Semoga ilmu yang beliau berikan menjadi keberkahahan untuk penulis.

4. Ibu Rinawati, Ph.D. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran dengan ikhlas dan penuh kesabaran.
5. Ibu Dr. Zipora Sembiring, M.Si. selaku pembahas atas bimbingan, arahan, dan ilmu yang telah diberikan.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila atas seluruh ilmu dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis selama mengikuti perkuliahan di kampus.
7. Bapak Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
8. Bapak Dr. Eng Suripto Dwi Yuwono, M.T, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
9. Laboran kimia analitik: Mbak Iin dan Mas Udin serta staf dan civitas akademik Jurusan Kimia FMIPA Unila terimakasih atas bantuannya selama ini.
10. Semua sahabatku geng Hompimpah: Al Falah, Dian Wicaksono, Faakhira Nadia Syakina, Reza Desmayanti, dan Shelviana Agustin terimakasih atas semangat, kebaikan dan persahabatan yang telah terjalin.
11. Penghuni grup Jomblo Fisabilillah: Ayisa Ramadona, Heny Wijaya, Reni Anggraeni, Riza Umami, Tika Dwi Febriyanti, dan Zakia Istiana terimakasih atas semangat saling menguatkan satu sama lain.
12. Penghuni Laboratorium Kimia Analitik terimakasih atas canda tawa dan semangat yang telah diberikan.
13. Terimakasih kepada Mbak Anita Sari, S.Si. terimakasih karena telah membantu penulis dalam mengolah data.

14. Seluruh teman-teman Kimia 2014 atas kerjasama, semangat dan bantuan kepada penulis.

Harapan penulis semoga Allah SWT membalas atas kebaikan yang diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Agustus 2018

Nova Ariska

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian.....	4
C. Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Gambir.....	6
B. Tanin.....	8
1. Sifat Fisik dan Kimia Tanin.....	9
2. Golongan Tanin	11
C. Logam Berat	12
1. Kadmium	15
D. Senyawa Kompleks	18
E. Spektrofotometer Ultraungu-Tampak.....	19
1. Interaksi Cahaya dengan Materi	22
2. Pergeseran Panjang Gelombang dan Absorban pada Spektrum Ultraungu-Tampak	24
3. Instrumen Spektrofotometer Ultraungu-Tampak	24
F. Validasi metode	27
III. METODOLOGI PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	31
B. Alat dan Bahan	31

C. Prosedur Kerja	32
1. Pembuatan Larutan	32
1.1 Pembuatan Larutan Asam Tanat 100 mM	32
1.2 Pembuatan Larutan Cd(II) 100 mM	32
1.3 Pembuatan Larutan Penyangga	32
2. Optimasi Panjang Gelombang Maksimum pada Ion Logam Cd(II) dan Asam Tanat	33
3. Penentuan Variasi pH dan Panjang Gelombang Maksimum Antara Ion Logam Cd(II) dengan Asam Tanat	33
4. Penentuan Stoikiometri Antara Ion Logam Cd(II) dengan Asam Tanat	33
4.1 Penentuan Stokiometri Antara Ion Logam Cd(II) dengan Asam Tanat dengan Variasi Konsentrasi Asam Tanat (mM)	33
4.2 Penentuan Stoikiometri Antara Ion Logam Cd(II) dengan Asam Tanat dengan Variasi Konsentrasi Ion Logam Kadmium (mM)	34
4.3 Penentuan Stokiometri Antara Ion Logam Cd(II) dengan Asam Tanat dengan Variasi Volume Ion Cd (mL)	34
4.4 Penentuan Stokiometri Antara Ion Logam Cd(II) dengan Asam Tanat dengan Variasi Volume Asam Tanat (mL)	34
5. Penentuan Waktu Kestabilan Kompleks Ion Logam Kadmium-Asam Tanat	35
6. Validasi Metode	35
6.1 Penentuan Linearitas Kurva Kalibrasi Larutan Ion Logam Cd(II)	35
6.2 Penentuan Limit Deteksi (LoD) dan Limit Kuantifikasi (LoQ)	35
6.3 Penentuan Presisi	36
6.4 Penentuan Akurasi	36
D. Diagram Alir Penelitian	36

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi Larutan Induk	38
B. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	38
1. Panjang Gelombang Maksimum Cd(II)	38
2. Panjang Gelombang Maksimum Asam Tanat	39
C. Pengaruh Variasi pH pada Panjang Gelombang Maksimum Antara Asam Tanat dan Cd(II)	40
D. Penentuan Stoikiometri Antara Ion Cd(II) dan Asam Tanat	42
1. Penentuan Stokiometri Antara Asam Tanat dan Cd(II) dengan Variasi Konsentrasi Asam Tanat Cd(II)	42
2. Penentuan Stokiometri Antara Asam Tanat dan Cd(II) dengan Variasi Volume Asam Tanat : Cd(II)	46

E. Penentuan Waktu Kestabilan Kompleks Antara Asam Tanat dengan Cd(II)	48
F. Validasi Metode	50
1. Linearitas	50
2. Penentuan Limit Deteksi (LoD) dan Limit Kuantifikasi (LoQ)	51
3. Penentuan Presisi	52
4. Penentuan Akurasi	53
V. SIMPULAN	
A. Simpulan	54
B. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Ilmiah Gambir	6
2. Warna Komplementer pada Panjang Gelombang	21
3. Spektrum Gelombang Elektromagnetik	21
4. Variasi pH dan Panjang Gelombang Optimum Kompleks Antara Asam Tanat dengan Cd(II).....	41
5. Variasi Konsentrasi Asam Tanat : Cd(II)	43
6. Variasi Volume Asam Tanat : Cd(II)	47
7. Waktu Kestabilan Kompleks Asam Tanat dengan Cd(II)	49
8. Nilai LoD dan LoQ	52
9. Hasil Pengukuran Uji Logam Kadmium	53
10. Nilai Perhitungan Presisi	67
11. Nilai Perhitungan LoD dan LoQ	68
12. Nilai Perhitungan Akurasi	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tanaman Gambir	7
2. Struktur Katekin	8
3. Struktur Tanin	11
4. Epikatekin	11
5. Struktur Sorgum Proisianidin	12
6. Struktur Asam Galat	12
7. Alat spektrofotometer Ultraungu-Tampak	20
8. Gerakan Gelombang Cahaya Elektromagnetik	22
9. Tungsten	25
10. Deuterium	25
11. Diagram Alir Penelitian	37
12. Kurva Panjang Gelombang Maksimum Cd(II)	39
13. Kurva Panjang Gelombang Maksimum Asam Tanat	40
14. Kompleks Asam Tanat dengan Cd(II) pada Variasi pH	41
15. Kurva Variasi pH Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks	42
16. Kurva Variasi Konsentrasi Asam Tanat : Cd(II)	44
17. Hidrolisis Tanin Menjadi Asam Galat	45
18. Struktur Tetrahedral Kadmium(II) Asam Galat	46
19. Kurva Variasi Volume Asam Tanat : Cd(II)	48
20. Waktu Kestabilan Kompleks Asam Tanat dengan Cd(II)	49
21. Kurva Linearitas	51
22. Variasi konsentrasi Asam Tanat (kiri) dan Logam Cd(II) (kanan)	66
23. Variasi Volume Asam Tanat (kiri) dan Logam Cd(II) (kanan)	66

I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan pada bidang industri di Indonesia mengalami kemajuan yang pesat. Hal ini berdampak bagi manusia dan lingkungan sekitar. Dampak negatif yang dihasilkan adalah peningkatan konsentrasi bahan pencemar yang mengganggu lingkungan seperti logam berat. Salah satu pencemaran di lingkungan perairan disebabkan oleh logam berat seperti kadmium yang berasal dari limbah industri tekstil dan pertambangan. Salah satu contohnya adalah industri penyepuhan logam.

Logam berat pada umumnya mempunyai sifat toksik dan berbahaya bagi organisme hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah sedikit. Beberapa logam berat banyak digunakan dalam berbagai kehidupan sehari-hari (Koestoer, 1995). Salah satu contoh logam berat adalah kadmium. Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu yang panjang dapat terakumulasi pada tubuh terutama pada ginjal dan hati. Kadmium bersama dengan merkuri dan timbal termasuk ke dalam *the big three heavy metals* yang berbahaya pada manusia. Kadmium merupakan logam berat yang memiliki toksisitas kedua setelah merkuri. Kadmium termasuk dalam logam berat

berbahaya berdasarkan PP Nomor 85 Tahun 1999 tentang pengolahan limbah bahan berbahaya dan beracun.

Untuk menentukan kadar pencemaran logam kadmium diperlukan metode analisis. Metode analisis kompleks menggunakan asam tanat menjadi metode alternatif baru yang perlu dikembangkan. Apabila ditinjau dari strukturnya asam tanat memiliki pasangan elektron bebas, baik pada gugus keton (pada keadaan polimer), dan gugus hidroksil (pada saat pengaturan pH). Pasangan elektron bebas inilah yang dapat didonorkan kepada ion logam kadmium yang memiliki orbital kosong sehingga asam tanat dapat dikatakan sebagai ligan. Salah satu contoh ligan alam yang dapat digunakan yaitu asam tanat yang berasal dari gambir sebesar $\pm 70\%$, katekin, kuarsetin, lemak, dan lendir dengan persentase yang lebih kecil.

Asam tanat merupakan jenis tanin yang terhidrolisis. Tanin merupakan zat organik yang sangat kompleks dan terdiri dari senyawa fenolik dan mengandung senyawa polifenol tinggi (Carter *et al.*, 1978). Tanin juga dinamakan asam tanat ada yang tidak berwarna tetapi ada juga yang berwarna kuning atau cokelat.

Sumber tanin diperoleh dari jenis bakau-bakauan atau jenis dari hutan tanaman industri seperti akasia (*Acacia sp*), ekaliptus (*Eucalyptus sp*), pinus (*Pinus sp*) dan gambir (*Uncaria gambir Roxb*).

Gambir adalah sejenis getah yang dikeringkan yang berasal dari ekstrak remasan daun dan ranting tanaman gambir (*Uncaria gambir Roxb*). Gambir menjadi salah satu komoditas perkebunan rakyat yang berorientasi ekspor. Varietas unggul tanaman gambir menurut Departemen Pertanian (SK Mentan tahun 2007) adalah

varietas udang (asalnya dari Muarapati Lima Puluh Kota), varietas Riau (asalnya dari Siguntur Pesisir Selatan), dan varietas Cubadak (asalnya dari Siguntur Pesisir Selatan). Menurut Hadad dkk (2009) tanaman gambir tumbuh pada 200 - 800 meter di atas permukaan laut dengan curah hujan sekitar $\pm 3,3$ milimeter per tahun dan kelembaban sekitar 70 - 85%. Setiap jenis tanah dapat digunakan untuk perkebunan gambir dengan kisaran pH 4,8 - 5,5.

Supriyanto (2011) telah melakukan studi analisis spesiasi ion logam Cr(III) dan Cr(VI) dengan asam tanat dari ekstrak gambir menggunakan spektrofotometer ultraungu-tampak. Penelitian tersebut diperoleh pada panjang gelombang maksimum kompleks untuk ion logam Cr(III)-asam tanat pada 580,5 nm dari pH 8 dengan perbandingan kompleks terbaik pada 5:2, waktu untuk memperoleh kestabilan 60 menit, dan menghasilkan koefisien korelasi sebesar 0,9997. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode ini tidak terpengaruh oleh ion pengganggu dengan masing-masing konsentrasi Mn(II) 1 ppm, Fe(II) 0,8 ppm, dan Ni 0,6 ppm.

Analisis ion logam Cd(II) dapat dilakukan dengan pembentukan kompleks kadmium dengan asam tanat menggunakan spektrofotometer ultraungu-tampak. Spektrofotometer ultraungu-tampak mampu menganalisis kestabilan senyawa kompleks yang terbentuk pada panjang gelombang maksimum yang berbeda. Hal ini berdasarkan hubungan antara energi (E) dan panjang gelombang (λ) yaitu apabila energi yang dihasilkan semakin rendah maka senyawa kompleks yang terbentuk akan stabil. Jadi spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi

secara relatif jika energi ditransmisikan, diemisikan, atau direfleksikan sebagai fungsi dari panjang gelombang (Khopkar, 2003).

Analisis ion logam Cd(II) dapat dilakukan dengan ligan lain seperti ligan kufreron menggunakan spektrofotometer ultraungu-tampak menunjukkan pH optimum 3, rasio logam:ligan yaitu 1:4, membentuk senyawa kompleks $[\text{Cd}(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{N}_3\text{O}_2)_4]$ pada panjang gelombang 380 nm dengan absorbansi sebesar 0,335 (Lestari dkk., 2014). Rachmasari dan Sugiarto (2017) telah melakukan analisis pengaruh ion Cd(II) pada penentuan ion Fe(II) dengan pengompleks 1,10-fenantrolin menggunakan spektrofotometer uv-vis didapatkan panjang gelombang maksimum kompleks Cd(II) 1,10-fenantrolin sebesar 316 nm dengan absorbansi 0,297, membentuk kompleks $[\text{Cd}(\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2)_2]^{2+}$.

Pada penelitian ini akan dilakukan optimasi sebagai berikut: optimasi panjang gelombang kompleks ion logam kadmium dan asam tanat, optimasi terhadap pH ion kadmium dan asam tanat, optimasi perbandingan konsentrasi asam tanat dan ion kadmium, optimasi volume asam tanat dan ion kadmium, optimasi kestabilan senyawa asam tanat-ion kadmium, dan menentukan validasi metode.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan panjang gelombang maksimum kompleks antara ion logam kadmium dan asam tanat.

2. Mendapatkan pH optimum, konsentrasi optimum, volume optimum dan waktu optimum untuk senyawa kompleks ion logam kadmium dan asam tanat.
3. Melakukan validasi metode terhadap analisis kompleks ion logam kadmium dan asam tanat.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan informasi dalam pemanfaatan ligan alam untuk analisis kadmium dan metode yang digunakan bisa menjadi metode alternatif baru yang ramah lingkungan dalam menganalisis ion logam kadmium dalam lingkungan.

II TINJAUAN PUSTAKA

A. Gambir

Tanaman gambir dapat tumbuh sekitar ketinggian 8 kaki (Kim Suan, 2009). Di Indonesia gambir digunakan untuk menyirih. Kegunaan yang lebih penting adalah sebagai bahan penyamak kulit dan pewarna (Hayani, 2003). Masalah utama pengolahan gambir di Indonesia adalah produksi yang rendah, dan mutu hasil pengolahan gambir yang rendah pula. Mutu hasil pengolahan yang rendah disebabkan cara pengolahannya yang masih tradisional, kurang memperhatikan kebersihan hasil olahan, dan rendahnya kadar katekutanat. Rendahnya kadar katekutanat mengakibatkan pendapatan petani gambir menjadi rendah.

Klasifikasi tanaman gambir dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Ilmiah Gambir (Haryanto, 2009)

Kerajaan	Plantae
Divisi	Magnoliophyta
Kelas	Magnoliopsida
Ordo	Gentianales
Famili	Rubiaceae
Genus	Uncaria
Spesies	Uncaria gambir
Nama binomial	<i>Uncaria gambir</i>
Sinonim	<i>Ourouparia gambir</i> Roxb. dan <i>Nauclea ga</i>

Ciri-ciri tumbuhan gambir menurut Dharma (1987) yaitu tumbuhan perdu dengan tinggi 1 - 3 cm, setengah merambat dengan percabangan memanjang. Daun berhadapan, ujung meruncing, permukaan tidak berbulu (licin), dan tangkai daun pendek. Bunganya tersusun majemuk dengan mahkota berwarna merah muda atau ungu, bentuk lonceng, kelopak bunga pendek, dan buah berbentuk bulat telur dengan dua ruang. Tanaman gambir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 . Tanaman Gambir (Anonim, 2017)

Thorper and Whiteley (1991) mengemukakan bahwa ekstrak gambir mengandung komponen kimia antara lain asam katekutanat 20 - 55%, *pyrocatechol* 20 - 30%, gambir fluoresensi 1 - 3%, kateku merah 3 - 5%, kuarsetin 2 - 4%, *fixed oil* 1 - 2%, lilin 1 - 2%, dan katekin 7 - 33%. Hazwan and Jain (2010) telah melaporkan potensi ekstrak gambir sebagai inhibitor korosi untuk baja ringan dalam larutan asam.

Menurut Hagerman (2002) katekin termasuk dalam struktur flavonoid, tidak berwarna, dalam keadaan murni sedikit tidak larut dalam air dingin tetapi sangat larut dalam air panas, dan larut dalam alkohol dan etil asetat. Katekin hampir tidak larut dalam kloroform, benzene dan eter. Jika mengalami proses pemanasan yang lama atau pemasakan dengan larutan bersifat basa akan berubah menjadi

asam katekutanat yang berjumlah $\pm 24\%$. Struktur katekin dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Katekin (Hagerman, 2002)

B. Tanin

Getah gambir yang diekstrak dari daun gambir mempunyai kandungan tanin sebesar 24,56%. Menurut Howell (2004) tanin secara kimia terbagi menjadi 2 golongan, yaitu tanin terkondensasi dan tanin terhidrolisis. Tanin terkondensasi tersebar luas dalam *angiospermae*, terutama pada jenis tumbuh-tumbuhan berkayu. Sebaliknya tanin terhidrolisis penyebarannya terbatas pada *angiospermae* (Robinson, 1995).

Jenis tanaman yang mengandung tanin antara lain daun sidaguri (*Sida rhombifolia* L.), digunakan sebagai pestisida nabati pembunuh ulat (*larvasidal*), daun melinjo (*Gnetum gnemon* L.), daun gamal (*Gliricidia sepium* Jacq.) dan lamtoro (*Leucaena leucocephala* Lamk.) mempunyai kandungan tanin 8 - 10%. Biji pinang (*Areca catechu* L.) dan simplisia gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) dikenal luas sebagai penghasil tanin dengan kandungan tanin masing-masing sebesar 26,6% dan 30 - 40% (Firdausi dkk., 2013).

1. Sifat Fisik dan Kimia Tanin

Sifat fisik tanin adalah sebagai berikut:

1. Mempunyai berat molekul tinggi dan mudah dioksidasi menjadi suatu polimer, sebagian besar tanin berbentuk amorf.
2. Berwarna putih kekuning-kuningan sampai coklat terang, tergantung dari sumber tanin tersebut.
3. Berbentuk serbuk atau berlapis-lapis seperti kulit kerang, berbau khas dan mempunyai rasa sepat.
4. Warna tanin akan menjadi gelap apabila terkena cahaya langsung atau dibiarkan di udara terbuka.
5. Mempunyai sifat atau daya bakteristatik, fungistatik dan merupakan racun.
6. Memiliki titik leleh 305°C .
7. Memiliki titik didih 1271°C .

Menurut Risnasari (2002) sifat kimia tanin adalah sebagai berikut:

1. Memiliki rumus molekul $\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{46}$.
2. Memiliki berat molekul 1701,229.
3. Dapat diidentifikasi dengan kromatografi.
4. Tanin memiliki memiliki gugus fenol dan bersifat koloid.
5. Memberikan reaksi warna dengan garam besi. Reaksi ini digunakan untuk menguji klasifikasi tanin, karena tanin dengan garam besi memberikan warna hijau dan biru kehitaman.
6. Tanin akan terurai menjadi *pyrogallol*, *pyrocatechol* dan *phloroglucinol* bila

dipanaskan sampai suhu (99 -102°C).

7. Kelarutan dalam etanol 0,82 gram dalam 1 ml (70°C).
8. Kelarutan dalam air 0,656 gram dalam 1 ml (70°C).

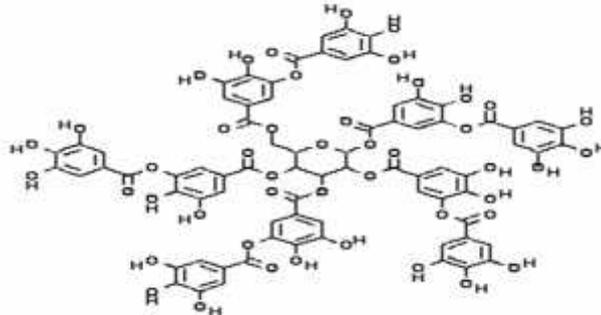
Kegunaan tanin pada bidang industri adalah sebagai berikut:

1. Pada industri farmasi digunakan sebagai anti septik pada jaringan luka, misalnya luka bakar dengan mengendapkan protein. Selain itu digunakan untuk campuran obat cacing dan anti kanker.
2. Pada industri kulit digunakan karena kemampuannya mengikat protein sehingga mencegah kulit dari proses pembusukan.
3. Digunakan pada industri pembuatan tinta dan cat karena memberikan warna biru tua atau hijau kehitam-hitaman dengan kombinasi tertentu.
4. Pada industri minuman digunakan untuk pengendapan serat-serat organik pada minuman anggur atau bir.

Tanin terdiri dari gugus hidroksi dan beberapa gugus yang bersangkutan seperti karboksil untuk membentuk kompleks kuat yang efektif dengan protein dan beberapa makromolekul. Tanin hampir ditemukan setiap bagian dari tanaman seperti kulit kayu, daun, buah, dan akar (Hagerman, 2002). Fenol yang ada pada tanin berguna sebagai pengkhelat logam. Proses pengkhelatan akan terjadi dengan pola substitusi dan pH senyawa fenol itu sendiri. Hal ini terjadi pada tanin terhidrolisis, sehingga memiliki kemampuan menjadi pengkhelat logam yang kuat dan stabil. Adanya fenol dalam tanin dapat mereduksi senyawa Fe(III) menjadi Fe(II) membentuk kompleks berwarna biru hitam (Sudjadi, 2010). Hidrolisis total

asam tanat akan menghasilkan karboksilat dan asam galat (Hagerman, 2002).

Struktur tanin dapat dilihat pada Gambar 3.

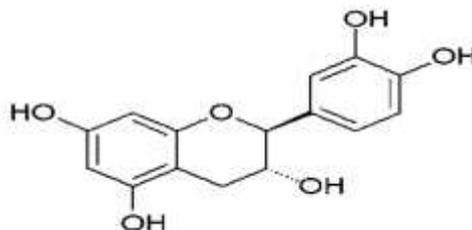


Gambar 3. Struktur Tanin (Sanghoon *et al.*, 2015)

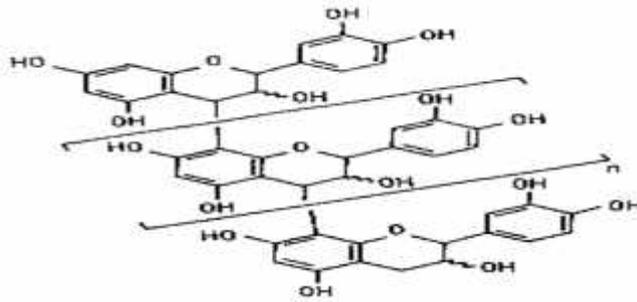
2. Golongan Tanin

a. Tanin Terkondensasi

Tanin jenis ini biasanya tidak dapat dihidrolisis yang terdiri dari polimer flavonoid yang merupakan senyawa fenol. Salah satu contohnya adalah sorgum prosianidin merupakan trimer yang tersusun dari epikatekin dan katekin. Senyawa ini jika dikondensasi akan menghasilkan flavonoid jenis flavan dengan bantuan nukleofil berupa floroglusinol. Struktur epikatekin dan sorgum prosianidin dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



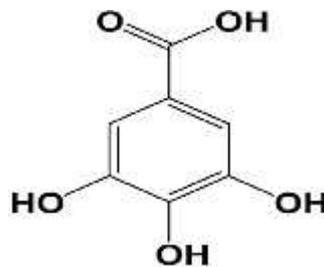
Gambar 4. Epikatekin (Hagerman, 2002)



Gambar 5. Struktur Sorgum Proasianidin (Hagerman, 2002)

b. Tanin Terhidrolisis

Salah satu contoh jenis tanin ini adalah galotanin yang merupakan senyawa gabungan karbohidrat dan asam galat. Tanin terhidrolisis adalah turunan dari asam galat. Struktur asam galat dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur Asam Galat (Hagerman, 2002)

C. Logam Berat

Logam bersifat konduktor yaitu mempunyai daya hantar panas dan elektrik yang tinggi, sedangkan nonlogam bersifat isolator. Berdasarkan kerapatannya, logam dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu logam ringan dan logam berat. Logam ringan adalah logam yang memiliki berat jenis kurang dari 5 g/cm^3 , sedangkan

logam berat adalah logam yang memiliki berat jenis lebih besar atau sama dengan 5 g/cm^3 (Apriliani, 2010).

Logam berat merupakan klasifikasi untuk logam yang menimbulkan toksisitas. Sumber utama dari logam berat yaitu pertambangan dan industri seperti pengecoran, pengilangan minyak, petrokimia dan industri kimia, pipa besi yang terbuang, gas pembuangan bermotor dan juga pertambangan batubara (Dinnis and Antonio, 2011). Logam berat dalam jumlah besar dapat terpapar ke lingkungan melalui limbah industri, sampah organik, pembakaran sampah, generator listrik dan emisi transportasi. Logam berat dapat terbawa pada tempat yang jauh dari sumber dengan bantuan angin, tergantung apakah polusi itu berbentuk gas atau partikel (Agarwal, 2009).

Pencemaran akibat kegiatan industri dapat menyebabkan kerugian, karena mengandung zat beracun antara lain raksa (Hg), kadmium (Cd), krom (Cr), timbal (Pb), tembaga (Cu), yang sering digunakan dalam proses produksi suatu industri baik sebagai bahan baku, katalisator ataupun bahan utama. Logam-logam ini akan membentuk senyawa organik dan anorganik yang berperan dalam merusak kehidupan makhluk hidup yang ada di dalam perairan (Darmono, 2001). Logam sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk proses metabolise tubuh. Di samping dibutuhkan, logam berat dapat memberikan dampak buruk biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup.

Air tawar yang mengandung logam berasal dari buangan air limbah, erosi, dan dari udara secara langsung. Air tawar mengandung material anorganik dan

organik yang lebih banyak daripada air laut. Material tersebut mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi logam, sehingga pencemaran logam pada air tawar lebih mudah terjadi (Alaerts, 1984). Menurut Hutagalung (1997) peningkatan kadar logam berat dalam air akan mengakibatkan logam berat yang semula dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme akan berubah menjadi racun bagi organisme. Selain bersifat racun logam berat juga akan terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses gravitasi, biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi oleh biota air.

Logam berat jika terserap ke dalam tubuh maka tidak dapat dihancurkan, bersifat toksik dan mengganggu kehidupan mikroorganisme. Pada manusia logam berat menimbulkan efek kesehatan tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat di dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Logam berat dapat juga penyebab alergi, karsinogenik bagi manusia dan dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan kematian (Putra dan Putra, 2005; Widowati dkk., 2008).

Logam berat dapat terakumulasi ke dalam tubuh biota yang ada di perairan misalnya pada kerang yang memiliki sifat *filter feeder* dengan didukung pergerakannya yang lambat sehingga sulit untuk kerang menghindar dari kondisi yang tercemar oleh logam-logam berat. Sifatnya *filter feeder* membuat kerang merupakan biota yang paling besar mengakumulasi logam berat dibanding biota air lainnya (Beesley *et al.*, 1988).

Pemasok logam berat dalam tanah pertanian antara lain bahan agrokimia (pupuk dan pestisida), asap kendaraan bermotor, bahan bakar minyak, pupuk organik, buangan limbah rumah tangga, industri, dan pertambangan. Selain itu sumber logam berat dalam tanah berasal dari bahan induk pembentuk tanah itu sendiri, seperti Cd banyak terdapat pada batuan sedimen schales (0,22 ppm berat), Cr pada batuan beku ultrafanik (2,980 ppm berat), Hg pada bauan sedimen pasir (0,29 ppm berat), Pb pada batuan granit 24 ppm berat (Zoidis *et al.*, 2010).

1. Kadmium (Cd)

Kadmium adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cd, nomor atom 48 dan massa atom standar 112,411(15). Kadmium merupakan salah satu elemen yang paling berbahaya bagi kesehatan manusia, karena menghasilkan efek buruk pada proses metabolisme kadmium dapat diklasifikasikan sebagai unsur yang bersifat toksik dengan waktu paruh pada rentang 10 - 30 tahun dan dapat membuat kerusakan pada organ seperti ginjal, hati dan paru-paru, walau dalam konsentrasi yang sangat kecil.

Kadmium bersifat tahan panas sehingga sangat baik untuk campuran pembuatan keramik. Kadmium merupakan logam yang sering digunakan dalam lempengan elektroda, pengecatan, stabilizer dalam pabrik plastik dan baterai dan sebagai campuran logam (*alloy*). Kadmium relatif aktif dalam lingkungan aquatik dan garam-garamnya dapat larut dalam air. Kadmium dapat membahayakan kesehatan manusia. Penyakit yang paling terkenal akibat keracunan kadmium adalah *itai-itai disease* di sepanjang Sungai Jinzu, Jepang (Agustina, 2010).

Beberapa contoh senyawa logam yang bersifat toksik dan merupakan logam berat diantaranya Pb, Cr, Ni, Cd, As. Senyawa-senyawa logam ini bersumber dari aktifitas industri yang menyebar ke lingkungan dan memiliki efek yang buruk bagi organisme hidup (Vandana dan Praktik, 2012).

Logam kadmium sangat banyak digunakan dalam kehidupan manusia. Prinsip dasar dalam penggunaan kadmium adalah sebagai bahan stabilisasi bahan pewarna dalam industri plastik dan pada elektroplating. Namun sebagian dari substansi logam kadmium ini juga digunakan untuk solder dan alloy-alloynya digunakan pula pada baterai. Umumnya logam kadmium senyawa oksida dari kadmium (CdO), hidrat (CdH₂), dan khloridanya paling banyak digunakan dalam industri elektroplating. Selain itu banyak digunakan dalam industri-industri ringan, seperti pada proses pengolahan roti, pengolahan ikan, pengolahan minuman, industri tekstil dan lain-lain, banyak dilibatkan senyawa-senyawa yang dibentuk dengan logam kadmium, meskipun penggunaannya hanyalah dengan konsentrasi yang sangat rendah (Cobb, 2008).

Dalam optimasi yang dilakukan Heydari (2014) pH yang digunakan dalam analisis yaitu pada pH 9 menggunakan pelarut aseton dikarenakan memberikan absrobansi maksimum. Konsentrasi dithizon yang digunakan (1 mg/L) dithizon dalam 1-undecanol. Kompleks yang terbentuk dapat menyerap sinar maksimum pada panjang gelombang 420 nm. Dalam perhitungan didapatkan batas deteksi pada analisis yaitu 0,0005 µg/mL, nilai koefisien korelasi 0,9948 dan RSD <6%.

Dalam perairan, kelarutan kadmium dalam konsentrasi tertentu dapat membunuh biota perairan. Pada konsentrasi 200 µg/L menyebabkan keracunan pada ikan (Nurhasni, 2010). Logam kadmium juga mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan, dan manusia).

Keracunan kadmium bersifat akut dan kronis. Sistem tubuh yang dapat dirusaknya adalah ginjal, paru-paru, kekurangan darah, kerapuhan tulang, mempengaruhi sistem reproduksi dan organ-organnya, serta logam kadmium diduga merupakan salah satu penyebab dari timbulnya kanker pada manusia (Palar, 1994).

Keracunan akut muncul setelah 4 - 10 jam sejak penderita terpapar oleh kadmium.

Keracunan kadmium menimbulkan penyakit paru-paru akut. Paparan kadmium secara akut dapat menyebabkan kehilangan nafsu makan, daya tahan tubuh lemah, kerusakan ginjal, kanker, sakit kepala, merusak sistem fisiologis tubuh, antara lain sistem urinuria, sistem respirasi, sistem sirkulasi darah dan jantung, kerusakan sistem reproduksi, sistem syaraf, kerusakan tulang, kedinginan hingga menggigil, nyeri otot dan diare bahkan bisa menyebabkan kematian (Widowati dkk., 2008).

Kadmium juga dapat menyebabkan dampak pada pertanian, jika air pada irigasi tercemar kadmium akibatnya padi yang dipanen dapat mengakumulasi kadmium. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengolahan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, logam berat kadmium di perairan untuk kelas II tidak boleh melebihi 0,01 mg/L (Rahmaningrum dkk., 2015).

Kadmium digunakan pada penyepuhan logam, pembuatan logam campuran, dan terdapat pada solder perak (Dreisbach and Robertson, 1994). Kadmium juga banyak digunakan dalam industri baterai, plastik, dan pewarna di industri tekstil (Mihardja dan Pranowo, 2001). Larutan kadmium larut pada makanan asam seperti jus buah dan cuka. Ketika bahan dari kadmium dipanaskan diatas titik lelehnya (321°C), uap kadmium akan terlepas. Patologi yang ditemukan pada kasus keracunan kadmium dalam pencemaran adalah peradangan pada saluran pencernaan dan kerusakan hati dan ginjal (Dreisbach and Robertson, 1994).

D. Senyawa Kompleks

Senyawa kompleks adalah senyawa yang terdiri dari suatu atom pusat dengan satu atau lebih ligan yang mengelilinginya yang menyumbangkan pasangan elektron bebasnya kepada atom pusat. Atom pusat biasanya merupakan ion logam.

Donasi pasangan elektron ligan kepada ion logam pusat menghasilkan ikatan kovalen koordinasi sehingga senyawa kompleks juga disebut senyawa koordinasi (Cotton dan Wilkinson, 1989). Senyawa kompleks berhubungan dengan asam dan basa lewis dimana asam lewis adalah senyawa yang dapat bertindak sebagai penerima pasangan bebas sedangkan basa lewis adalah senyawa yang bertindak sebagai penyumbang pasangan elektron.

Atom pusat adalah atom yang menyediakan tempat bagi elektron yang didonorkan. Ligan adalah spesies yang memiliki atom yang dapat menyumbangkan pasangan elektron pada ion logam pusat pada tempat tertentu dalam lengkung koordinasi, sehingga ion logam adalah asam lewis dan ligan

merupakan basa lewis (Petrucci, 1989). Jumlah dari ligan yang terikat langsung oleh atom pusat disebut bilangan koordinasi. Senyawa kompleks memiliki bilangan koordinasi dan struktur bermacam-macam. Mulai dari bilangan koordinasi 2 sampai 8. Bilangan koordinasi dan ion logam dari senyawa kompleks dapat membentuk geometri. Geometri ion kompleks tergantung pada bilangan koordinasinya dengan struktur seperti linear, tetrahedral, segi empat planar, trigonal bipiramidal, dan oktahedral (Effendy, 2007).

E. Spektrofotometer Ultraungu-Tampak

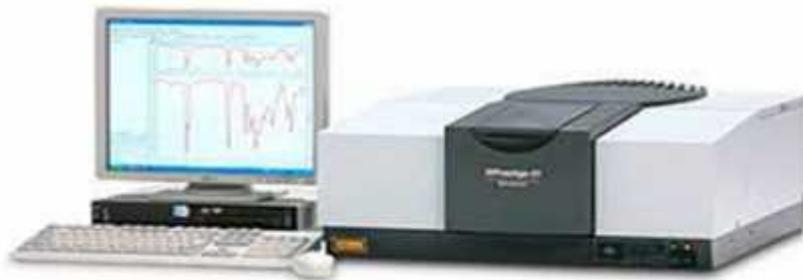
Spektrofotometer adalah instrumen yang mengukur absorpsi atau penyerapan cahaya dengan energi (panjang gelombang) tertentu oleh suatu atom atau molekul. Spektrofotometer yang digunakan daerah spektrum ultraungu dan tampak. Molekul dalam daerah energi ini akan mengalami transisi elektron. Prinsip dari spektrofotometer ultraungu-tampak berdasarkan interaksi antara materi dengan cahaya, cahaya yang dimaksud berupa ultraungu dan cahaya tampak, sedangkan materi dapat berupa atom dan molekul yang lebih berperan adalah elektron valensi.

Alat spektrofotometer terdiri dari spektrofotometer dan fotometer.

Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Spektrofotometer ultraungu-tampak melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif daripada kualitatif

(Mulja dan Suharman, 1995). Secara umum spektrofotometer ultraungu-tampak memiliki 3 tipe yaitu rancangan berkas tunggal (*single beam*), rancangan berkas ganda (*double beam*), dan *multichannel* (Skoog *et al.*, 1998).

Apabila radiasi ultraungu atau sinar tampak yang dikenakan pada suatu medium yang homogen, maka sebagian sinar datang akan direfleksikan, sebagian akan diabsorpsi, dan sisanya akan ditransmisikan. Jika intensitas sinar datang dinyatakan sebagai I_0 , intensitas sinar yang direfleksikan sebagai I_r , intensitas yang diabsorpsi sebagai I_a dan intensitas sinar yang ditransmisikan sebagai I , maka $I_0 = I_r + I_a + I$. Pada spektrofotometer ultraungu-tampak untuk antar permukaan gelas-udara (*air-glass interfaces*) I_r dapat dieliminasi dengan menggunakan kontrol, yaitu sel pembanding, sehingga $I_0 = I_a + I$ (I_0 di sini adalah intensitas sinar yang diteruskan oleh sel pembanding). Alat spektrofotometer ultraungu-tampak dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Alat Spektrofotometer Ultraungu-Tampak (Mukti, 2012)

Metoda spektrometri berupa larutan sampel yang menyerap radiasi elektromagnetik dari sumber cahaya, dimana jumlah radiasi yang diserap sebanding dengan banyaknya analit dalam larutan. Beberapa warna komplementer yang diserap dan diteruskan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Warna Komplementer Panjang Gelombang (Underwood dan Day, 2002)

Panjang Gelombang (nm)	Warna yang diserap	Warna yang diteruskan
380 – 450	Ungu	Kuning-hijau
450 – 495	Biru	Kuning
495 – 570	Hijau	Ungu
570 – 590	Kuning	Biru
590 – 620	Jingga	Hijau-biru
620 – 750	Merah	Biru-hijau

Daerah ultraungu sekitar 10 - 400 nm, tetapi paling banyak penggunaannya secara analitik dari 200 - 380 nm dan disebut sebagai ultraungu dekat. Dibawah 200 nm, udara dapat mengabsorpsi sehingga instrumen harus dioperasikan kondisi vakum, daerah ini disebut dengan daerah ultraungu vakum (Kristianingrum, 2014). Berikut spektrum gelombang elektromagnetik dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Kristianingrum, 2014)

Macam sinar	Panjang gelombang
Sinar X	10 - 100 pkm
Ultraungu jauh	10 - 200 nm
Ultraungu dekat	200 - 400 nm
Sinar Tampak	400 - 750 nm
Infra-merah dekat	0,75 - 2 μ m
Infra-merah tengah	2,5 - 50 μ m
Infra-merah jauh	50 - 1000 μ m
Gelombang mikro	0,1 - 100 cm
Gelombang radio	1 - 1000 m

Menurut Suhartati (2017) beberapa persyaratan pelarut yang baik dan memancarkan sinar ultraungu dalam rentang ultraungu yang luas antara lain:

1. Pelarut yang dipakai tidak mengandung sistem ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur molekulnya dan tidak berwarna.
2. Tidak terjadi interaksi dengan molekul senyawa yang dianalisis.
3. Kemurniannya harus tinggi atau derajat untuk analisis.

4. Melarutkan sampel dengan sempurna.

Absorbansi dari larutan sampel yang diukur spektrofotometer ultraungu-tampak digunakan untuk mengukur intensitas sinar yang dilalui menuju sample (I) dan membandingkan dengan intensitas sinar sebelum dilewatkan ke sampel tersebut (I_0). Rasio I/I_0 disebut transmittan (T), sedangkan absorbansi diperoleh dari transmittan tersebut dengan rumus $A = -\log T$ sesuai dengan hukum dasarnya yaitu hukum Lambert Beer. Hukum Lambert-Beer ini juga memiliki kelemahan, yaitu kenaikan konsentrasi menjadi 2x atau 3x konsentrasi tidak mengubah nilai serapan menjadi 2x atau 3x serapan mula-mula. Ketidakinieran hubungan antara serapan dengan konsentrasi tersebut dinamakan penyimpangan dari hukum Lambert-Beer (Harvey, 2000).

1. Interaksi Cahaya dengan Materi

Cahaya elektromagnetik dapat dipertimbangkan sebagai bentuk energi cahaya sebagai transfer gelombang. Bentuk sederhana dari cahaya elektromagnetik dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Gerakan Gelombang Cahaya Elektromagnetik (Kristianingrum, 2014)

Panjang gelombang (λ) merupakan jarak antara dua gunung atau lembah yang berdampingan dari gelombang itu. Hubungan antara panjang gelombang, dengan frekuensi dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$c = \lambda \cdot \nu \text{ atau } \lambda = c/\nu$$

Keterangan :

- λ : panjang gelombang (cm)
- ν : frekuensi (dt^{-1} atau hertz, Hz)
- c : kecepatan cahaya ($3 \times 10^{10} \text{ cm dt}^{-1}$).

Transisi elektron $\pi \rightarrow \pi^*$ dalam molekul organik memerlukan E yang besar, sedangkan transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$ memerlukan E kecil. Perbedaan energi untuk eksitasi berkaitan dengan hubungan antara energi (E) dan panjang gelombang (λ) pada persamaan Planck sebagai berikut:

$$E = h c / \lambda$$

Keterangan :

- E : energi cahaya (erg)
- h : konstanta Planck ($6,62 \times 10^{-27} \text{ erg det}$)
- c : kecepatan cahaya ($3 \times 10^{10} \text{ cm dt}^{-1}$)
- λ : panjang gelombang (cm)

Berdasarkan persamaan tersebut transisi elektron $\pi \rightarrow \pi^*$ memerlukan panjang gelombang kecil atau energi besar, sedangkan transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$ memerlukan panjang gelombang besar. Transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$ memerlukan energi lebih kecil dari $\pi \rightarrow \pi^*$, karena orbital non bonding berbeda ruang dengan orbital anti ikatan π^* maka jumlah elektron n yang bertransisi ke π^* jumlahnya

lebih sedikit dibanding jumlah elektron transisi dari $\pi \rightarrow \pi^*$, sehingga spektrum ultraungu absorban dari eksitasi $n \rightarrow \pi^*$ jauh lebih rendah (Suhartati, 2017).

2. Pergeseran Panjang Gelombang dan Absorban pada Spektrum Ultraungu-Tampak

Efek batokromik atau pergeseran merah adalah terjadi perubahan absorbansi panjang gelombang ke arah panjang gelombang yang lebih besar. Hal ini karena adanya substituen/auksokrom tertentu pada kromofor, misalnya pengukuran benzen ke fenol, panjang gelombang maksimum fenol akan lebih besar dibandingkan panjang gelombang benzen, atau dapat terjadi karena perbedaan pelarut (Suhartati, 2017).

Efek hipsokromik atau pergeseran biru adalah terjadi perubahan absorbansi ke panjang gelombang yang lebih pendek. Hal ini karena perubahan pelarut atau tidak adanya substituen/auksokrom pada kromofor. Efek hiperkromik adalah terjadinya peningkatan intensitas absorpsi dan hipokromik penurunan intensitas absorpsi, hal ini terjadi karena perbedaan pelarut (Suhartati, 2017).

3. Instrumen Spektrofotometer Ultraungu-Tampak

Instrumen spektrofotometer ultraungu-tampak sesuai jalan prinsipnya terdiri dari sumber radiasi, monokromator, wadah sampel, detektor dan *visual display* atau *recorder* :

1. Sumber radiasi

Sumber radiasi untuk daerah ultraungu digunakan tabung deuterium yang menghasilkan radiasi pada interval 200 - 340 nm, sedangkan daerah tampak adalah lampu tungsten yang menghasilkan radiasi antara 340 - 800 nm. Gambar tungsten dan deuterium dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Tungsten (Arisandi, 2006)



Gambar 10. Deuterium (Arisandi, 2006)

2. Monokromator

Monokromator berfungsi sebagai penyeleksi panjang gelombang yaitu mengubah cahaya yang berasal dari sumber sinar polikromatis menjadi cahaya monokromatis. Jenis monokromator yang saat ini banyak digunakan adalah *grating* atau lensa prisma dan filter optik. Jika digunakan *grating* maka cahaya akan diubah menjadi spektrum cahaya. Filter optik berupa lensa berwarna sehingga cahaya yang diteruskan sesuai dengan warna lensa yang dikenai cahaya. Ada banyak lensa warna dalam satu alat yang digunakan sesuai dengan jenis pemeriksaan (Kristianingrum, 2014).

3. Tempat Sampel

Sampel biasanya ditempatkan pada wadah tabung atau kuvet yang terbuat dari kaca, kuarsa atau material transparan lainnya. Kuvet kaca menyerap cahaya pada daerah ultraungu, sehingga hanya dapat digunakan pada panjang gelombang di atas 340 nm. Kuvet *disposable* yang biasa dijumpai saat ini terbuat dari bahan polimer polimetakrilat atau polistirena.

4. Detektor

Intensitas cahaya yang melewati sampel diukur dengan detektor sensitif cahaya. Detektor terdiri dari suatu katoda dan anoda. Apabila foton mengenai katoda, suatu elektron akan terpancar dan tertarik ke anoda menyebabkan timbulnya aliran listrik yang besarnya dapat direkam oleh alat pencatat.

Menurut Kristianingrum (2014) syarat-syarat sebuah detektor :

1. Kepekaan yang tinggi.
2. Perbandingan isyarat atau signal dengan bising tinggi.
3. Respon konstan pada berbagai panjang gelombang.
4. Waktu respon cepat dan signal minimum tanpa radiasi.
5. Signal listrik yang dihasilkan harus sebanding dengan tenaga radiasi.

Spektrofotometer ultraungu-tampak menggunakan detektor *phototube* atau *photomultiplier tube* (PMT). Tabung *photomultiplier* terdiri dari rangkaian *phototube*.

5. Pencatat (*Recorder*)

Recorder berfungsi untuk menampilkan hasil pengamatan dan merupakan sistem baca yang memperagakan besarnya isyarat listrik, menyatakan dalam bentuk % transmittan maupun absorbansi (Kannedy, 1990).

F. Validasi Metode

Validasi adalah suatu tindakan penilaian terhadap parameter tertentu pada prosedur penetapan yang dipakai untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan untuk penggunaannya (Harmita, 2004). Parameter yang dapat ditentukan pada validasi metode adalah akurasi, presisi, limit deteksi, limit kuantifikasi, dan linearitas. Validasi metode digunakan untuk pembuktian apakah suatu metode pengujian sesuai untuk maksud atau tujuan tertentu dan untuk jaminan mutu hasil uji yang dievaluasi secara objektif. Validasi terhadap suatu metode analisa menjadi faktor penting karena hanya metode analisa yang telah dibuktikan validitasnya maka hasil pengukurannya bisa dipertanggung jawabkan dan dipergunakan sebagai landasan dalam perhitungan berikutnya.

1. Akurasi (ketepatan)

Akurasi pada metode analisis adalah kedekatan nilai hasil uji yang diperoleh dari harga sebenarnya, dapat dinyatakan dalam persen perolehan kembali analit pada penentuan kadar sampel yang mengandung suatu analit dalam jumlah yang diketahui. Akurasi merupakan ukuran ketepatan prosedur analisis. Persen perolehan kembali (% *recovery*) dapat dinyatakan dalam rumus:

$$\% \text{ perolehan kembali} = \frac{C_F - C_A}{C_S} \times 100\%$$

Keterangan :

C_F : konsentrasi total sampel yang diperoleh dari pengukuran

C_A : konsentrasi sampel sebenarnya

C_S : konsentrasi standar yang ditambahkan

(Septiana, 2009).

2. Presisi (ketelitian)

Presisi adalah derajat kesesuaian diantara masing-masing uji, jika pada prosedur analisis diterapkan berulang kali pada sejumlah cuplikan yang diambil dari sampel homogen. Hasil analisis dinyatakan sebagai simpangan baku (SD) dan simpangan baku relatif (RSD). Standar deviasi dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}}$$

$$RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan :

SD : standar deviasi

RSD : simpangan baku relatif

x : kadar sampel yang diperoleh

\bar{x} : kadar rata-rata

n : jumlah pengulangan analisis

3. Limit Deteksi dan Limit Kuantifikasi

Limit deteksi (LoD) menggambarkan konsentrasi analit terkecil dalam sampel yang masih dapat diukur. Limit kuantifikasi (LoQ) menggambarkan konsentrasi terendah analit dalam sampel yang dapat dianalisis dengan presisi dan akurasi di bawah kondisi percobaan tertentu. Metode yang digunakan untuk menentukan kadar sampel yang menghasilkan rasio signal-to-noise 3:1 untuk LoD dan 10:1 untuk LoQ. Limit deteksi dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{LoD} = \frac{3 \times \text{SD}}{S} \quad \text{dan} \quad \text{LoQ} = \frac{10 \times \text{SD}}{S}$$

Keterangan :

SD : standar deviasi dari y-intersep

S : slope

4. Linearitas

Linearitas adalah kemampuan suatu metode untuk memperoleh hasil uji yang secara langsung proporsional dengan konsentrasi analit pada kisaran yang diberikan. Linearitas suatu metode menjadi ukuran baik atau tidaknya kurva kalibrasi yang menghubungkan antara respon (y) dengan konsentrasi (x). Uji linearitas dilakukan dengan membuat kurva kalibrasi larutan standar, dari kurva kalibrasi diperoleh persamaan garis lurus atau regresi dan koefisien korelasi yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara korelasi yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara korelasi larutan standar dengan nilai absorbansi yang dihasilkan.

Grafik kurva standar diperoleh dari hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi dengan menggunakan persamaan regresi linear sebagai berikut:

$$y = a + bx$$

keterangan :

y : absorbansi sampel

a : intersep

b : slope

x : konsentrasi sampel

Setelah konsentrasi pengukuran diketahui, maka konsentrasi sebenarnya dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$M = \frac{CVF}{B}$$

Keterangan :

M : konsentrasi logam dalam sampel (mg/Kg)

C : konsentrasi dari kurva kalibrasi (mg/L)

V : volume larutan sampel (L)

F : faktor Pengenceran

B : bobot sampel (Kg)

III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Maret sampai dengan bulan Mei 2018. Preparasi larutan di Laboratorium Kimia Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dan analisis spektrofotometer ultraungu-tampak bertempat di Laboratorium Instrumentasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain neraca analitik, spidol permanen, oven, gegep, loyang, botol plastik polietilen, spektromotometer ultraungu-tampak, pH meter, batang pengaduk, hotplate, spatula, mikro pipet dan alat gelas yang umum digunakan di laboratorium.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alumunium foil, asam tanat, akuades, akuabides, $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dan NaOH.

C. Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Larutan

1.1 Pembuatan Larutan Standar Asam Tanat 100 mM

Ditimbang 17,012 gram asam tanat menggunakan neraca analitik, kemudian dilarutkan menggunakan akuabides di dalam labu takar 100 ml hingga tanda batas dan dihomogenkan.

1.2 Pembuatan Larutan Standar Cd(II) 100 mM

Ditimbang 2,664 gram $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ menggunakan neraca analitik kemudian dilarutkan menggunakan akuabides di dalam labu takar 100 ml hingga tanda batas dan dihomogenkan.

1.3 Pembuatan Larutan Penyangga

Ditimbang 0,4 gram NaOH menggunakan neraca analitik kemudian dilarutkan menggunakan akuades dalam labu takar 100 ml hingga tanda batas dan dihomogenkan. Kemudian dibuat larutan pH dengan menambahkan NaOH 0,1 M tetes demi tetes dalam 250 ml akuades sampai terbentuk pH 8, 9, 10, dan 11.

2. Optimasi Panjang Gelombang Maksimum pada Ion Logam Cd(II) dan Asam Tanat

Penentuan panjang gelombang optimum pada masing-masing larutan induk, yaitu Cd(II) dan asam tanat dengan konsentrasi masing-masing 1 mM dan 0,01 mM.

Optimasi ini dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer ultraungu-tampak.

3. Penentuan Variasi pH dan Panjang Gelombang Maksimum Antara Ion Logam Cd(II) dengan Asam Tanat

Penentuan panjang gelombang maksimum kompleks ion logam Cd(II) dengan asam tanat dilakukan dengan konsentrasi masing-masing 1 mM yang diencerkan dari larutan induk 10 mM menggunakan larutan buffer pH 8, 9, 10 dan 11 untuk asam tanat dan akuabides untuk logam. Optimasi ini dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer ultraungu-tampak.

4. Penentuan Stoikiometri Antara Ion Cd(II) dan Asam Tanat

4.1 Penentuan Stoikiometri Antara Ion Logam Cd(II) dengan Asam Tanat dengan Variasi Konsentrasi Asam Tanat (mM)

Penentuan ini dilakukan dengan cara mengukur kompleks ion logam Cd(II) dengan asam tanat pada pH optimum dan panjang gelombang optimum dengan perbandingan konsentrasi ion logam kadmium : asam tanat yaitu 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:5 menggunakan spektrofotometer ultraungu-tampak..

4.2 Penentuan Stoikiometri Antara Ion Logam Cd(II) dengan Asam Tanat dengan Variasi Konsentrasi Ion Logam Kadmium (mM)

Penentuan ini dilakukan dengan cara mengukur kompleks ion logam Cd(II) dengan asam tanat pada pH optimum dan panjang gelombang optimum dengan perbandingan konsentrasi ion logam kadmium : asam tanat yaitu 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, dan 5:1 menggunakan spektrofotometer ultraungu-tampak..

4.3 Penentuan Stokiometri Antara Ion Logam Cd(II) dengan Asam Tanat dengan Variasi Volume Ion Cd (mL)

Penentuan dilakukan dengan cara mengukur kompleks ion logam Cd(II) dengan asam tanat pada pH optimum, konsentrasi optimum dan panjang gelombang optimum lalu memvariasikan volume ion logam Cd dengan perbandingan 1:1, 2:1, 3:1, 4:1 dan 5:1 menggunakan spektrofotometer ultraungu-tampak..

4.4 Penentuan Stokiometri Antara Ion Logam Cd(II) dengan Asam Tanat dengan Variasi Volume Asam Tanat (mL)

Penentuan dilakukan dengan cara mengukur kompleks ion logam Cd(II) dengan asam tanat pada pH optimum, konsentrasi optimum dan panjang gelombang optimum lalu memvariasikan volume asam tanat dengan perbandingan 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5 menggunakan spektrofotometer ultraungu-tampak.

5. Penentuan Waktu Kestabilan Kompleks Antara Asam Tanat dengan Cd(II)

Penentuan waktu kestabilan dilakukan dengan perbandingan konsentrasi terbaik dan volume terbaik yang diperoleh, diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer ultraungu tampak pada panjang gelombang optimum dan pH optimum dari 0 menit sampai 30 menit dengan skala kenaikan 5 menit.

6. Validasi Metode

6.1 Penentuan Linearitas Kurva Kalibrasi Larutan Ion Logam Cd(II)

Dibuat larutan ion logam Cd(II) dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 1 mM, 3 mM, 5 mM, 7 mM dan 9 mM. Kemudian larutan standar tersebut ditambahkan larutan asam tanat dengan konsentrasi optimum, masing-masing larutan kompleks tersebut diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer ultraungu-tampak. Nilai absorbansi yang diperoleh dibuat persamaan linear hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi. Nilai r yang diperoleh menggambarkan linearitas.

6.2 Penentuan Limit Deteksi (LoD) dan Limit Kuantifikasi (LoQ)

Penentuan LoD dan LoQ untuk logam kadmium diperoleh dari pengukuran blanko (tanpa sampel) yang diperlakukan seperti sampel. Kemudian hasil pengukuran dihitung berdasarkan persamaan kurva kalibrasi yang diperoleh.

6.3 Penentuan Presisi

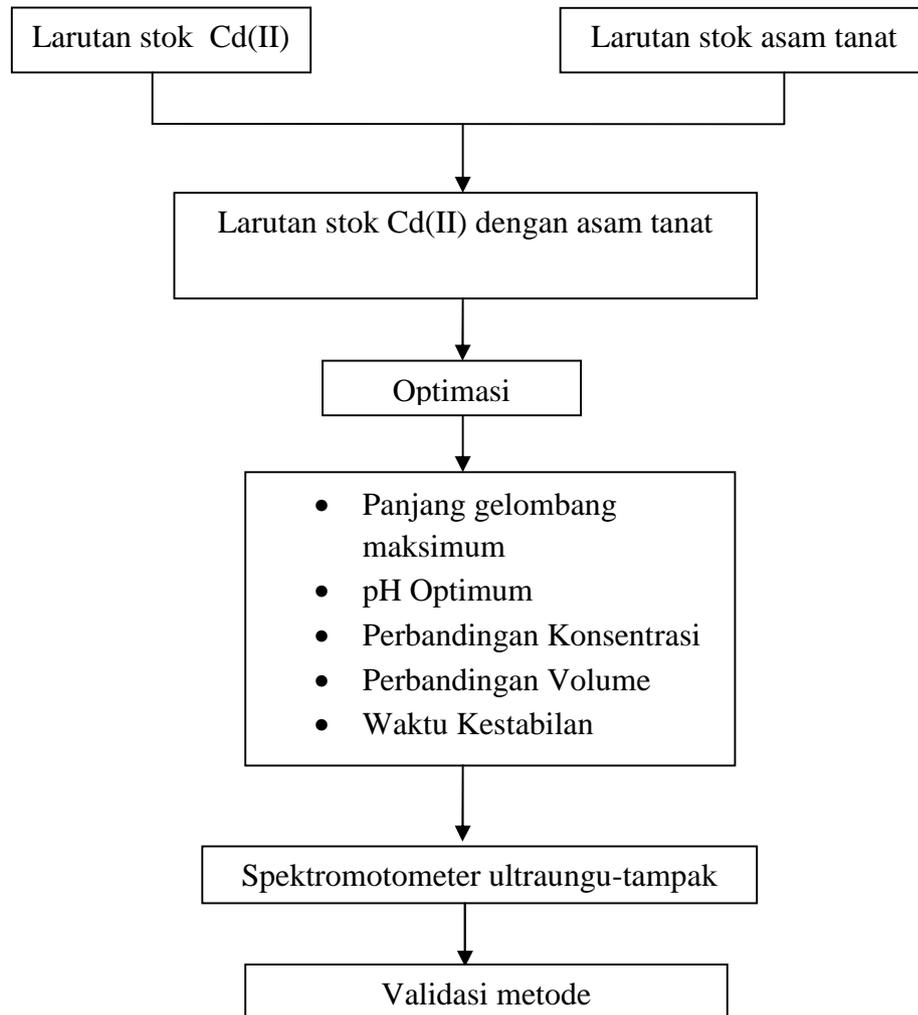
Penentuan presisi dilakukan dengan mengukur konsentrasi sampel dengan 5 kali pengulangan. Nilai absorbansi yang telah diperoleh ditentukan nilai konsentrasi, simpangan baku (SD) serta nilai relatif standar deviasi (RSD). Metode dengan presisi yang baik ditunjukkan dengan perolehan relatif standar deviasi (RSD) $< 2\%$.

6.4 Penentuan Akurasi

Penentuan akurasi dilakukan dengan menambahkan sejumlah analit murni ke dalam campuran. Kemudian campuran dianalisis dan hasilnya dibandingkan terhadap kadar analit yang ditambahkan (kadar sebenarnya). Jumlah analit yang ditambahkan ke dalam sampel atau selisih antara rata-rata dan nilai sebenarnya yang dapat didapat menunjukkan ketepatan. Ketepatan dihitung sebagai *persen recovery* (perolehan kembali).

D. Diagram Alir

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam diagram alir sebagai berikut pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram Alir Penelitian

V SIMPULAN

A. Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Larutan standar asam tanat digunakan sebagai senyawa pengompleks dengan logam Cd(II) sebagai atom pusat.
2. Panjang gelombang maksimum asam tanat diperoleh sebesar 275,4 nm sedangkan logam kadmium sebesar 233 nm.
3. Optimasi pengukuran kompleks asam tanat dan logam Cd(II) diperoleh pH optimum 10, perbandingan stoikiometri asam tanat:logam dengan variasi konsentrasi 4:1, perbandingan stoikiometri asam tanat:logam dengan variasi volume 2:1 yang diukur pada panjang gelombang 477 nm dengan waktu kestabilan 20 menit.
4. Pada uji linearitas diperoleh hasil r sebesar 0,9996, nilai LoD dan LoQ yang diperoleh sebesar 0,041 dan 0,137. Pada uji presisi diperoleh nilai SD sebesar 0,036 dan %RSD sebesar 1,256%. serta nilai %*recovery* yang dihasilkan sebesar 87,96%.

B. Saran

1. Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya melihat struktur kompleks yang terbentuk antara ion logam Cd(II) dengan asam tanat menggunakan spektrofotometer infra merah.
2. Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya melihat pengaruh penambahan ion pengganggu terhadap kestabilan kompleks ion logam Cd(II) dengan asam tanat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2017. Tanaman gambir. <http://id.wikipedia.org/wiki/gambir>. Diakses pada tanggal 7 Oktober 2017 pukul 13.35 WIB.
- Adriano, D.C. 2001. *Trace Elements in Terrestrial Environments*. Heidelberg. Berlin.
- Ahuja, S and M.W. Dong. 2005. *Handbook of Pharmaceutical Analysis by HPLC*. 1st Ed. United Kingdom : Elsevier, Inc. 191-217, 401-412.
- Andriani, Mertiana. 2011. Studi Analisis Ion Logam Cr(III) dan Cr(VI) dengan Asam Tanat dari Ekstrak Gambir Menggunakan Spektrofotometri Ultraungu-Tampak. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Agarwal, S. K. 2009. *Heavy Metal Pollution*. S.B Nangia. Delhi.
- Agustina, Fahrianti. 2010. Penyakit Itai-Itai Akibat Polusi Kadmium (Cd). <http://penyakit-itai-itai-akibat-polusi.html>. Diakses pada tanggal 11 Oktober 2017 Pukul 20.10 WIB.
- Alaert. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Jakarta.
- AOAC. 2002. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. AOAC International.
- Apriliani, Ade. 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb Dalam Air Limbah. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Arisandi, Desi. 2006. Studi Analisis Vanillin Menggunakan Ion Logam Cu(II) secara Spektrofotometri Ultraungu-Tampak. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung.
- Beesley, P.L., G.J.B. Roos and Wells. 1988. Mollusca The Southern Synthesis. *Fauna of Australia*. 5(B): 565-1234.

- Chan, C.C., H.L.Y.C. LEE, and X. Zhang. 2004. *Analytical Method Validation and Instrumental Performance Verification*. Wiley Interscience A. John Wiley and Sons. Inc., Publication.
- Carter, F.L., A.M. Cario., and J.B. Stanley. 1978. Termitidical Components of Wood Ekstraks: 7 Methyljuglone from Diospyros Virginia. *Journal Agriculture Food Chemistry* 26(4): 869-873.
- Cobb, A.B. 2008. *Cadmium*. Marshall Cavendish Benchmark. New York.
- Cotton, F.A., dan G. Wilkinson. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Diterjemahkan oleh Suhati Suharto. UI Pres. Jakarta.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Dharma, A.P. 1987. *Indonesian Medicinal Plants*. Balai Pustaka. Jakarta.
- Christian, G.D. 1994. *Analytical Chemistry*. Fourth Edition. Jhon Wiley & Sons, Inc. University of Washington. Hal 676.
- Dinnis, M., and F. Antonio. 2011. Explossure assesment to Heavy Metal In The Environment: Measures to Eliminated or Reduce To Explosure to Critical Receptors.
- Dreisbach, R.H., and W.O. Robertson. 1994. *Handbook of poinosing: Prevention, Diagnosis, Treatment*. Prentice –Hall International. United State of America.
- Effendy. 2007. *Kimia Koordinasi Jilid I*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Malang (UNM).
- Endermoglu, S.B., and S. Gucer. 2005. Selective Determintion of Alumunium Boubd with Tannin in Tea Infusion. *Analitical Sciences*. 21(8): 1005-1008.
- Fahn, A. 1981. *Anatomi Tumbuhan*. 3rd ed. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Fajriah, N., Zulfadli., dan M. Natsir. 2017. Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Tanaman Kangkung (*Ipomoea aquatica*) Menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA). *J. Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kimia*. 3(2): 162-171.

- Firdausi, A., T.A. Siswoyo., dan S. Wiryadiputra. 2013. Identifikasi Tanaman Potensial Penghasil Tanin-protein Kompleks Untuk Penghambatan Aktivitas - amylase Kaitannya Sebagai Pestisida Nabati. *J. Pelita Perkebunan*. 9(1): 31-34.
- Fu, J., Y. Zhang., and X. Lu. 2015. A Greener Process for Gallic Acid Production from Tannic Acid Hydrolysis with Hydrochloric Acid. *Asian Journal of Chemistry*. 27(9): 3328-3332.
- Gupta, S.P., and G. Garg. 2014. Quantitative Analysis of Tannin Acid in Crude Drug and its Ayurvedic Formulation by UV Spectrophotometry. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*. 6(2): 190-193.
- Goh, T.B., and P.M. Huang. 1986. Influence of Citric and Tnnic Acids on Hydroxy-Al Interlayering in Montmorillonite. *Clays and Clay Minerals*. 34(1): 37-44.
- Hadad, M., N.R. Ahmadi., M. Herman., H. Supriadi., dan A.M. Hasibuan. 2009. Teknologi budidaya dan pengolahan hasil gambir. <http://balitri.litbang.deptan.go.id>. Diakses pada tanggal 11 Oktober 2017 pukul 19.01 WIB.
- Hagerman, A. E. 2002. *Tannin Chemistry*. Department of Chemistry and Biochemistry Miami University. Miami.
- Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksana Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. 1(3): 117-135.
- Harvey, David. 2000. *Modern Analitiycal Chemistry*. McGraw-Hill. New York.
- Haryanto, sugeng. 2009. *Ensiklopedia Tanaman Obat Indonesia*. Palmall. Yogyakarta.
- Hayani, E. 2003. Analisis kadar catechin dari gambir dengan berbagai metode. 8(1): 337-1980.
- Hazwan, H.M., and K.M. Jain. 2010. The corrosion inhibition and adsorption behaviour of Uncaria gambir extract on mild steel in 1M HCl. 10(16): 1-13.
- Heydari, S. 2014. Separation Preconcentration and Determination of Trace Levels of Cadmium in Saffron Samples by Dispersive Liquid-Liquid Based on Solidification of Floating Organic Drop Microextraction Coupled to UV-Vis Spectrophotometry. *Canadian Chemical Transactions*. 2(1): 2291-6466.
- Hiroataka, E., J.Joseph., Richardson., K. Liang., J.P. Best., J.P. Best., M.P.V. Koeverden., G.K. Such., J. Cui., F. Caruso. 2013. *Science*. 341(154): 154-157.

- Howell, A.B. 2004. *Hydrozable Tannin Extracts from Plants Effective at Inhibiting Bacterial Adherence to Surfaces*. United States Patent Application. USA.
- Hutagalung, H.P. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta.
- Iffat, A.T., Z.T. Maqsood., and N. Fatima. 2005. Study of Complex Formation of Fe(III) with Tannic Acid. *Jour.Chem.Soc.Pak.* 27(2): 174-177.
- Kannedy, H.J. 1990. *Principles Analytical Chemistry Second Edition*. Saunders College Publishing. USA.
- Khopkar, S.M. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*, diterjemahkan oleh Saptorahardjo. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Kim Suan, T. 2009. *Transformation of Rust by Uncaria gambir*. Universiti Sains Malaysia. Malaysia.
- Koester, Y. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Terjemahan dari Chemistry and Ecotoxicology of Pollution oleh D.W. Connel, UI Press. Jakarta.
- Kristianingrum, Susila. 2014. *Spektroskopi Ultra Violet dan Sinar Tampak*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Lestari, I., Afrida., and A. Sanova. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Logam Kadmium(II) Dengan Ligan Kufreeron. 16(1): 1-8.
- Masoud, M.S., S.S. Hagagg., A.I. Ali., and N.M. Nasr. 2012. Syintesis and Spectroscopic Characteriization of Gallic Acid and Some of its Azo Complexes. *Journal of Molekular Structure*. 1014: 17-25.
- Mihardja, D.K dan W.S. Pranowo. 2001. *Kondisi Perairan Kepulauan Seribu*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Mukti, Kusnanto. 2012. *Analisis Spektroskopi UV-Vis Penentuan Konsentrasi Permanganat (KMnO₄)*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Mulja dan Suharman. 1995. *Analisis Instrumental*. Airlangga University Press. Surabaya.
- Nurhasni. 2010. Penyerapan ion Logam Cd dan Cr Dalam air Limbah Menggunakan Sekam Padi. *Jurnal Ilmiah FMIPA Kimia*. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka cipta. Jakarta.

- Petrucci, R. 1989. *kimia dasar : prinsip dan terapan modern*. Erlangga. Jakarta.
- Putra, S.E., dan J.A. Putra. 2005. *Bioremoval Metode Alternatif Untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat*. www.Che-istry. Org. Diakses pada tanggal 13 Oktober 2017 pukul 20.10 WIB.
- Rachmasari, N.A., dan R.D. Sugiarto. 2017. Analisis Pengaruh Ion Cd(II) Pada Penentuan Ion Fe(II) dengan Pengompleks 1,10-Fenantrolin Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Jurnal Sains dan Seni*. 6(1): 2337-3520.
- Rahmaningrum, M.E., E. Wardhani dan K. Pharmawati. 2015. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuh kolot-Nanjung. *Reka Lingkungan*. 1(3).
- Risnasari, Iwan. 2002. *Tanin*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Senyawa Organik Tumbuhan Tinggi. Diterjemahkan oleh Prof. Dr. Kosasih Padmawinata*. ITB. Bandung.
- Sanghoon, K., S. Philippot., S. Fontanav., R.E. Duval., and Emanuel. 2015. pH And Gluthation Responsive Release of Curcumin from Mesoporous Silica Nanoparticles Coated Using Tannic Acid-Fe(III) Cpmplex. *RSC Advance*. 5(110): 90550-90558.
- Septiana, Dian. 2009. Studi Analisis Logam Ca dan Mg Menggunakan Kurkumin dari Ekstrak Rimpang Kunyit (*Curcuma Domestica val.*) Secara Spektrofotometri Ultraungu-Tampak. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung.
- Skoog, D.A., F.J. Holler., and T.A. Niemann. 1998. *Principle of Instrumental Analysis* Edisi ke-5. Saunders Collage. Florida.
- Sudjadi. 2010. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Suhartati, Tati. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrofotometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Aura. Bandar Lampung.
- Supriyanto, R. 2011. Studi Analisis Spesiasi Ion Logam Cr(III) Dan Cr(VI) Dengan Asam Tanat Dari Ekstrak Gambir Menggunakan Spektrometri Uv-Vis. *J. Sains*. 17(1): 35-42.
- Surleva, A., P. Atanasova., T. Kolusheva., and L. Costadinnova. 2014. Study Of The Equilibrium Between Titanium(IV) and Tannic Acid. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 49(6): 594-600.

- Svehla, G. 1979. *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Jilid 1*. PT Kalman Media Pustaka. Jakarta.
- Thorper, J. F., and M.A. Whiteley. 1991. Thorpe's Dictionary of Applied Chemistry. Fourth Edition. Longmans. *Green and Co. London*. (2): 434-438.
- Underwood, A.L., dan R.A. Day. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif, Edisi ke-6*. Erlangga. Jakarta.
- Vandana B.P., dan S.M. Praktik. 2012. Spectrophotometric Method for Determination of Fe(II) and Zn(II) in Multivitamin Soft Gel Capsule. *International Journal of Pharmacy Research and Analysis*. 2(2): 2248-7781.
- Widowati, W., A. Sastiono., dan R. Yusuf. 2008. *Efek Toksik Logam*. Andi. Yogyakarta.
- Yuwono, M., dan G. Indrayanto. 2005. Validation of Chromatographic Method of Analysis. *Profiles of Drug Substran, Excipients, and Related Methodology*. 32: 243-259.
- Zoidis, E., K. Fegeros., G. Zervas., P.F. Surai, and A.C. Pappas. 2010. *Cadmium Toxicity and The Antioxidant System*. Nova Science Public. New York.