

**ANALISIS KADAR LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA SEDIAAN
HERBAL KAPSUL DAN MINYAK KELOR SECARA SPEKTROSKOPI
SERAPAN ATOM (SSA)**

SKRIPSI

**OLEH:
ISTIANATUL MUYASSAROH
NIM. 16630022**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**ANALISIS KADAR LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA SEDIAAN
HERBAL KAPSUL DAN MINYAK KELOR SECARA SPEKTROSKOPI
SERAPAN ATOM (SSA)**

SKRIPSI

**Oleh:
ISTIANATUL MUYASSAROH
NIM. 16630022**

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**ANALISIS KADAR LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA SEDIAAN
HERBAL KAPSUL DAN MINYAK KELOR SECARA SPEKTROSKOPI
SERAPAN ATOM (SSA)**

SKRIPSI

**Oleh:
Istianatul Muyassaroh
NIM. 16630022**

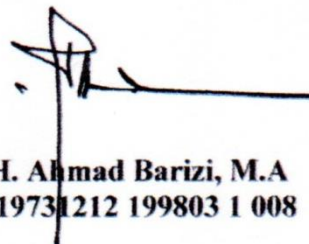
**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diseminarkan
Pada Tanggal: 6 Desember 2022**

Pembimbing I



**Diana Candra Dewi, M.Si
NIP. 19770720 2005312 2 001**

Pembimbing II



**Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 19731212 199803 1 008**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



**Rachmawati Wingsih, M.Si
NIP. 19810614 200801 2 010**

**ANALISIS KADAR LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA SEDIAAN
HERBAL KAPSUL DAN MINYAK KELOR SECARA SPEKTROSKOPI
SERAPAN ATOM (SSA)**

SKRIPSI

**Oleh:
Istianatul Muyassaroh
NIM. 16630022**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 16 Desember 2022**

**Penguji Utama : Himmatul Baroroh, M.Si
NIP. 19750730 200312 2 001**


(.....)

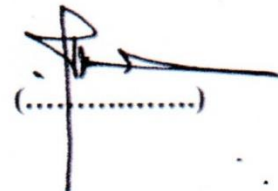
**Anggota Penguji I : Armeida Dwi Ridhowati Madjid, M.Si
NIP. 19890527 201903 2 016**


(.....)

**Anggota Penguji II : Diana Candra Dewi, M.Si
NIP. 19770720 200312 2 001**


(.....)

**Anggota Penguji III : Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 19731212 199803 1 008**


(.....)

**Mengesahkan,
Ketua Program Studi**


**Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Istianatul Muyassaroh

NIM : 16630022

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Analisis Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Sediaan Herbal Kapsul Kelor Dan Minyak Kelor Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa susunan skripsi yang saya tuliskan merupakan hasil karya saya sendiri. Isi dalam skripsi baik berupa tulisan, data dan gambar bukan karya orang lain yang saya akui sebagai pemikiran saya sendiri. Namun, isi dalam skripsi dapat merupakan hak paten milik orang lain, seperti pencantuman sumber rujukan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari saya terbukti melakukan plagiasi terhadap karya tulis orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya tersebut.

Malang, 01 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



Istianatul Muyassaroh

NIM.16630022

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Kedua orang tua tercinta, Bapak Akhmad Fausin dan Ibu Zaitun

yang senantiasa memberikan kasih sayang, didikan serta do'a yang selalu mengiringi tiap langkah saya. Kepada suami tercinta Moh.Khoiri Zahron yang selalu memberikan rasa semangat tanpa ada rasa menyerah dan tidak lupa kakak saya A. Fajar Wahyudi dan adik saya A. Fahrul Alamsyah sebagai pengingat dan penyemangat.

Bapak ibu dosen serta guru yang telah membimbing serta mengajari saya dengan penuh ketulusan dan kesabaran.

MOTTO

“Kesuksesan bukan akhir dan kegagalan juga bukan hal fatal. Hal tersebut merupakan keberanian untuk melakukan sesuatu yang penting”.

Winston Churchill

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, dengan limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Analisis Logam Berat Kadmium (Cd) pada Sediaan Herbal Kapsul dan Minyak Kelor Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)” sebagai salah satu tahapan untuk dapat meraih gelar Sarjana sains di Universitas Islam Negeri Maulana Maulana Malik Ibrahim. Sholawat serta salam selalu turunkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Selama proses penulisan skripsi ini terdapat banyak pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan serta nasihat kepada penulis skripsi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, MA, selaku rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Hariani, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Rachmawati Ningsih, M.Si, selaku ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Diana Candra Dewi, M.Si, selaku dosen pembimbing penelitian yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan nasehat kepada penulis selama menyelesaikan skripsi ini.
5. Dr. Ahmad Barizi, MA, selaku dosen pembimbing agama dalam penulisan skripsi ini.

6. Ayah saya Akhmad Fausin dan Ibu tercinta Zaitun atas kasih sepanjang masa yang tak mungkin bisa terbalaskan, suami saya Moh Khoiri Zahron, kakak kandung A Fajar Wahyudi, adik kandung A Fahrul Alamsyah, mbak ipar Siti Zulfatul Mahmudah, dan keponakan Muhammad Fatihul Akhyar beserta keluarga besar yang telah memotivasi dan memberi semangat kepada penulis.
7. Seluruh Dosen Program studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman, wacana dan wawasannya, sebagai pedoman dan bekal bagi penulis.
8. Seluruh laboran di Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu, dan memberikan wawasan demi kelancaran proses penelitian penulis.
9. Serta seluruh teman-teman program studi kimia angkatan 16 yang telah membantu dan memberikan motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari akan kekurangan dan keterbatasan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu diperlukan kritik, dan saran yang membangun dalam upaya memperbaiki isi naskah skripsi ini sehingga menjadi lebih baik lagi. Akhir kata, semoga dengan penyusunan skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pembuka ide-ide cemerlang bagi kita semua, Amin

Malang, 16 Desember 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMANJUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK.....	xii
ABSTRAC.....	xiv
الملخص.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan.....	6
1.4 Manfaat.....	7
1.5 Batasan Masalah.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Tanaman Kelor (<i>Moringa Oliefera</i> Lamk.).....	9
2.2 Minyak Biji Kelor.....	10
2.3 Obat Herbal.....	11
2.4 Logam Kadmium (Cd) dan Toksisitasnya.....	12
2.5 Kontaminasi Logam Kadmium (Cd) Pada Obat Herbal.....	14
2.6 Metode Destruksi Basah dan Zat Pengoksidasi.....	16
2.7 Analisis Logam Kadmium Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	20
2.7.1 Instrumentasi Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	21
2.7.2 Pengaturan Alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	24
2.7.3 Kelebihan dan Keterbatasan Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	25
2.8 Analisis <i>One Way Anova</i>	26
2.9 Makanan Halal dan Baik Dalam Perspektif Islam.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Pelaksanaan Penelitian.....	31
3.2 Alat dan Bahan.....	31
3.2.1 Alat	31
3.2.2 Bahan.....	31
3.3 Rancangan Penelitian.....	32

3.4 Tahapan Penelitian.....	33
3.5 Cara Kerja.....	33
3.5.1 Pemilihan Sampel.....	33
3.5.2 Pengaturan Alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	33
3.5.3 Pembuatan Kurva Standart.....	34
3.5.3.1 Pembuatan Larutan Standart Kadmium (Cd) 10 ppm.....	34
3.5.3.2 Pembuatan Kurva Standart Kadmium 0; 0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8 ppm.....	34
3.5.4 Destruksi dan Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) dalam Masing-masing Sampel Kapsul Kelor.....	34
3.5.5 Destruksi dan Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) dalam Masing-masing Sampel Minyak Biji Kelor	35
3.5.6 Analisis Data.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Pengambilan Sampel.....	38
4.2 Pembuatan Kurva Standart Kadmium (Cd).....	39
4.3 Destruksi dan Analisis Logam Kadmium (Cd) dalam Sampel Kapsul Kelo.....	42
4.4 Destruksi dan Analisis Logam Kadmium (Cd) dalam Sampel MinyakKelor.....	46
4.5 Kajian Hasil Penelitian.....	50
BAB V PENUTUP.....	54
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Kelor.....	10
Gambar 2.2 Komponen Spektrofotometer Serapan Atom.....	22
Gambar 4.1 Grafik Kurva Standar Logam Kadmium (Cd).....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kondisi Optimum Peralatan SSA Logam Kadmium (Cd).....	25
Tabel 3.1 Analisis Kadar Logam Kadmium Pada Sampel Kapsul Kelor.....	36
Tabel 3.2 Analisis Kadar Logam Kadmium Pada Sampel Minyak Biji Kelor.....	36
Tabel 4.1 kadar logam kadmium (Cd) dalam kapsul kelor dengan merek berbeda menggunakan zat pengoksidasi $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O}_2$	46
Tabel 4.1 kadar logam kadmium (Cd) dalam kapsul kelor dengan merek berbeda menggunakan zat pengoksidasi $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{SO}_4$	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan penelitian.....	60
Lampiran 2. Diagram Alir.....	61
Lampiran 3. Perhitungan.....	64
Lampiran 4. Hasil Uji Kurva Standar.....	66
Lampiran 5. Perhitungan Kadar Pada Masing-masing Sampel.....	68
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian.....	74
Lampiran 7. Uji Statistik.....	76

ABSTRAK

Muyassaroh, I. 2022. **Analisis Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Sediaan Herbal Kapsul Dan Minyak Kelor Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)**. Program Studi Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Diana Candra Dewi, M.Si; pembimbing II: Dr. H. Ahmad barizi, M.A

Kata Kunci: Daun kelor, Kadmium, SSA.

Tanaman kelor sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan obat herbal baik serbuk daun maupun minyak biji kelor. Sediaan serbuk maupun minyak kelor dikhawatirkan terkontaminasi logam berat selama proses produksi, sehingga dilakukan pengujian kandungan logam berat kadmium (Cd) pada sampel kapsul dan minyak kelor.

Ketetapan metode penentuan kadar kadmium penting untuk mendukung keamanan dalam mengkonsumsi kelor yang dijadikan sebagai obat herbal (jamu). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam kadmium (Cd) dalam sampel sediaan herbal kapsul dan minyak kelor secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Jenis penelitian yang dilakukan yaitu penelitian lapangan yang meliputi: pengambilan sampel yang diperoleh dari salah satu toko online, pembuatan kurva standart kadmium (Cd), menggunakan metode destruksi basah tertutup *refluks* pada sampel serbuk dengan zat pendestruksi yang digunakan yaitu $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O}_2$ (10 mL : 4 mL) dan destruksi terbuka yaitu *hotplate* pada sampel minyak kelor dengan Zat pendestruksi $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2$ (10 mL : 1 mL : 3 mL). Kadar logam kadmium (Cd) lalu diukur dengan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA).

Hasil penelitian menunjukkan kadar Kadmium (Cd) sampel kapsul kelor BPOM A, BPOM B, BPOM C, Non BPOM A, Non BPOM B, dan Non BPOM C berturut-turut yaitu 0,016 mg/kg, 0,042 mg/kg, 0,083 mg/kg, 0,133 mg/kg, 0,233 mg/kg, dan 0,3 mg/kg. Sedangkan kadar kadmium (Cd) pada sampel minyak kelor BPOM A, Non BPOM A, Non BPOM B, dan Non BPOM C berturut-turut yaitu 0,9 mg/kg, 0,9 mg/kg, 1,1 mg/kg dan 1,1 mg/kg.

ABSTRACT

Muyassaroh, I. 2022. **Analysis of Heavy Metal Cadmium (Cd) Levels in Herbal Capsules and Oil of Moringa By Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).** Chemistry study program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim. Supervisor I: Diana Candra Dewi, M.Si; advisor II: Dr. H. Ahmad barizi, MA

Keywords: Moringa leaf, Cadmium, AAS.

Moringa is used as raw materials for herbal medicine both leaf powder and moringa seed oil. There is a concern that both Moringa powder and oil are contaminated by heavy metals during the production process, so that heavy metal Cadmium (Cd) levels are measured in samples of capsules and Moringa oil.

The method of determining Cadmium levels are important to support safety in consuming Moringa which is used as herbal medicine. The purpose of this study was to determine the Cadmium (Cd) level in samples of herbal capsules and Moringa oil by Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The type of research conducted was field research which includes: sampling obtained from one of the online stores, the Cadmium standard curves (Cd) making, using the method of wet digestion covered reflux on powder samples with the digestion reagent used, is: HNO_3 : H_2O_2 (10 mL : 4 mL) and open digestion in hotplate for moringa oil sample with digestion agent HNO_3 : H_2SO_4 : H_2O_2 (10 mL : 1 mL : 3 mL). Cadmium (Cd) levels were then measured using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).

The results showed that the Cadmium (Cd) level of Moringa capsule samples BPOM A, BPOM B, BPOM C, Non BPOM A, Non BPOM B, and Non BPOM C was 0.016 mg/kg, 0.042 mg/kg, 0.083 mg/kg, 0.133 mg/kg, 0.233 mg/kg, and 0.3 mg/kg, respectively. Meanwhile, the cadmium (Cd) content in Moringa oil samples of BPOM A, Non BPOM A, Non BPOM B, and Non BPOM C was 0.9 mg/kg, 0.9 mg/kg, 1.1 mg/kg, and 1.1 mg/kg, respectively.

الملخص

الميسرة، إستعانة ٢٠٢٢. تحليل محتوى معدن الكاديوم الثقيل في كبسولات المستحضرات العشبية وزيت المورينجا عن طريق مطيافية الامتصاص الذري (AAS). قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا في جامعة مولانا مالك إبراهيم الدولية الإسلامية. المستشار الأول: ديانا جنديرا ديوي الماجستير، المستشار الثاني: الدكتور احمد باريزي الماجستير

الكلمات البحث: أوراق المورينجا، الكاديوم، مطيافية الامتصاص الذري

المورينجا هذا النبات كمواد خام لصنع الدواء وله إمكانات الطب العشبي. جميع أجزاء المورينجا مفيدة تقريبًا في حياة الإنسان وكذلك الطبية، غالبًا ما يتم استهلاك الأوراق كخضروات، بالإضافة إلى المكونات الغذائية، تحتوي أوراق المورينجا على فيتوسترولس الذي يمكن أن يزيد من إنتاج حليب الثدي. تم استخدام المورينجا كنبات طبي أو غالبًا ما يستخدم كدواء عشبي. هناك قلق من أن كبسولات المورينجا وزيت المورينجا قد يتلوثان بواسطة معدن الكاديوم الثقيل من عملية الإنتاج.

يعد تحديد طريقة تحديد مستويات الكاديوم أمرًا مهمًا لدعم سلامة تناول المورينجا التي تستخدم كدواء عشبي. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد المحتوى المعدني للكاديوم في عينات الكبسولات العشبية وزيت المورينجا بواسطة مطيافية الامتصاص الذري (AAS). نوع البحث الذي يتم إجراؤه هو معمل تجريبي يشمل: أخذ العينات، وعمل منحني قياسي للكاديوم، والتدمير باستخدام طرق الهضم الرطب المغلقة والمفتوحة مع العامل المدمر المستخدم، وهي حمض النيتريك + حمض البيروكسيد (10:4)، حمض النيتريك + حمض الكبريتيك + حمض البيروكسيد (10:1:3). تم قياس المحتوى المعدني للكاديوم باستخدام مطيافية الامتصاص الذري (AAS).

وأظهرت النتائج أن مستويات الكاديوم لعينات كبسولة المورينجا مسجلة لدى ب و م A، ب ف و م B، ب ف و م C، وغير مسجلة في ب ف و م A، ب ف و م B، ب ف و م C على التوالي وهي 0,016 مجم / كجم، 0.042 مجم / كجم، 0.083 مجم / كجم، 0.133 مجم / كجم، 0.233 مجم / كجم، 0,3 مجم / كجم. بينما كانت مستويات الكاديوم في عينات زيت المورينجا مسجلة لدى ب ف و م A، وغير مسجلة في ب ف و م A، ب ف و م B، ب ف و م C على التوالي وهي 0.9 مجم / كجم، 0.9 مجم / كجم، 1.1 مجم / كجم، 1.1 مجم / كجم.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kelor merupakan tanaman perdu dengan tinggi sampai 10 meter, berbatang lunak dan rapuh, dengan daun yang sebesar ujung jari berbentuk bulat telur dan tersusun majemuk. Dari segi anatomi suku *Moringa* ini mempunyai sifat yang khas yaitu terdapat sel-sel mitosis, selain itu dalam musim-musim tertentu dapat menggugurkan daun-daunnya (Tjitrosoepomo, 2013). Kelor memiliki potensi sebagai obat (Tropiah, 2014). Daunnya berwarna hijau menyirip ganda dengan anak daun menyirip ganjil dan helaian daunnya bulat telur, bunga kelor merupakan malai yang keluar dari celah daun, sedangkan buahnya menggantung sepanjang 20-45 cm dan isinya sederetan biji bulat bersayap tiga (Winarti, 2010).

Allah SWT menumbuhkan tanaman patut untuk disyukuri serta dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya, dalam hal ini Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surah ar Ra'd (13) : 4 sebagai berikut:

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُّتَجَوِّرَةٌ وَجَنَّتْ مِنْ أَعْنَبٍ وَرَزْعٍ وَنَخِيلٍ صِنَوَانٌ وَغَيْرُ صِنَوَانٍ يُسْقَى بِمَاءٍ
وَّوَحْدٍ وَتُفَضِّلُ بَعْضَهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya: “Dan di bumi ini terdapat bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon kurma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebagian tanaman-tanaman itu atas sebagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir.

(wafil ardhi qitha'un mutawajaawiraatun) “Dan di bumi terdapat bagian-bagian yang berdampingan.” Mengandung maksud tanah-tanah yang

berdekatan antara satu dengan yang lain, pada bagian ini tanahnya baik, menumbuhkan tanaman yang berguna bagi manusia, sedang dibagian yang lain tanahnya berpasir asin tidak menumbuhkan sesuatu pun dari tanaman. Hal itu semua menunjukkan adanya Allah SWT yang maha berkuasa menentukan pilihan, yang tidak ada selain Tuhan selain dia (Muhammad, 2004). Ayat ini menjadi tanda bahwa makhluk hidup diciptakan seperti tanaman memiliki sifat dan manfaat yang berbeda-beda. Hal ini memungkinkan bahwa kandungan senyawa aktif metabolit sekunder yang ada pada tanaman dapat dimanfaatkan oleh manusia. Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan adalah tanaman kelor yang memiliki manfaat sebagai obat.

Kelor dapat tumbuh di dataran rendah sampai di ketinggian 1000 meter di atas permukaan laut (dpl) dan banyak digunakan sebagai pembatas lahan atau pagar di halaman rumah atau ladang bahkan untuk program penghijauan. Hampir semua dari bagian tanaman kelor bermanfaat dalam kehidupan manusia dan berkhasiat sebagai obat, tidak hanya itu biji kelor merupakan salah satu tanaman yang dapat dipergunakan sebagai salah satu tanaman yang dapat dipergunakan sebagai salah satu keunggulan alami alternatif yang tersedia secara lokal (Rustiah dan Andriani, 2018). Daunnya sering digunakan sebagai obat dan juga dikonsumsi sebagai sayuran, selain untuk bahan makanan, daun kelor mengandung fitosterol yang dapat meningkatkan produksi ASI bagi wanita yang sedang menyusui dan dapat mengatasi anemia pada anak-anak dan ibu hamil (Kristina dan Syahid, 2014). Bahkan kelor sudah dijadikan tanaman obat di India (Indian Herbs), (Lutfiah, 2012).

Penggunaan obat-obatan herbal atau jamu dikonsumsi sebab lebih terjangkau, memperbaiki keseluruhan sistem tubuh, efektif untuk mengobati penyakit kronis yang sulit diatasi dengan obat kimia, efek sampingnya yang relatif kecil bahkan ada yang sama sekali tidak menimbulkan efek samping jika digunakan secara tepat (Dewoto, 2007). Keyakinan tersebut yang menimbulkan pemikiran bahwa obat-obatan herbal itu aman dan bebas dari efek samping dibandingkan dengan obat-obatan kimia, sehingga herbal dikonsumsi dengan obat resep, obat bebas atau herbal lainnya (Wachel, *et al.*, 2011).

Mengonsumsi obat herbal bertujuan untuk mendukung kesehatan dan penggunaan bahan obat tradisional terutama tumbuhan telah melekat di dalam kehidupan masyarakat Indonesia dari generasi hingga kini (Saifudin dkk., 2011). Beberapa kelebihan yang dimiliki obat herbal atau jamu daripada obat sintetik menjadikan masyarakat dengan mudahnya menyimpulkan jamu aman, padahal jamu juga memiliki kelemahan yaitu menghasilkan reaksi yang lambat di dalam tubuh. Faktor ini yang memicu atau mendorong produsen untuk menambahkan bahan kimia ini bertujuan untuk mempercepat terjadinya reaksi di dalam tubuh dari jamu yang kita minum.

Sediaan herbal kelor dibuat dengan berbagai cara dan bentuk misalnya, teh, serbuk, kapsul, dan minyak kelor (ben oil). Ben oil ini diperoleh dengan mengepres sari minyak yang terkandung di dalam biji kelor, selain itu minyak biji kelor juga dapat diperoleh dengan cara mengestrak biji kelor kering menggunakan ekstraktor soxhlet. Minyak biji kelor dapat diisolasi menggunakan pelarut n-heksana dan campuran metanol-kloroform (50:50), dari hasil ini didapatkan minyak sebanyak 30-40% (Tsaknil, 1999). Minyak biji kelor diperoleh dari

perasaan kernel biji kelor yang diambil dari polong yang matang dan kering di pohon. Untuk mendapatkan 1 liter minyak biji kelor dibutuhkan 7,5 kg biji kelor. Minyak biji kelor berwarna kuning dan kaya antioksidan dan tahan sampai 5 tahun (Yani, 2021).

Kekhawatiran tambahan mengenai obat-obatan herbal yaitu adanya logam berat beracun. Telah diketahui bahwa logam berat dalam produk herbal menimbulkan bahaya kesehatan yang substansi karena efek toksik dan mutageniknya, terlepas dari tingkat konsentrasinya (Gupta dkk., 2010). Industrial yang cepat, pengendalian polusi yang tidak efektif, dan penggunaan pupuk serta pengendalian hama yang tidak hati-hati sebagian besar berkontribusi terhadap kontaminasi logam berat di tanah pertanian. Tanaman dan sayuran yang tumbuh di tanah dapat mengakumulasi logam berat (terutama di bagian bawah tanah) sehingga masuk ke dalam rantai makanan manusia (Wong, 1997). Akumulasi logam berat pada tanaman yang dapat dimakan dan dibuat obat memerlukan penyelidikan menyeluruh untuk mencegah peningkatan konsentrasi logam berat.

Kontaminasi logam telah banyak ditemukan pada obat herbal atau jamu karena penyimpanan yang tidak higienis dan kondisi kemasan. Kontaminasi logam yang tinggi dapat terjadi karena efek lingkungan yang rusak yaitu tanah, air, dan udara. Sehingga WHO meningkatkan upaya meniadakan kontaminasi logam berat dalam jamu agar kualitas terjaga (Tamiselvi dan Kannan , 2014). Salah satu logam berat yang terdapat pada jamu yaitu logam kadmium (Cd). Kadmium merupakan logam berat yang sangat berbahaya bagi tubuh manusia. Efek kronis yang disebabkan oleh paparan logam kadmium gangguan kardiovaskuler, gangguan ginjal, dan juga hipertensi (Mujahir, 2009). Logam berat dapat menimbulkan efek

terhadap kesehatan bagi manusia tergantung pada bagian tubuh yang terikat logam. Logam berat yang bersifat racun di dalam tubuh akan membahayakan kesehatan bahkan menyebabkan kematian (Murniasih dan taftazani, 2013). Peraturan Badan pengawasan Obat dan Makanan No 13 tahun 2014 batas cemaran logam berat dalam obat herbal untuk kadmium (Cd) yaitu sebesar 0,3 mg/kg. Penelitian sebelumnya sudah dilakukan oleh Maghrabi (2014) pada obat herbal diperoleh kadar kadmium sebesar 0-0,360 mg/kg. Studi yang dilakukan oleh korfali, dkk (2013) pada 16 tanaman obat di Lebanon diperoleh logam kadmium (Cd) sebesar 0-1,7 mg/kg dan penelitian oleh Dghaim, dkk, (2015) pada jenis 7 tanaman herbal yang umum dikonsumsi di Saudi Arabia menunjukkan konsentrasi logam kadmium (Cd) sebesar 0,01-1,11 mg/kg.

Salah satu metode analisis kadmium (Cd) pada obat herbal yaitu menggunakan Spektroskopi Serapan Atom. Spektroskopi Serapan Atom (SSA) merupakan suatu metode analisis penentuan kadar, unsur secara kualitatif dimana pengukurannya berdasarkan pada penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu. Keuntungannya menggunakan instrument ini yaitu analisisnya sangat pekat, cepat dan teliti, pengerjaannya relatif sederhana dan tidak perlu dilakukan pemisahan logam dalam pelaksanaannya (Khopkar, 1990). Analisis logam Kadmium (Cd) menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) serta perlu dilakukan preparasi sampel dengan cara destruksi. Tujuan dari proses destruksi yaitu agar memperoleh larutan yang tercampur sempurna dengan analit, menghindari terjadinya kontaminasi analit, dan dekomposisi yang sempurna dari padatan (Rodiana dkk., 2017). Destruksi merupakan suatu metode pemecahan senyawa menjadi unsur-unsur yang bisa dianalisis (Kristianingrum, 2012). Secara

umum jenis destruksi terdiri dari dua jenis yaitu destruksi basah dan destruksi kering (Dewi, 2012). Proses destruksi, zart pengoksidasi yang digunakan akan mempengaruhi hasil analisis. Zat pengoksidasi pada umumnya yang sering dipakai yaitu H_2SO_4 , HNO_3 , $HClO_4$, H_2O_2 dan HCl ataupun campuran beberapa darinya, asam sulfat merupakan dehidrator yang sangat kuat bagi karbohidrat dan senyawa organik lainnya.

Berdasarkan latar belakang di atas penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar Kadmium (Cd) pada sediaan herbal kapsul dan minyak kelor. menggunakan sampel 3 merek kapsul kelor BPOM, 3 merek kapsul kelor non BPOM, 1 merek minyak kelor BPOM dan 3 merek minyak kelor non BPOM dengan zat pengoksidasi pada sampel kapsul kelor $HNO_3 : H_2O_2$ (10 mL : 4 mL) sedangkan pada sampel minyak kelor zat pegoksidasi $HNO_3 : H_2SO_4 : H_2O_2$ (10 mL : 1 mL : 2 mL), dilakukuan uji annova, dan untuk kadar kadmium (Cd) pada sampel akan dianalisis menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Berapa kadar logam kadmium (Cd) pada kapsul kelor?
2. Berapa kadar logam kadmium (Cd) pada minyak kelor?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kadar logam kadmium (Cd) pada kapsul kelor.

2. Untuk mengetahui kadar logam kadmium (Cd) pada minyak kelor.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai kadar logam kadmium (Cd) pada kapsul kelor.
2. Memberikan informasi mengenai kadar logam Kadmium (Cd) pada minyak kelor.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih terarah, diperlukan batasan masalah. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan 3 merek kapsul kelor BPOM, 3 merek kapsul kelor non BPOM, 1 merek minyak kelor BPOM dan 3 merek minyak kelor non BPOM.
2. Kapsul kelor yang diambil merupakan isi dari kapsul tersebut, minyak kelor merupakan minyak biji kelor dengan ketentuan berbentuk kapsul atau minyak biji kelor.
3. Destruksi yang digunakan pada sampel kapsul kelor adalah destruksi basah tertutup menggunakan *refluks* dan destruksi untuk sampel minyak kelor menggunakan destruksi basah terbuka.
4. Zat pengoksidasi yang digunakan dalam analisis cemaran logam kadmium (Cd) pada sampel kapsul kelor yaitu HNO_3 : H_2O_2 (10 mL : 4 mL) dan zat

pengoksidasi yang digunakan pada sampel minyak kelor yaitu HNO_3 :
 H_2SO_4 : H_2O_2 (10 mL : 1 mL : 3 mL).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

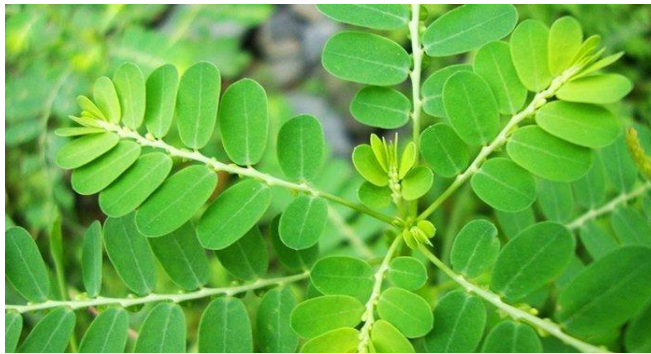
2.1. Tanaman Kelor (*moringa oliefera* Lamk.)

Tanaman yang mengandung banyak manfaat bagi kesehatan masyarakat, namun tidak banyak orang mengetahui yaitu kelor. Kelor (*moringa oliefera* Lamk.) merupakan tanaman yang kaya nutrisi dan sering disebut "miracle tree" dikarenakan semua bagian tumbuhan kelor sangat bermanfaat bagi kehidupan masyarakat. Kandungan nutrisi tersebar pada seluruh bagian tanaman kelor mulai dari daun, kulit batang, bunga, buah (polong), sampai akarnya dan sudah dikenal luas sebagai tumbuhan obat. Akar kelor diolah untuk obat luar penyakit beri-beri serta daunnya digunakan obat kulit. Sementara untuk obat dalam sering dimanfaatkan untuk penyakit rematik, kekurangan vitamin C, gangguan atau infeksi saluran kemih, bahkan sampai penyakit kelamin "gonorrhoea" (Jonni dkk., 2008).

Tanaman kelor merupakan jenis tanaman tropis yang sudah tumbuh dan berkembang di daerah tropis seperti Indonesia. Tanaman kelor yaitu jenis tanaman perdu dengan tinggi 10 meter, berbatang lunak dan rapuh, dengan daun sebesar ujung jari berbentuk bulat telur dan tersusun majemuk. Selain itu, dalam musim-musim tertentu dapat menggugurkan daun-daunnya. (Tjitrosoepomo, 2013). Kelor dapat tumbuh di dataran rendah sampai di ketinggian 1000 meter di atas permukaan laut (dpl) (Kristina dan Syahid, 2014).

Daun kelor berasal dari tanaman kelor atau merunggai (*moringa oliefera* Lamk.) yaitu salah satu tanaman dari keluarga *Moringaceae* dengan klarifikasi tanaman sebagai berikut (Krisnadi, 2015):

Kingdom :Plantae
Divisi :Magnoliophyta
Class :Magnoliopsida
Ordo :Capprales
Famili :Moringaceace
Genus :Moringa
Spesies :*Moringa Oliefera Lamk.*



Gambar 2.1 Tanaman Kelor (Hasanah, 2018)

2.2. Minyak Biji Kelor

Minyak biji kelor diperoleh dari perasan kernel biji kelor yang diambil dari polong yang matang dan kering di pohon. Untuk mendapatkan 1 liter minyak biji kelor dibutuhkan 7,5 kg biji kelor. Minyak biji kelor berwarna kuning dan kaya antioksidan dan tahan sampai 5 tahun. Berikut pembuatan minyak biji kelor secara sederhana (Yani, 2021) :

- Pisahkan kulit dari biji kelor dan ambil bagian daging dalamnya (kernel).
- Sangrai kernel agar cukup kering, lalu haluskan dengan *blender* atau penggiling bumbu sehingga menghasilkan bubuk.
- Larutkan bubuk kernel dengan air hangat, lalu aduk-aduk.
- Peras larutan bubuk kernel menggunakan kain penyaring sehingga terpisah antara ampas dan larutannya.
- Panaskan larutan hingga air menguap dan diperoleh minyak biji kelor.

- Minyak biji kelor siap dikemas dan digunakan.

Cara pembuatan minyak biji kelor semi mekanis (Yuni, 2021) :

- Pisahkan kulit biji dan kernel kelor.
- Kernel kelor dimasukkan dalam pemeras ulir (*screwpres*).
- Minyak akan keluar dari saluran minyak, sementara ampas kernel akan keluar di saluran ampas. Proses ini menghasilkan minyak alami murni dari kernel biji kelor tanpa campuran bahan alami.

2.3. Obat Herbal

Menurut undang-undang kesehatan Nomor 23 tahun 1992 obat tradisional yaitu bahan atau ramuan yang berupa bahan tumbuhan, bahan hewan, sediaan galenik/ campuran dari bahan tersebut secara turun temurun telah digunakan untuk pengobatan berdasarkan pengalaman (Anonim, 1992). Obat tradisional menurut departemen kesehatan diklasifikasikan sebagai jamu, fitofarmaka dan tanaman obat keluarga (TOGA). Jamu adalah obat yang berasal dari bahan-bahan tumbuhan, hewan, mineral atau sediaan gelemiknya dari bahan-bahan tersebut yang dipergunakan dalam upaya pengobatan berdasarkan pengalaman (Santoso, 1992).

Jamu merupakan warisan budaya bangsa yang sudah digunakan secara turun temurun. Indonesia memiliki keunggulan dalam hal pengembangan jamu dengan 9.600 jenis tanaman obat yang digunakan sebagai bahan dasar jamu. Selain itu, pemerintah juga sudah menggolongkan tanaman obat yang merupakan bahan baku pembuatan jamu ke dalam sepuluh komoditas potensial untuk dikembangkan.

2.4. Logam Kadmium (Cd) dan Toksisitasnya

Kadmium (Cd) merupakan suatu unsur kimia yang memiliki lambang Cd dalam tabel periodik, nomor atom 48, berat atom 112,4, titik didih 767°C, titik leleh 321°C, dan memiliki massa jenis 8,65 g/cm³. Kadmium (Cd) adalah logam berwarna putih perak, mengkilap, lunak, mudah bereaksi, tidak larut dalam basa serta menghasilkan kadmium (Cd) oksida jika dipanaskan, kadmium (Cd) membentuk Cd²⁺ yang bersifat tidak stabil (Istarani dan Pandebesie, 2014). Menurut planar (2008) logam berat kadmium (Cd) akan kehilangan kilapnya bila berada dalam udara yang lembab atau basah dan cepat mengalami kerusakan bila dikenai oleh uap sulfur hidroksida (SO²) dan amonia (NH₃). Sedangkan berdasarkan sifat kimia logam kadmium (Cd) mempunyai bilangan valensi 2⁺, bila dimasukkan kedalam larutan yang mengandung ion OH⁻, ion-ion Cd²⁺ akan mengalami proses pengendapan, sedangkan menurut Darmono (1990) sifat kimia logam kadmium (Cd) yaitu tidak larut dalam basa tetapi larut dalam HCl encer dan H₂SO₄. Kadmium (Cd) merupakan logam cukup aktif dalam udara terbuka, memiliki ketahanan yang cukup tinggi dan akan membentuk uap coklat CdO.

Logam kadmium (Cd) dapat diserap oleh kulit, tetapi intensitas penyerapan oleh kulit sekitar 0,5%. Paparan selama beberapa jam atau lebih dapat menyebabkan resiko peyerapan kadmium (Cd) melalui kulit (ATSDR, 2008). Alfonds dkk., (2005) menyatakan sebagian logam kadmium (Cd) masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pencernaan, tetapi keluar lagi melalui feses sekitar 3-4 minggu dan dapat dikeluarkan melalui urine tetapi sebagian kecil saja. Kadmium (Cd) terakumulasi dalam ginjal dan hati yang terikat sebagai metalotionein. Metalotionein mengandung unsur sistein yang mana kadmium (Cd)

terikat dalam gugus sulfidril (-SH) dalam enzim sehingga pengaruh toksisitas logam kadmium (Cd) kemungkinan besar disebabkan oleh interaksi antara protein dan kadmium (Cd) yang dapat menimbulkan hambatan terhadap aktivitas kerja enzim dalam tubuh.

Logam kadmium (Cd) yang masuk ke dalam tubuh ikut mengalami proses fisiologis yang terjadi di dalam tubuh. Secara umum proses fisiologis tubuh lebih dikenal dengan metabolisme tubuh. Keikutsertaan kadmium (Cd) dalam proses metabolisme tubuh merupakan suatu hasil pembuktian dari beberapa rangkaian percobaan yang dilakukan studi terhadap manusia, hewan, dan studi terhadap jasad mati (Palar, 1994). Juniawan dkk., (2013) menambahkan bahwa logam berat sendiri sebenarnya merupakan unsur esensial yang sangat dibutuhkan setiap makhluk hidup tetapi apabila digunakan secara berlebihan dapat bersifat racun. Di alam, unsur ini biasanya terdapat dalam bentuk tersuspensi atau terlarut (terikat dengan zat padat) serta terdapat sebagai bentuk ionik.

Menurut palar (2012) kadmium (Cd) dapat memberikan efek terhadap kesehatan, antara lain:

- Dapat menimbulkan kerusakan pada sistem kerja ginjal. Kerusakan yang terjadi pada ginjal dapat dideteksi dari jumlah atau tingkat kandungan protein yang terdapat pada urine.
- Menyebabkan kerusakan pada organ respirasi paru-paru, akibat keracunan kronis.
- Menyebabkan kerapuhan tulang, gejala rasa sakit pada tulang dan sulit untuk berjalan.

- Terjadi keracunan akut yang timbulnya rasa panas dan sakit pada bagian dada. Keracunan ini muncul sekitar 4-10 jam sejak penderita terpapar uap logam.
- Keracunan kronis oleh CdO dapat mengakibatkan penyakit anemia (kekurangan darah).

2.5. Kontaminasi Logam Kadmium (Cd) Pada Obat Herbal

Kontaminasi logam kadmium (Cd) pada obat herbal dibagi beberapa kelompok yaitu kontaminan biologis, pemalsuan bahan jamu, kontaminan kimia serta radioaktif (Hartanti, 2012). Kontaminan secara biologis bisa berasal dari mikroorganisme (jamur dan bakteri) dan hewan (serangga, parasit, dll). Kontaminan pemalsuan bahan jamu melalui cara penambahan atau penggantian spesies tanaman lain untuk meningkatkan khasiat atau menurunkan biaya. Radioaktif merupakan salah satu penyebab kontaminan yang berasal dari alam ataupun akibat bocornya reaktor nuklir (Hartanti, 2012). Kontaminasi kimia yang mencemari jamu berupa logam-logam berat salah satunya kadmium (Cd).

Kontaminasi kadmium (Cd) pada obat herbal dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya sebagai berikut:

1. Kondisi budidaya

Kondisi tempat penanaman salah satu faktor masuknya logam kadmium (Cd) pada tanaman bahan baku jamu. Tanaman obat yang ditanam pada tanah yang tercemar logam akan mengasorpsi dan terakumulasi dalam akar, batang, tangkai daun serta daunnya (Yap dkk., 2010). Beberapa penelitian menunjukkan adanya kandungan logam kadmium (Cd) pada bahan

baku jamu. Penelitian yang dilakukan oleh Husna *et al.*, (2015) tentang analisis kandungan logam kadmium (Cd) pada produk jamu pegal linu yang beredar di kota Pekanbaru sebesar 0-0,1 ppm. Alain *et al.*, (2014) dalam penelitiannya tentang evaluasi kontaminasi logam timbal dan kadmium (Cd) dalam bubuk daun kelor yang di pasarkan di Cotonou dan resiko yang kesehatan menghasilkan konsentrasi kadmium (Cd) sebesar 0,354 mg/Kg. Penelitian yang dilakukan oleh Mustofa (2017) tentang kandungan logam kadmium (Cd) dalam jamu pegal linu diperoleh kadar logam kadmium (Cd) pada 5 sampel jamu berturut-turut 5,1625 mg/kg, 3,8462 mg/kg, 4,0317 mg/kg, 2,8315 mg/Kg dan 2,4650 mg/kg. Literatur lain ditemukan kadar kadmium (Cd) tinggi pada beberapa tanaman obat seperti pada Dghaim dkk., (2015) 0,1 – 1,11 mg/kg, Korfali dkk (2013) 0 – 1,7 mg/kg, dan Atinafu dkk., (2015) 0,001 – 6,75 mg/kg.

2. Proses produksi / pembuatan

Kontaminasi kadmium (Cd) dapat berasal dari proses produksi (Mousavi dkk., 2014). Masuknya kadmium (Cd) pada obat herbal berasal dari pengeroposan logam dari alat produksi. Alat-alat produksi jamu pada umumnya terbuat dari stainlesssteel. Pada pembuatan alat tersebut tentunya ada proses penyambungan antara satu dengan yang lainnya dan juga ada proses plating agar bertahan lama dan tentunya semua hal tersebut dilakukan dengan pengelasan dimana penyambungan dan plating dilakukan dengan senk (Zn). Seng (Zn) memiliki impuritis alami yaitu kadmium (Cd), sehingga kadmium (Cd) dapat masuk dalam alat produksi/pembuatan jamu (Husna dkk., 2015). Clark (1986) mengemukakan kadmium dapat terkerosi bersama

seng (Zn) dalam waktu 4-12 tahun. Penggunaan alat yang sudah bertahun-tahun digunakan lama kelamaan semakin meningkat resiko tercemarnya jamu dengan logam kadmium (Cd).

3. Sistem irigasi

Penanaman bahan baku jamu kemungkinan besar menggunakan air sungai untuk sistem irigasi. Air sungai bisa berasal dari saluran pipa air yang berkotosif (Gustina, 2010) serta air sungai tersebut bisa tercemar logam berat kadmium (Cd) akibat dari buangan limbah industry seperti detergen, kosmetik, baterai (Setyorini, 2003).

2.6. Metode Destruksi Basah dan Zat Pengoksidasi

Destruksi merupakan suatu perlakuan pemecahan senyawa menjadi unsur-unsurnya sehingga dapat dianalisis atau disebut juga perombakan, yaitu dari bentuk organik menjadi logam-logam anorganik (Kristianingrum, 2012). Metode ini digunakan untuk menghilangkan efek matriks pada sampel dan diharapkan hanya logam-logamnya saja yang tertinggal. Pendestruksian hendaknya memilih zat pengoksidasi yang cocok baik untuk logam maupun jenis sampel yang akan dianalisis. Secara umum, destruksi ada dua yaitu destruksi basah dan destruksi kering (Dewi, 2012).

Destruksi basah yaitu perombakan sampel organik dengan asam-asam kuat baik tunggal maupun campuran. Metode destruksi basah asam-asam kuat yang digunakan oleh asam sulfat (H_2SO_4), asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO_3), asam perklorat ($HClO_4$) dan dapat digunakan secara tunggal maupun campuran (mulyani, 2007).

Metode destruksi basah lebih baik daripada cara destruksi kering karena tidak banyak bahan yang hilang dengan suhu pengabuan yang sangat tinggi. Hal ini merupakan salah satu faktor mengapa cara basah lebih sering digunakan oleh para peneliti. Destruksi dengan cara basah biasanya dilakukan untuk memperbaiki cara kering yang biasanya memerlukan waktu yang lama (Sumardi, 1981).

Destruksi basah terbagi menjadi dua, yaitu destruksi basah terbuka dan destruksi basah tertutup. Destruksi basah terbuka dilakukan dengan pemanasan sampel dalam penangas di atas *hot plate* pada suhu yang ditentukan dengan adanya pengoksidasi asam mineral. Sedangkan destruksi basah menggunakan *refluks* yaitu metode destruksi tertutup. Pelarut volatil yang digunakan akan menguap pada suhu tinggi merupakan prinsip dari metode *refluks*, kemudian didinginkan menggunakan kondensor sehingga pelarut akan turun kembali dalam wadah reaksi dan pelarut akan tetap ada selama reaksi berlangsung (Amalillia, 2016).

Destruksi basah memberikan beberapa keuntungan. Suhu yang digunakan tidak dapat melebihi titik didih larutan. Pengabuan basah pada prinsipnya adalah penggunaan asam nitrat untuk mendestruksi zat organik pada suhu rendah dengan maksud menghindari kehilangan mineral akibat penguapan (Apriyanto, 1989). Metode analisis logam dalam makanan dengan menggunakan *refluks* dilakukan dengan memasukkan sampel ke dalam labu destruksi yang dilengkapi dengan kondensor pendingin yang dialiri air, sampel didestruksi menggunakan larutan pendestruksi dan dipanaskan pada temperature 120°C (Darmono, 1995). Kondensor disambungkan kemudian dialiri air mengalir yang berfungsi sebagai pendingin, sehingga uap yang keluar dari tabung akan kembali

mengembun masuk kembali ke dalam tabung. Destruksi dilakukan selama 4 jam, kemudian didinginkan dan disaring.

Destruksi basah menggunakan refluks merupakan metode destruksi tertutup konvensional yang digunakan untuk analisis kadmium (Cd) dalam suatu sampel. Prinsip dari metode refluks yaitu pelarut volatil yang digunakan akan menguap pada suhu tinggi, namun akan didinginkan dengan kondensor sehingga pelarut akan mengembun pada kondensor dan turun lagi ke dalam wadah reaksi sehingga pelarut akan tetap ada selama reaksi berlangsung (Kalaskar, 2012).

Variasi zat pengoksidasi yang sering digunakan pada beberapa penelitian analisa kadmium (Cd) dan timbal antara lain:

1. $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$

Asam nitrat digunakan sebagai zat pengoksidasi utama pada proses destruksi. Asam sulfat yaitu dehydrator yang sangat kuat bagi karbohidrat dan senyawa organik lainnya. Pemecahan senyawa karbon oleh asam sulfat menghasilkan residu berwarna hitam, biasanya ditambahkan asam nitrat agar jernih (Anderson, 1987). Penelitian yang dilakukan oleh Chaudari dan Mahajan (2015) menggunakan campuran pengoksidasi $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4$ (3 : 1) pada kadar kadmium (Cd) dalam tanaman obat sebesar 0,296 mg/kg dan Mustofa (2017) memperoleh kadar kadmium (Cd) pada jamu pegal linu sebesar 4,4803 mg/kg.

2. $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ (Aqua regia)

Aqua regia merupakan campuran asam nitrat pekat dan asam klorida pekat dengan perbandingan (3:1) mampu melarutkan logam-logam yang tidak larut dalam asam klorida atau asam nitrat. Penelitian banyak menggunakan

aqua regia sebagai zat pengoksidasi pada analisis logam berat pada tanaman obat herbal atau jamu. Beberapa penelitian yang menggunakan aqua regia diantaranya Husna dkk., (2015) kadar kadmium (Cd) sebesar 0,1 mg/kg, Uddin dkk., (2016) dengan kadar logam kadmium (Cd) sebesar 0,14-0,33 mg/kg, dan Bello dkk., (2012) diperoleh kadar kadmium (Cd) sebesar 0-40,288 mg/kg.

3. $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$

Penggunaan asam peroksida dengan asam nitrat, berfungsi untuk memaksimalkan proses destruksi. H_2O_2 akan terurai pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ menjadi H_2O dan O_2 . Molekul air akan bereaksi dengan gas NO_2 membentuk HNO_3 dan HNO_2 . HNO_3 akan mendestruksi bahan organik yang tersisa. Sedangkan HNO_2 akan terurai menjadi NO_2 dan NO . Proses ini akan terus berlanjut hingga semua senyawa organik selesai terdestruksi (Wulandari dan Sukesi, 2013). Penelitian Maghrabi (2014) mengenai analisis logam pada obat herbal dengan menggunakan campuran pengoksidasi HNO_3 : H_2O_2 (10 : 4) didapatkan kadar kadmium (Cd) 0-0,360 mg/kg. Studi lain mengenai analisis logam pada obat herbal Cina dengan campuran pengoksidasi HNO_3 : H_2O_2 (5 : 3) diperoleh kadar kadmium (Cd) 0-2,6418 mg/kg (Zheng dkk., 2013). HNO_3 p.a : H_2O_2 p.a (10 : 4). Menurut Demirel (2008) dalam (wulandari, 2013) campuran asam HNO_3 : H_2O_2 dapat menghasilkan persen recovery yang paling baik jika dibandingkan dengan campuran asam yang lain seperti HNO_3 : HCl dan HNO_3 : HClO_4 .

Secara umum asam nitrat pada destruksi digunakan sebagai zat pengoksidasi utama. Hal ini disebabkan sifat logam kadmium (Cd) yang mudah

larut dalam asam nitrat. Sedangkan asam-asam lain berfungsi sebagai katalis. Adanya penambahan asam seperti asam sulfat dan asam peroksida sebagai katalis dalam reaksi pemutusan ikatan logam dengan polimer organik dalam sampel (Dewi, 2012).

2.7. Analisis Logam Kadmium Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi Serapan Atom (SSA) adalah suatu metode analisis untuk menentukan konsentrasi unsur pada suatu cuplikan berdasarkan pada proses penyerapan radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Proses penyerapan energi terjadi pada panjang gelombang yang spesifik dan karakteristik setiap unsur. Proses penyerapan akan menyebabkan atom penyerap tereksitasi, dimana elektron dari kulit atom meloncat ke tingkat energi yang lebih tinggi. Jumlah intensitas radiasi yang diserap sebanding dengan jumlah atom yang berada pada tingkat energi dasar yang menyerap energi radiasi tersebut. Dengan mengukur tingkat penyerapan absorbansi (radiasi) atau mengukur radiasi transmisi (diteruskan), maka konsentrasi unsur dalam cuplikan dapat ditentukan (Boybull dan Iis, 2009). Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari Hukum *Lambert* yang berbunyi (Day dan Underwood, 1989):

“bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi”

Dan Hukum *Beer* yang berbunyi (Day dan underwood, 1989):

“Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut” Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \text{ atau } A = a \cdot b \cdot c$$

Dimana:

A = Absorbansi

c = konsentrasi (ppm)

a = Absorptivitas (gr/L)

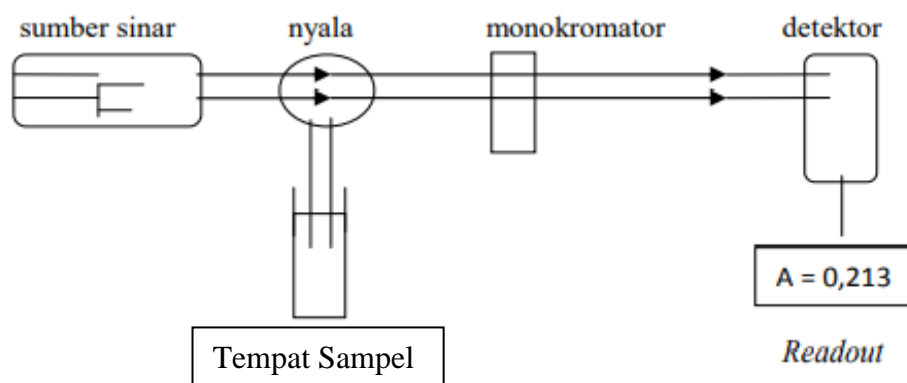
ϵ = Absorptivitas molar (mol/L)

b = Tebal nyala (nm)

Absorpsivitas molar (ϵ) dan absorpsivitas (a) merupakan konstanta dan nilainya spesifik untuk jenis zat dan panjang gelombang tertentu, sedangkan tebal media (sel) dalam prakteknya tetap. Dengan demikian absorbansi suatu spesies akan merupakan fungsi linear dari konsentrasi sehingga dengan mengukur absorbansi suatu spesies konsentrasinya dapat ditentukan dengan membandingkannya dengan konsentrasi larutan standart.

2.7.1. Instrumentasi Spektrostoskopi Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merupakan suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk unsur-unsur logam dan metaloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom atau logam dalam keadaan bebas (Skoog dkk., 2000). Adapun instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom sebagai berikut:



Gambar 2.2. Komponen Spektrofotometer Serapan Atom (Gandjar dan Rohman, 2007).

a. Sumber sinar

Sumber sinar yang sering digunakan adalah lampu katoda berongga (*hollow cathode lamp*). Lampu ini terdiri atas tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda. Apabila antara anoda dan katoda diberi suatu selisih tegangan yang tinggi (600 volt), sehingga katoda akan memancarkan berkas-berkas elektron yang sangat tinggi. Elektron-elektron tersebut dalam perjalanannya menuju anoda akan bertabrakan dengan gas-gas mulia dan membuat unsur-unsur gas mulia kehilangan elektron dan menjadi ion bermuatan positif.

Katoda terdapat unsur-unsur yang sesuai dengan unsur yang dianalisis. Unsur-unsur ini akan ditabrak oleh ion-ion positif gas mulia. Akibat tabrakan ini, unsur-unsur akan terlempar keluar dari permukaan katoda. Atom-atom unsur dari katoda ini akan mengalami eksitasi ke tingkat energi-energi elektron yang lebih tinggi dan akan memancarkan spektrum pancaran dari unsur yang sama dengan unsur yang dianalisis (Gandjar dan Rohman, 2007).

b. Tempat sampel

Analisis dengan spektrofotometri serapan atom, sampel yang dianalisis harus diuraikan menjadi atom-atom netral yang masih dalam keadaan azas. Ada berbagai macam alat yang dapat digunakan untuk mengubah suatu sampel menjadi uap atom-atom yaitu dengan nyala (*flame*) dan tanpa nyala (*flameless*) (Gandjar dan Rohman, 2007).

1. Nyala (*Flame*)

Nyala digunakan untuk mengubah sampel yang berupa padatan atau cairan menjadi bentuk uap atomnya dan berfungsi untuk atomisasi. Nyala pada umumnya dari gas asetilen-nitro, oksida menunjukkan emisi latar belakang (*background*) yang kuat. Efek emisi nyala dapat dikurangi dengan menggunakan keping pemotong radiasi (*chopper*). Sumber nyala yang paling banyak digunakan adalah campuran asetilen sebagai bahan pembakar dan udara sebagai pengoksidasi.

2. Tanpa nyala (*Flameless*)

Pengatoman dilakukan dalam tungku dari grafit. Sejumlah sampel diambil sedikit, lalu diletakkan dalam tabung grafit. Selanjutnya tabung tersebut dipanaskan dengan sistem listrik dengan cara melewatkan arus listrik pada grafit. Akibat pemanasan maka, zat yang akan dianalisis berubah menjadi atom-atom netral dan pada fraksi atom ini dilewatkan suatu sinar yang berasal dari lampu katoda berongga sehingga terjadilah proses penyerapan energi sinar yang memenuhi kaidah analisis kuantitatif.

c. Monokromator

Monokromator dimaksudkan untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Di monokromator terdapat suatu alat yang digunakan untuk memisahkan radiasi resonansi dan kontinyu yang disebut dengan *chopper* (Gandjar dan Rohman, 2007).

d. Detektor

Detektor digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat pengamatan (Gandjar dan Rohman, 2007). Biasanya digunakan tabung pengandaan foton, tenaga listrik yang dihasilkan dari detektor kemudian diteruskan ke amplifer, setelah itu baru diteruskan ke sistem pembacaan (Bahri, 2010).

e. *Readout*

Readout merupakan suatu alat penunjuk atau diartikan sebagai sistem pencatat hasil. Pencatat hasil dilakukan dengan suatu alat yang telah terkalibrasi untuk pembacaan suatu transmisi atau absorbansi. Hasil pembacaan dapat berupa kurva dari suatu *recorder* yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi (Gandjar dan Rohman, 2007).

2.7.2. Pengaturan Alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Pada Spektrofotometer Serapan Atom dilakukan pengaturan alat agar memberikan sensitivitas dan batas deteksi yang akurat terhadap sampel yang akan dianalisis, pengaturan tersebut yaitu (Gandjar dan Rohman, 2001):

- Pemilihan % pada transmisi
- Lebar celah (*slit width*)
- Kedudukan lampu terhadap *focus slit*

- Kemampuan arus lampu *Hallow Cathode*
- Kedudukan panjang gelombang
- Set monokromator memberikan sinyal maksimum
- Pemilihan nyala udara tekanan asetilen
- Kedudukan *burner* agar memberikan absorbansi maksimum
- Kedudukan atas kecepatan asetilen

Kondisi optimum yang digunakan untuk analisa logam kadmium (Cd) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (Dewi, 2012):

Tabel 2.1 Kondisi Optimum Peralatan SSA Logam Cd

Parameter	Satuan	Kadmium (Cd)
Panjang gelombang	nm	228,8
Laju alir asetilen	L/menit	1,8
Laju alir udara	L/menit	15
Tinggi Burner	Mm	7

Gangguan yang sering terjadi pada SSA yaitu gangguan yang berasal dari matriks sampel yang dapat mempengaruhi banyaknya sampel untuk mencapai nyala dan gangguan kimia yang dapat mempengaruhi jumlah banyak atom terjadi dalam nyala (Khopkar, 2010).

2.7.3. Kelebihan dan keterbatasan Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

SSA mempunyai kelebihan dan keterbatasan sebagai berikut:

➤ Kelebihan

SSA lebih peka dari spektroskopi emisi atom, suatu metode analisis yang sangat spesifik yang bermanfaat pada beberapa aspek pengendalian mutu (Waston, 2010). SSA juga akurat, sederhana, dan mudah digunakan (Sekunder *et al.*, 2012).

➤ Keterbatasan

SSA hanya diterapkan pada unsur-unsur logam, masing-masing unsur memerlukan lampu katoda rongga yang berbeda untuk penentuannya.

2.8. Analisis *One Way Anova*

Analisis varian (*analysis of variance*) atau ANNOVA merupakan metode analisis statistika yang mana termasuk pada cabang statistika inferensi. Uji dalam annova menggunakan uji F karena yang dipakai untuk pengujiannya lebih dari 2 sampel. Anova (*analysis of variance*) digunakan pada analisis multivariabel. Teknik analisis komparatif dengan menggunakan tes “t” yaitu dengan mencari perbedaan signifikan dari dua. Dalam mengatasi hal ini terdapat teknik analisis komparatif yang lebih baik yaitu *analysis of variance* atau annova.

Annova satu arah (*one way annova*) digunakan jika yang dianalisis terdiri satu variabel terikat dan satu variabel bebas. Analisis menggunakan uji annova dapat diperoleh kesimpulan:

1. Apabila H_0 diterima dan $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka faktor tersebut tidak berpengaruh terhadap suatu variabel.
2. Sebaliknya, apabila H_0 ditolak dan $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka faktor tersebut berpengaruh terhadap suatu variabel.

Nilai % *recovery* yang hasil pengukurannya lebih besar dari konsentrasi atau lebih besar dari 100% sebenarnya disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama yaitu ketidakpastian, hal ini disebabkan dalam penelitian kurva standard ini adalah adanya ketidakpastian didalam kalibrasi baik dalam penggunaan alat maupun pembacaan skala. Selain faktor ketidakpastian, faktor temperatur juga

ikut berperan pada kesalahan kalibrasi sehingga menyebabkan adanya ketidakpastian baku. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketidaktelitian dan ketidaktepatan dalam pengukuran yaitu (kartikasari, 2015):

- Ekstraksi analit dari suatu matriks yang tidak efisien.
- Penimbangan yang tidak benar, demikian juga pemindahan analit dan baku tidak sesuai.
- Kegagalan dalam melakukan analisis blanko.
- Pengukuran menggunakan alat yang tidak terkalibrasi.
- Pemilihan kondisi pengukuran yang menyebabkan kerusakan analit.
- Penggunaan pipet, biuret, labu takar yang tidak sesuai.
- Kegagalan untuk menghilangkan gangguan oleh bahan tambahan dalam pengukuran analit.

2.9. Makanan Halal dan Baik dalam Prespektif Islam

Dalam kehidupan masyarakat, kebutuhan primer maupun sekunder sangat diperlukan. Terutama kebutuhan primer pangan atau makanan yang setiap waktu dicari demi memenuhi hak diri. Oleh karena itu, pola hidup manusia secara keseluruhan diatur dalam ketentuan syariat islam. Syariat islam bersumber pada al-Qur'an, hadis, dan ijma'.

Allah SWT memerintahkan bekerja keras untuk memperoleh rezeki dengan cara yang dibenarkan oleh Islam dan mengkonsumsi sesuai dengan ajara agama Islam, termasuk dalam hal konsumsi obat. Obat merupakan bahan yang digunakan hampir oleh seluruh makhluk hidup untuk mencegah, meringankan dan menyembuhkan penyakit. Semakin meningkatnya era globalisasi pada saat ini

produksi obat juga meningkat dan berkembang pesat, tidak hanya obat sintetik, obat tradisional atau jamu mengalami perkembangan yang sangat meningkat hal ini disebabkan oleh pola berfikir masyarakat untuk kembali mengkonsumsi produk-produk herbal. Meningkatnya produksi obat tradisional perlu diadakannya peningkatan kualitas produk agar obat tradisional yang dihasilkan bersaing dan juga diterima dengan baik oleh masyarakat serta aman untuk dikonsumsi. Syarat kualitas baik tidak cukup dalam islam terdapat aspek lain yang harus dipenuhi yaitu kehalalan dari produk tersebut. Sebagaimana firman Allah SWT dalam surah al- Baqarah ayat 172:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا كُلُوا مِن طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ وَاشْكُرُوا لِلَّهِ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ

Artinya: "wahai orang-orang yang beriman, makanlah dari rezeki yang baik yang kami berikan kepada kamu dan bersyukurlah kepada Allah SWT jika kamu hanya menyembahnya".

Menurut Hamka dalam *Tafsir Al-Azhar* dijelaskan bahwa ada seruan kepada manusia agar mengkonsumsi makanan yang halal dan *thayyib*. Makanan yang dimaksud bukan hanya makanan pokok setiap hari dikonsumsi melainkan seluruh sandang dan pangan mulai dari makanan, minuman, sampai obat-obatan. Produk obat-obatan mencakup syarat halal dan baik mencakup proses pengolahan, bahan yang digunakan, proses produksi yang harus dilakukan dengan keadaan steril dimana terbebas dari najis dan komponen-komponen lainnya yang dapat menyebabkan bahaya bagi konsumen seperti logam-logam berat, bakteri, virus dan bahan-bahan kimia. Sebagaimana Allah berfirman dalam Al-Qur'an surah Al-Hadid ayat 25 yang berbunyi:

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيُقِومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ ۗ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ

Artinya: “Sungguh, Kami telah mengutus rasul-rasul Kami dengan bukti-bukti yang nyata dan kami turunkan bersama mereka kitab dan neraca (keadilan) agar manusia dapat berlaku adil. Dan Kami menciptakan besi yang mempunyai kekuatan, hebat dan banyak manfaat bagi manusia, dan agar Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)-Nya dan rasul-rasul-Nya walaupun (Allah) tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Mahakuat, Mahaperkasa”.

Dalam *Tafsir Al-Munir* dijelaskan bahwa Allah menurunkan kitab-kitab yang turunnya bersamaan dengan timbangan keadilan hukum yang mutlak. Kami tidak menciptakan besi saja, namun kami menciptakannya dengan bahan lain seperti tambang dan logam. Kami mengajarkan kepada manusia bagaimana cara membuatnya. Mereka menggunakan unsur besi ini untuk beberapa keperluan dalam kehidupan sehari-hari, seperti untuk alat makan, sarana prasarana, fasilitas dan infrastruktur untuk kehidupan perekonomian, alat-alat bagi petani menjalankan pekerjaannya, alat-alat dalam pabrik/industri.

Bahan yang digunakan dalam obat harus berasal dari bahan yang halal dan tidak membahayakan ketika dikonsumsi serta bahan yang terkandung dalam obat harus sesuai dosis dan kadar yang sudah ditentukan. Dosis dan kadar yang sesuai tentunya akan bekerja secara efektif dalam menyembuhkan suatu penyakit. Sedangkan mengkonsumsi dengan dosis dan kadar kurang atau lebih tidak akan efektif menyembuhkan bahkan dapat menimbulkan penyakit baru. SAllah berfirman dalam Al-Qur'an surah Al-Qomar ayat 49:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ

Artinya: “Sungguh, kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran”

Kata (قَدْرٌ) dari segi bahasa dapat berarti *kadar tertentu* yang tidak bertambah atau berkurang, atau berarti kuasa. Ayat tersebut berbicara tentang segala sesuatu yang berada dalam kuasa Allah, maka lebih tepatnya memahaminya dalam arti *ketentuan* dan *sistem yang ditetapkan terhadap segala sesuatu*. Tidak hanya terbatas pada salah satu aspeknya saja. Manusia misalnya, telah ada kadar yang ditetapkan Allah baginya. Selaku jenis makhluk ia dapat makan, minum, dan berkembang baik melalui *sistem yang ditetapkan-Nya*. Tidak ada satupun yang Allah ciptakan sia-sia atau tanpa tujuan yang benar dan semuanya diberi potensi yang sesuai dan dengan kadar yang cukup untuk melaksanakan fungsinya, dan semuanya berkaitan untuk menunjang dalam satu keseimbangan (Shihab, 2005).

Logam kadmium (Cd) dikonsumsi dalam tubuh manusia memiliki batasan yang telah ditetapkan berdasarkan PTWI, jika kadar yang dikonsumsi masih dalam batas yang wajar maka tidak akan menimbulkan suatu penyakit. Namun, ketika jumlah yang dikonsumsi dalam jumlah yang melebihi ambang batas, maka logam kadmium (Cd) akan terakumulasi dalam tubuh dan menimbulkan banyak penyakit di dalam tubuh seperti: kerapuhan tulang, gagal ginjal hingga paru-paru (Palar, 2004).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli - September 2022 di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Instrumen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu timbangan analitik, pipet tetes, labu ukur 25 mL, 10 mL, dan 100 mL, botol aquades, pipet ukur 10 mL, 5 mL, dan 1 mL, pipet volume 1 mL, 4 mL, dan 10 mL, bola hisap, corong glass, gelas arloji, spatula, gelas ukur 25 mL, beaker glass 100 mL, dan 50 mL, erlenmeyer 50 mL seperangkat alat refluks, seperangkat instrument Spektrofotometer Seraoan Atom (SSA) model AA240 merek Australia.

3.2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, 3 kapsul kelor BPOM, 3 kapsul kelor non BPOM, 1 minyak kelor BPOM dan 3 minyak kelor non BPOM, standart solution kadmium (Cd) 1000 mg/L Emerck KGaA AAS grade AA240 merek Australia, HNO₃ 65% p.a, H₂SO₄ 95% p.a, H₂O₂ p.a, kertas whatman 42, aquades dan aquabides.

3.3. Rancangan Penelitian

Jenis penelitian ini yaitu penelitian lapangan dengan sampel yang digunakan sediaan herbal kapsul dan minyak biji kelor BPOM dan non BPOM. Logam kadmium (Cd) pada sediaan herbal kapsul kelor didestruksi menggunakan metode destruksi basah tertutup (*refluks*) dengan zat pengoksidasi $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O}_2$ (10 mL : 4 mL) sediaan minyak kelor di destruksi menggunakan metode destruksi basah terbuka dengan zat pengoksidasi $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2$ (10 mL : 1 mL : 3 mL). Kadar logam kadmium (Cd) pada sediaan herbal kapsul dan minyak biji kelor dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Rancangan percobaan yang digunakan merupakan Rancangan yang Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari satu faktor yaitu jenis larutan pengoksidasi.

Proses penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut: pembuatan larutan stok kadmium (Cd) dengan cara dilarutkan dengan aquabidest, selanjutnya dibuat kurva standard 0; 0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8 mg/L. Kemudian langkah berikutnya preparasi sampel dengan cara sampel dipisahkan isi dengan zat penyusun luarnya, Selanjutnya sediaan herbal kapsul kelor dilakukan destruksi basah tertutup (*refluks*) dengan cara menimbang 1 g sampel herbal kapsul dengan merek yang berbeda kemudian ditambahkan dengan larutan pendestruksi $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O}_2$ (10 mL : 4 mL), selanjutnya didestruksi dengan refluks pada suhu 80°C selama 3 jam sampai larutan jernih selanjutnya disaring dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL ditambahkan aquabidest sampai tanda batas sedangkan sampel minyak biji kelor ditimbang 1 g kemudian ditambahkan larutan pendestruksi $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2$ (10 mL : 1 mL : 3 mL) didestruksi dengan destruksi terbuka didinginkan kemudian disaring dan disimpan pada botol yang bertutup

selanjutnya larutan tersebut diukur kadar kadmium (Cd) dengan alat SSA panjang gelombang 228,8 nm.

3.4. Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Pemilihan dan preparasi sampel
2. Pengaturan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)
3. Pembuatan kurva standard Kadmium (Cd)
4. Destruksi dan Penetapan kadar logam kadmium (Cd) dalam sampel kapsul kelor
5. Destruksi dan Penetapan kadar logam kadmium (Cd) dalam sampel minyak biji kelor
6. Analisis data

3.5. Cara Kerja

3.5.1. Pemilihan Sampel

Sampel herbal kapsul dan minyak biji kelor dengan merek berbeda diperoleh dari beberapa *marketplace* dengan ketentuan terdaftar BPOM dan tidak BPOM. Kemudian sampel dipisahkan dari zat penyusun luarnya.

3.5.2. Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Pengaturan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) yaitu meliputi panjang gelombang kadmium (Cd) pada 228,8 nm, laju alir asetilen pada 2,0 L/menit, laju alir udara pada 10,0 L/menit, lebar celah pada 0,5 nm, kuat arus 10 mA (varian, 2010).

3.5.3. Pembuatan Kurva Standard Kadmium (Cd)

3.5.3.1 Pembuatan Larutan Standar Kadmium (Cd) 10 ppm

Dipipet 1 mL larutan induk kadmium 1000 ppm dan dimasukkan ke dalam labu ukur ditambahkan aquabidest sampai tanda batas dan dihomogenkan.

3.5.3.2 Pembuatan Kurva Standar kadmium 0; 0,2; 0,4; 0,6 dan 0,8 ppm

Dipipet 0 mL, 0,2 mL, 0,4 mL, 0,6 mL, dan 0,8 mL larutan standar 10 ppm ke dalam labu ukur 10 mL dengan aquabides sampai tanda batas. Sederet larutan standar kadmium (Cd) tersebut selanjutnya dianalisis dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 228,8 nm sehingga diperoleh data absorbansi masing-masing larutan standar.

3.5.4. Destruksi dan Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) dalam Masing-masing Sampel Kapsul Kelor

Sediaan herbal kapsul berbagai merek ditimbang masing-masing 1 g dan dimasukkan kedalam labu destruksi, ditambahkan larutan pendestruksi HNO_3 : H_2O_2 (10 mL : 4 mL) dipanaskan pada temperature 80 °C. Destruksi dilakukan selama 3 jam, selanjutnya larutan hasil refluks didinginkan pada suhu ruang dan disaring dengan kertas Whatman 42 ke dalam botol. Kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 25 mL, ditambahkan dengan aquabidest sampai tanda batas. Larutan diukur kadar kadmium (Cd) terlaut pada panjang gelombang 228.8 nm menggunakan SSA, pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali pada msing-masing sampel.

Tabel 3.1 Analisis kadar logam kadmium pada sampel kapsul kelor

Merek	Ulangan BPOM			Ulangan Non BPOM		
	AU1	AU2	AU3	AU1	AU2	AU3
A	AU1	AU2	AU3	AU1	AU2	AU3
B	BU1	BU2	BU3	BU1	BU2	BU3
C	CU1	CU2	CU3	CU1	CU2	CU3

3.5.5. Destruksi dan Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) dalam Masing-masing Minyak Biji Kelor

Sediaan minyak biji kelor berbagai merek ditimbang masing-masing 1 gram dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditambahkan dengan larutan pendestruksi $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2$ (10 mL : 1 mL : 3 mL) destruksi dilakukan destruksi terbuka, selanjutnya larutan hasil destruksi didinginkan pada suhu ruang dan disaring dengan kertas Whatman 42 ke dalam botol. Larutan diukur kadar kadmium (Cd) terlaut pada panjang gelombang 228.8 nm menggunakan SSA, pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali pada masing-masing sampel.

Tabel 3.2 Analisis kadar logam kadmium (Cd) pada sampel minyak biji kelor

Merek	Ulangan		
	AU1	AU2	AU3
BPOM A	AU1	AU2	AU3
Non BPOM A	AU1	AU2	AU3
Non BPOM B	BU1	BU2	BU3
Non BPOM C	CU1	CU2	CU3

Tabel 3.1 dan 3.2 dilakukan analisis lebih lanjut dengan metode uji varian *one way annova* untuk mengetahui apakah jenis merek sampel mempunyai pengaruh terhadap konsentrasi kadmium (Cd) yang terukur dengan instrumen SSA.

3.5.6. Analisis Data

a. Uji varian *one way annova*

Data yang didapatkan pada penelitian ini yaitu kadar logam kadmium (Cd) hasil destruksi basah dengan hubungan antara Konsentrasi dengan Absorbansi. Sehingga nilai yang didapat yaitu *slope* dan *Intersep*. Selanjutnya data dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear menggunakan Hukum Lambert-Beer.

$$Y=ax+b.....(3.1)$$

Dimana, X adalah absorbansi sampel, Y adalah Konsentrasi sampel; b adalah *Slope* dan a adalah *Intersep*. Nilai absorbansi yang didapatkan dari persamaan regresi kurva standard. Nilai konsentrasi kadar logam kadmium (Cd) diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Cd} = \frac{Fp \times B}{W}.....(3.2)$$

Dimana:

Fp = Faktor pengenceran (L)

B = Kadar yang terbaca instrumen (mg/L)

W = berat sampel (kg)

One way annova atau analisis satu arah akan menunjukkan bahwa terdapat lebih dari satu faktor perlakuan. Hipotesis jika signifikan value $< \alpha$ 0,05 maka berbeda nyata atau berpengaruh signifikan, jika signifikan value $> \alpha$ 0,05 maka tidak berbeda nyata atau tidak berpengaruh signifikan.

b. Uji batas deteksi (LOD) dan batas kuantisasi (LOQ) kurva baku

Batas deteksi yaitu parameter uji batas dengan jumlah analit terkecil dalam sampel yang dapat terdeteksi dan masih memberikan respon signifikan

dibandingkan dengan blangko. Sedangkan batas kuantisasi adalah parameter uji untuk mengetahui konsentrasi atau jumlah terendah analit yang masih dapat ditentukan secara kuantitatif agar pengukuran lebih akurat. Nilai LOD dan LOQ diperoleh dari pembuatan kurva standart kadmium (Cd). Persamaan yang digunakan sebagai berikut (Emawati dkk., 2015);

$$\text{Standar Deviasi } (S_{y/x}) = \sqrt{\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n - 2}} \dots\dots\dots 1 \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\text{Uji Batas Deteksi} = 3 \times \text{SD} / \text{Slope} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$\text{Uji Batas Kuantisasi} = 10 \times \text{SD} / \text{Slope} \dots\dots\dots (3.6)$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam kadmium (Cd) pada sampel kapsul kelor dengan menggunakan destruksi basah tertutup *refluks* dan minyak biji kelor melalui destruksi basah terbuka. Penelitian dilakukan dengan serangkaian tahapan penelitian, meliputi: pengambilan sampel; pembuatan kurva standar kadmium (Cd); destruksi dan analisis kadar logam kadmium (Cd) dalam sampel kapsul kelor; destruksi dan analisis kadar logam kadmium (Cd) dalam sampel minyak biji kelor.

4.1 Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kapsul kelor dan minyak biji kelor. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kapsul kelor berjumlah enam, dengan keterangan tiga sampel merek A, B, dan C terdaftar BPOM dan tiga sampel merek A, B, dan C tidak terdaftar BPOM jenis kapsul kelor yang digunakan adalah serbuk. Sampel yang digunakan pada minyak biji kelor berjumlah empat, dengan keterangan sampel merek A terdaftar BPOM, dan tiga sampel merek A, B, dan C tidak terdaftar BPOM.

Sampel diperoleh dari salah satu toko *online* dan didatangkan dari beberapa kota yang berbeda. Sampel yang dipilih diharapkan dapat mewakili populasi yang akan diamati. Dipilih sampel yang terdaftar dan tidak terdaftar BPOM bertujuan untuk mengetahui perbedaan kadar kadmium di dalamnya sehingga dapat mengetahui apakah kadar logam kadmium (Cd) pada merek yang

tidak terdaftar BPOM memiliki kadar kadmium (Cd) lebih tinggi dibandingkan dengan merek yang sudah terdaftar BPOM.

Preparasi sampel merupakan langkah yang penting dalam analisis unsur-unsur mikro. Preparasi sampel pada setiap ulangan kapsul kelor BPOM dan tidak terdaftar BPOM dilakukan dengan mengambil masing-masing empat kapsul kemudian dipisahkan dari zat penyusunnya terluarnya selanjutnya menimbang masing-masing sampel dengan berat 1 g kemudian dimasukkan ke dalam labu alas bulat ditambahkan larutan pendestruksi dan didestruksi dengan metode destruksi basah tertutup *refluks*. Preparasi sampel pada minyak biji kelor dilakukan dengan menimbang masing-masing sampel BPOM dan tidak terdaftar BPOM dengan berat 1 g, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer ditambahkan larutan pendestruksi selanjutnya didestruksi dengan metode destruksi basah terbuka.

4.2 Pembuatan Kurva Standar Kadmium (Cd)

Kurva standar menyatakan hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi larutan standar. Menurut hukum Lambert - Beer absorbansi akan berbanding lurus dengan konsentrasi. Kurva standar dibuat dari sederetan larutan standar dengan rentang tertentu berfungsi untuk menganalisis konsentrasi larutan sampel dari hasil pengukuran suatu sampel. Larutan standar kadmium (Cd) dibuat dari larutan stok Cd 1000 mg/L, dimana larutan tersebut diencerkan menjadi 10 mg/L selanjutnya diencerkan lagi menjadi sederet larutan standar 0; 0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8 mg/L ke dalam labu ukur 10 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas kemudian dianalisis menggunakan Spektroskopi Serapan atom (SSA) pada panjang gelombang 228,8 nm.

Kurva standar merupakan bagian terpenting dalam melakukan pengujian kadar suatu unsur dalam analisis kimia. Kurva standar dibuat dengan persamaan regresi linear yaitu $y = ax + b$, dimana y merupakan absorbansi sedangkan a dan b yaitu konstanta yang akan ditentukan oleh nilai slope. Perbandingan antara kurva absorbansi dengan larutan standar akan memperoleh kurva garis lurus. Data yang diperoleh kemudian dibuat kurva kalibrasi dengan membandingkan konsentrasi larutan standar (x) terhadap absorbansi (y), sehingga dapat ditentukan persamaan garis regresi linear tersebut. Kurva kalibrasi logam kadmium (Cd) dapat ditunjukkan pada gambar 4.1

Gambar 4.1 Grafik Kurva Standar Logam Kadmium (Cd)

Berdasarkan gambar 4.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi pula absorbansi, sehingga didapatkan persamaan regresi linear $y = 0,6265x + 0,0036$, dimana y merupakan absorbansi, a adalah *slope*, x adalah konsentrasi, dan b adalah *intersep*. Dari persamaan tersebut nilai koefisien korelasi (r) yaitu 0,9995 dimana nilai tersebut mendekati +1 yang artinya menunjukkan bahwa hubungan tersebut linear. Persamaan regresi linear tersebut selanjutnya bisa digunakan untuk menghitung konsentrasi sampel sebab adanya hubungan linear antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A).

Uji linearitas merupakan suatu metode untuk membuktikan hubungan linear antara absorbansi dengan konsentrasi analit yang dapat ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (R^2) dan persamaan regresi linear. Persamaan regresi linear yang terdapat pada Gambar 4.1 yaitu $y = 0,6265x + 0,0036$ dengan nilai $R^2 = 0,9995$. Sensitivitas merupakan rasio perubahan sinyal tiap unit perubahan konsentrasi analit. Nilai sensitivitas yang besar menunjukkan perubahan konsentrasi analit yang kecil. Sensitivitas yang diperoleh dari pembuatan kurva standar kadmium (Cd) ditunjukkan dengan nilai *slope* (kemiringan) sebesar 0,0036. Nilai tersebut menunjukkan setiap perubahan terhadap nilai absorbansi sebesar 0,0036.

Batas deteksi (LOD) bertujuan untuk mengetahui batas kemampuan terkecil instrumen dalam mengukur konsentrasi tetapi memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blanko yang digunakan (Riyanto, 2014). Nilai LOD dihitung dengan cara hasil rata-rata absorbansi dari 10 kali pengukuran blanko ditambah tiga kali standar deviasi. Nilai LOD yang diperoleh dari pembuatan kurva standar kadmium (Cd) yaitu 0,008 mg/L artinya apabila konsentrasi kadmium (Cd) yang terukur dalam instrumen $> 0,008$ mg/L, maka dapat dipastikan bahwa sinyal tersebut berasal dari logam kadmium (Cd). Sebaliknya, apabila konsentrasi kadmium (Cd) yang terukur di bawah limit deteksi, maka sinyal yang ditangkap oleh alat sepenuhnya berasal dari pengganggu (*noise*).

Batas kuantisasi (LOQ) merupakan batas terkecil analit yang mampu dideteksi oleh instrumen secara kuantitatif (Riyanto, 2014). Nilai LOD dihitung dengan cara hasil rata-rata absorbansi dari 10 kali pengukuran blanko ditambah sepuluh kali standar deviasi, sedangkan untuk LOQ ditambah sepuluh kali standar

deviasi. Nilai LOQ yang diperoleh dari pembuatan kurva standar kadmium (Cd) yaitu 0,02645 mg/L, hal tersebut menunjukkan apabila konsentrasi kadmium (Cd) yang diperoleh melebihi batas tersebut maka pengukuran dapat dikatakan akurat.

4.3. Destruksi dan Analisis Kadar Logam Kadmium (Cd) dalam Sampel Kapsul Kelor

Pemilihan metode sangat berpengaruh terhadap keberhasilan suatu penelitian. Pemilihan metode preparasi sampel akan mempengaruhi hasil yang akan diperoleh nantinya. Pada tahap preparasi sampel, kapsul kelor didestruksi terlebih dahulu. Proses destruksi perlu dilakukan sebelum menganalisis suatu unsur dalam suatu makanan, karena sangat berpengaruh terhadap hasil yang diperoleh. Fungsi dari destruksi yaitu untuk memutus ikatan antara senyawa organik dengan logam kadmium (Cd) dalam sampel.

Metode destruksi yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode destruksi basah tertutup *refluks*. Zat pengoksidasi yang utama adalah HNO_3 , hal ini dikarenakan sifat kadmium (Cd) yang dapat larut dalam HNO_3 . Asam nitrat merupakan asam paling utama dan sering digunakan dalam proses destruksi. Tambahan asam lain seperti H_2O_2 sebagai katalis untuk mempercepat reaksi terputusnya kadmium (Cd) dari senyawa organik yang terdapat dalam sampel, selain itu penambahan asam berfungsi untuk menyempurnakan destruksi. Bahan organik dalam sampel yang dimisalkan dengan (CH_2O) terdekomposisi oleh asam nitrat menjadi CO_2 dan H_2O . Akibat dekomposisi tersebut, ikatan antara logam kadmium (Cd) dengan senyawa organik dari sampel akan terputus. Ion logam akan larut dalam larutan asam membentuk senyawa garam anorganik $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$. Reaksi yang terjadi ketika ditambahkan zat pengoksidasi pada persamaan 4.1:

.....(4.1)
Proses berikutnya dilakukan pemanasan untuk menyempurnakan destruksi. Pemanasan memberikan energi yang memungkinkan untuk memutus ikatan kimia sehingga logam kadmium (Cd) terbebas dari sampel, pemanasan dilakukan pada suhu 80°C untuk memaksimalkan destruksi. Apabila larutan bening sudah diperoleh, proses destruksi dapat dihentikan yang menandakan bahwa ikatan logam pada sampel telah terputus dari senyawa organik. Hasil destruksi didapatkan larutan berwarna kuning bening dengan volume yang masih dengan volume awal. Larutan hasil destruksi didinginkan dalam suhu ruang dan kemudian disaring dengan kertas saring *whatman* 42 kertas saring kasar untuk memisahkan residu yang masih terdapat dalam larutan. Setelah penyaringan hasil destruksi perlu diencerkan dengan aquabides dilakukan menyesuaikan dengan pengenceran pada kurva standar. Hasil pengenceran siap dianalisis kadar logam kadmium (Cd) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Kadar logam kadmium (Cd) dalam masing-masing sampel diuji dengan tiga kali pengulangan prosedur, untuk diketahui akurasi dan kevalidan data yang diperoleh dari setiap perlakuan ini. Data yang diperoleh dibawah LOD artinya data kurang valid namun data masih layak digunakan karena terdeteksi oleh instrumen. Kadar logam Kadmium (Cd) dari masing-masing sampel yang didapatkan dari hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1.

Hasil uji *One Way* ANOVA pada perlakuan penentuan kadar kadmium (Cd) dalam sampel kapsul kelor menunjukkan perbedaan nyata dengan nilai probabilitas (sig.) sebesar 0,000 lebih kecil dibanding $\alpha = 0,05$. Berdasarkan hal ini dapat diketahui jika terdapat minimal satu pasang variabel yang memberikan

pengaruh signifikan terhadap jenis merek sampel kapsul kelor sehingga uji Tukey dapat dilakukan.

Tabel 4.1 kadar logam kadmium (Cd) dalam kapsul kelor dengan merek berbeda menggunakan zat pengoksidasi $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O}_2$

Hasil kadar kadmium (Cd) pada sampel kapsul kelor Berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui data yang diperoleh menunjukkan bahwa setiap sampel memiliki kandungan logam Kadmium (Cd) yang berbeda-beda, tetapi semua sampel kapsul kelor tidak mengandung logam kadmium (Cd) atau di bawah ambang batas yang telah ditetapkan Peraturan Badan pengawasan Obat dan Makanan No 13 tahun 2014 tentang batas cemaran logam berat dalam obat herbal untuk kadmium (Cd) yaitu sebesar 0,3 mg/kg sehingga aman untuk dikonsumsi. Perbedaan hasil kadar yang diperoleh disebabkan beberapa faktor seperti kondisi budidaya.

4.4. Destruksi dan Analisis Kadar Logam Kadmium (Cd) dalam Sampel Minyak Biji Kelor

Pemilihan metode preparasi sampel akan mempengaruhi hasil yang akan diperoleh nantinya. Proses destruksi perlu dilakukan sebelum menganalisis suatu unsur dalam suatu makanan, karena sangat berpengaruh terhadap hasil yang diperoleh. Fungsi dari destruksi yaitu untuk memutus ikatan antara senyawa organik dengan logam kadmium (Cd) dalam sampel. Metode destruksi yang

digunakan pada penelitian ini yaitu metode destruksi basah terbuka dengan pemanasan di atas *hot plate*. Pada preparasi sampel destruksi basah untuk bahan-bahan dan obat herbal menggunakan zat pengoksidasi berbeda seperti HNO₃ p.a, H₂SO₄ p.a, dan H₂O₂ p.a ataupun pencampuran ketiganya (Dewi, 2012). Penggunaan kombinasi asam lebih menguntungkan dibandingkan asam tunggal karena dapat memberikan kekuatan asam yang lebih baik sehingga dapat melarutkan logam-logam yang terdapat dalam sampel organik.

Zat pengoksidasi yang utama adalah HNO₃, hal ini dikarenakan sifat kadmium (Cd) yang dapat larut dalam HNO₃. Asam nitrat merupakan asam paling utama dan sering digunakan dalam proses destruksi. Pada penelitian kali ini larutan pengoksidasi yang digunakan yaitu HNO₃ p.a : H₂SO₄ p.a : H₂O₂ p.a (10 mL : 1 mL : 3 mL). Tambahan asam lain seperti H₂O₂, HCl, dan H₂SO₄ sebagai katalis untuk mempercepat reaksi terputusnya kadmium (Cd) dari senyawa organik yang terdapat dalam sampel, selain itu penambahan asam berfungsi untuk menyempurnakan destruksi. Bahan organik dalam sampel yang dimisalkan dengan (CH₂O) terdekomposisi oleh asam nitrat menjadi CO₂ dan H₂O. Akibat dekomposisi tersebut, ikatan antara logam kadmium (Cd) dengan senyawa organik dari sampel akan terputus. Ion logam akan larut dalam larutan asam membentuk senyawa garam anorganik Cd(NO₃)₂. Reaksi yang terjadi ketika ditambahkan zat pengoksidasi dapat dilihat pada persamaan 4.2 dan 4.3:

.....(4.2)

.....(4.3)

Pada awal penelitian sudah melakukan destruksi minyak biji kelor menggunakan destruksi tertutup yaitu *refluks* dengan larutan pengoksidasi HNO₃ :

H₂SO₄ : H₂O₂ (10 mL : 1 mL : 3 mL) selama 4 jam dengan suhu pemanasan 80°C akan tetapi yang diperoleh sampel minyak biji kelor belum terdestruksi sempurna ditunjukkan dengan adanya gumpalan minyak yang belum tercampur dengan larutan pendestruksi. Hal ini disebabkan suhu pemanasan yang digunakan kurang tinggi dan tidak adanya bantuan *magnetic stirer* untuk pengadukan sehingga hasil destruksi belum sempurna dengan adanya hal tersebut kami mengganti metode dengan menggunakan destruksi terbuka yaitu *hot plate*.

Proses berikutnya dilakukan pemanasan diatas *hot plate* dengan bantuan *magnetic stirer*. Pemanasan memberikan energi yang memungkinkan untuk memutus ikatan kimia sehingga logam kadmium (Cd) terbebas dari sampel, pemanasan dilakukan pada suhu 100°C untuk memaksimalkan destruksi. Fungsi pengadukan dengan *magnetic stirer* yaitu untuk menghomogenkan larutan sehingga dapat membantu mempercepat proses pelarutan sisa padatan. Pada proses destruksi, muncul gelembung-gelembung gas berwarna coklat tipis, gas ini adalah NO₂ (hasil samping proses destruksi menggunakan asam nitrat). Adanya gas ini mengindikasikan bahwa bahan organik telah dioksidasi secara sempurna oleh asam nitrat (Wulandari, 2013).

Apabila larutan bening sudah diperoleh, proses destruksi dapat dihentikan yang menandakan bahwa ikatan logam pada sampel telah terputus dari senyawa organik. Hasil destruksi didapatkan larutan berwarna kuning bening dengan volume yang berbeda dengan volume awal, hal ini disebabkan karena penggunaan destruksi basah terbuka banyak larutan yang menguap hal ini merupakan salah satu kekurangan dari destruksi basah terbuka. Larutan hasil destruksi didinginkan dalam suhu ruang dan kemudian disaring dengan kertas

saring *whatman* 42 kertas saring kasar untuk memisahkan residu yang masih terdapat dalam larutan. Setelah penyaringan hasil destruksi siap dianalisis kadar logam kadmium (Cd) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Kadar logam kadmium (Cd) dalam masing-masing sampel diuji dengan tiga kali pengulangan prosedur, untuk diketahui akurasi dan kevalidan data yang diperoleh dari setiap perlakuan ini. Berikut kadar logam Kadmium (Cd) dari masing-masing sampel yang diperoleh dari hasil perhitungan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 kadar logam kadmium (Cd) dalam minyak kelor dengan merek berbeda menggunakan zat pengoksidasi $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2$

Hasil uji *One Way ANOVA* pada perlakuan penentuan kadar kadmium (Cd) dalam sampel minyak kelor menunjukkan perbedaan nyata dengan nilai probabilitas (sig.) sebesar 0,036 lebih kecil dibanding $\alpha = 0,05$. Berdasarkan hal ini dapat diketahui jika terdapat minimal satu pasang variabel yang memberikan pengaruh signifikan terhadap jenis merek sampel minyak kelor sehingga uji Tukey dapat dilakukan. Hasil kadar kadmium (Cd) pada sampel minyak kelor berdasarkan tabel 4.2 dapat diketahui data yang diperoleh menunjukkan bahwa setiap sampel memiliki kandungan logam Kadmium (Cd) yang berbeda-beda, tetapi semua sampel minyak kelor mengandung logam kadmium (Cd) diatas ambang batas yang telah ditetapkan Peraturan Badan pengawasan Obat dan Makanan No 13 tahun 2014 tentang batas cemaran logam berat dalam obat herbal

untuk kadmium (Cd) yaitu sebesar 0,3 mg/kg. Setiap sampel memiliki kandungan logam Kadmium (Cd) yang berbeda hal tersebut disebabkan beberapa faktor seperti proses produksi, dan kondisi budi daya. Kondisi budidaya baik lokasi maupun proses penanaman yang berbeda akan memberikan efek serapan logam yang berbeda pada tanaman obat. Selain dipengaruhi dari unsur hara, proses produksi obat herbal kemungkinan besar berpengaruh terhadap kadar kadmium dalam obat herbal.

4.5. Kajian Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Allah SWT menciptakan segala sesuatu di dunia semata-mata hanya untuk mahluk-Nya. Seluruh aspek kehidupan berhubungan dengan makhluk khususnya manusia telah diatur dalam ajaran islam, tanpa terkecuali masalah makanan. Makanan sebagai kebutuhan fisik, serta berpengaruh terhadap rohani seseorang yang mengkonsumsi makanan tersebut. Makanan yang halal dan baik akan berdampak positif bagi perkembangan jasad dan ruhani.

Hasil penelitian menunjukkan kadar logam kadmium (Cd) pada sampel kelor merek BPOM A, BPOM B, BPOM C, Non BPOM A, Non BPOM B, dan Non BPOM C berturut-turut yaitu 0,016 mg/kg, 0,042 mg/kg, 0,083 mg/kg, 0,133 mg/kg, 0,233 mg/kg dan 0,3 mg/kg, sedangkan kadar kadmium (Cd) untuk sampel minyak biji kelor merek BPOM A, Non BPOM A, Non BPOM B, dan Non BPOM C berturut-turut sebesar 0,92 mg/kg, 0,92 mg/kg, 1,1 mg/kg dan 1,0 mg/kg. Hasil dari kadar kadmium (Cd) pada sampel kapsul kelor dan minyak biji kelor menghasilkan kadar yang berbeda-beda pada kapsul kelor tidak semua

mengandung kadar kadmium (Cd) dan pada minyak biji kelor terdapat kadar yang berbeda sehingga masih bisa dikonsumsi oleh masyarakat.

Sudut pandang lain, batas yang diperbolehkan untuk logam kadmium (Cd) masuk ke dalam tubuh dalam jangka satu minggu yaitu $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan atau setara dengan 0,007 mg/kg berat badan. Hal ini dapat diartikan 70 μg atau 0,07 mg perhari untuk orang dengan bobot 70 kg. Secara umum kapsul kelor dan minyak biji kelor memiliki bersih 5-7 gram. Sehingga rata-rata dalam kapsul kelor dan minyak biji kelor mengandung 0,01-0,03 mg logam kadmium. Berdasarkan konsumsi hari yang masih diperbolehkan menurut PTWI (*Provesional Tolereble Weekly Intake*) maka kapsul kelor dan minyak biji kelor layak dikonsumsi. Allah SWT menciptakan bumi, langit dan seisinya semua mempunyai manfaat masing-masing. Kekuasaan Allah SWT yang begitu besar bagi makhluk hidup yang ada di bumi merupakan suatu tanda bagi mereka tentang adanya sang maha pencipta. Allah berfirman dalam Al-Qur'an surah Al-Baqarah Ayat 265:

وَمَثَلُ الَّذِينَ يُنْفِقُونَ أَمْوَالَهُمْ ابْتِغَاءَ مَرْضَاتِ اللَّهِ وَتَثْبِيْتًا مِّنْ أَنفُسِهِمْ كَمَثَلِ جَنَّةٍ بِرَبْوَةٍ أَصَابَهَا وَابِلٌ فَآتَتْ أُكُلَهَا ضِعْفَيْنِ فَإِن لَّمْ يُصِبْهَا وَابِلٌ فَطُلَّتْ ۗ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ بَصِيرٌ

Artinya: “ Dan perumpamaan orang-orang yang membelanjakan hartanya karena mencari keridhaan Allah dan untuk keteguhan jiwa mereka, seperti sebuah kebun yang terletak di dataran tinggi yang disiram oleh hujan lebat, maka kebun itu menghasilkan buahnya dua kali lipat. Jika hujan lebat tidak menyiraminya, maka hujan gerimis (pun memadai). Dan Allah Maha melihat apa yang kamu perbuat.

Berdasarkan ayat di atas, kata *rabwah* dalam bahasa arab berarti tanah subur yang berada di dataran tinggi (Shihab, 2002). Tanaman yang baik adalah tanaman yang subur dan bermanfaat. Maka manusia dengan kelebihan akal yang dimiliki harus berfikir dengan memanfaatkan nikmat alam yang telah Allah SWT

berikan seperti memanfaatkan tanaman yang berkhasiat sebagai obat, salah satu tanaman yang digunakan sebagai obat adalah kelor. Banyak orang yang lebih memilih menggunakan tanaman sebagai obat herbal, karena lebih aman dan tidak menimbulkan efek samping yang tinggi. Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surah asy Syu'ara Ayat 80:

وَإِذَا مَرِضْتُ فَهُوَ يَشْفِينِ

Artinya: "Dan apabila aku sakit, Dialah yang menyembuhkan aku"

Allah SWT berfirman bila aku (manusia) sakit, tiada yang mampu menyembuhkanku dari penyakit kecuali Allah Yang Maha Esa. Dialah yang mampu memberi penyakit dan menurunkan obat (Al-Qarni, 2007). Segala macam penyakit yang telah diberikan oleh Allah SWT, pasti ada obat atau penawarnya yang diberikan oleh-Nya bahkan manusia tidak menyadarinya. Dalam hadist riwayat Imam Muslim Jabir bin Abdillah dia berkata bahwa Nabi bersabda:

لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ فَإِذَا أُصِيبَ دَوَاءُ الدَّاءِ بَرَأَ بِإِذْنِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ

Artinya: "setiap penyakit pasti memiliki obat. Bila sebuah sesuai dengan penyakitnya maka dia akan sembuh dengan seizin Allah SWT" (HR. Muslim)

Sabda nabi (لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ) merupakan penguat motivasi bagi orang yang sakit, dokter atau orang memberikan pengobatan dan para peneliti, sekaligus dorongan untuk mencari pengobatan. Termasuk petunjuk bagi Nabi SAW beliau berobat untuk diri sendiri, dan juga memerintahkan keluarga dan sahabatnya untuk berobat ketika sakit.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kadar logam Kadmium (Cd) pada sampel kapsul kelor BPOM A, BPOM B, BPOM C, Non BPOM A, Non BPOM B, dan Non BPOM C berturut-turut yaitu 0,016 mg/kg, 0,042 mg/kg, 0,083 mg/kg, 0,133 mg/kg, 0,233 mg/kg, dan 0,3 mg/kg hasil yang diperoleh tidak melampaui batas kadar maksimum yang ditetapkan oleh BPOM adalah 0,3 mg/kg.
2. Kadar logam Kadmium (Cd) pada sampel minyak biji kelor BPOM A, Non BPOM A, Non BPOM B, dan Non BPOM C berturut-turut yaitu 0,9 mg/kg, 0,9 mg/kg, 1,1 mg/kg, dan 1,1 mg/kg hasil yang diperoleh berada di atas ambang batas kadar maksimum yang ditetapkan oleh BPOM adalah 0,3 mg/kg.

5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut penyusun memberi saran sebaiknya dalam melakukan destruksi ini jumlah sampel yang digunakan ditambah sampai dengan 5 g atau membuat kurva standar baru dengan konsentrasi di bawah 0,1 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- (ATSDR) Agency For Toxic Substances And Diseases Registry. 2008. *Toxicological Profile For Cadmium*. Usa:Us. Departemen Of Health And Human Services.
- (BPOM RI) Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia. 2014. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Persyaratan Mutu Obat Tradisional. Jakarta: Bp Pom.
- (DEPKES RI) Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2010. *Sainifikasi Jamu Dalam Penelitian Berbasis Pelayanan Kesehatan*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- (KEMENPERIN RI) Kementrian Perindustri Ri. 2016. Kosmetika Dan Jamu Tergerus Impor. Disajikan Dalam *Pameran Industri Kosmetika Dan Jamu*. Jakarta : Insanoke Kementrian Perindustri Ri.
- A.Apriyanto, D. Fardiaz, N.L. Puspitasari, Sedernawati, S. Budiyanto. 1989. *Analisis Pangan*. Bogor. Institute Pertanian Bogor Press
- Anderson, R. 1987. *Sample Pretreatment And Separation*. Chicester: John Willey And Sons
- Anonym. 1992. *Standarisasi Nasional Indonesia*. Jakarta. Departemen Kesehatan Republik Indonesia
- Bello, A. A., Issa, O.A., Ayoola, G. A., And Adejumo, O. O., 2012. Analysis Of Some Selected Toxic Metals In Registered Herbal Product Manufactured In Nigeria . *African Journal Of Biotechnology*, Vol. 11 (26): 6918 -6922.
- Boybul Dan Iis, Haryati. 2009. *Analisis Unsur Prngotor Fe, Cr, Dan Ni Dalam Larutan Uranil Nitrat Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom*. Sdm Teknologi Nuklir. Issn1978-0176.
- Boyd, R.S,. 2009. High-Nickel Insect And Nickel Hyperaccumulator Plants: A Review. *Insect Science*. 16,19-31,
- Chaudari, G. M., Dan Mahajan, R. T., 2105 Comprehensive Study On Pharmacognotic, Physic And Phytochemical Evaluation Of *Terminalia Arjuna Roxb*. Stem Bark. *Jurnal Of Pharmacognosy And Phytochemistry*, Vol. 4(3): 186-193.
- Clark, R.B. 1986. *Marine Pollution*. London: Clarendon Press.
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Ui Press.
- Day Dan Underwood. 1989. *Analisis Kimia Kuantitaif*. Jakarta : Erlangga.

- Dewi., D. C. 2012. Determinasi Kadar Logam Timbal (Pb) Dalam Makanan Kaleng Menggunakan Destruksi Basah Dan Destruksi Kering. *Alchemy*. Vol. 2(1): 12-25.
- Dewoto, H.R. 2007. Pengembangan Obat Tradisional Indonesia Menjadi Fitomarfaka. *Majalah Kedokteran Indoneisa*. 57 (7): 205-211
- Dghaim, R. Al Khatib, S., Rasool, H., Dan Khan , M.A.2015. Determination Of Heavy Metals Concentration In Tradional Herbs Commonly Consumed In The United Arab Emirates. *Journal Of Environmental And Public Health*. 2(1): 1-7.
- Gandjar, I.G. Dan Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Gupta, S., Pandotra, P., Gupta Ap, Dhar Jk, Sharma, G., Ram, G., Husain M.K., Bedi Y.S. 2010. Volatile (As And Hg) And Non Volatile (Pb And Cd) Toxic Heavy Metals Analysis In Rhizome Of Zingiber Officinale Collected From Different Locations Of North Western Himalayas By Atomic Absorption Spectroscopy. *Food Chem. Toxicol*. 48: 2966-2971.
- Gusnita, Dessy. 2010. *Analisis Emisi (Co, Hc, Dan Opasitas) Hasil Uji Petik Kendaraan Bermotor Di Dki Jakarta*, Prosding Seminar Nasional. Lapan, Bandung.
- Hamka, Buya. 1983. *Tafsir Al-Azhar*. Jakarta: Pustaka Panjimas.
- Hartanti, D. 2012. Kontaminasi Pada Obat Herbal. *Pharmacy*, Vol. 9(3): 42-55.
- Kabata- Pendias, A., 2001. *Trace Element In Soils And Plants*. New York: Crc Press.
- Kalaskar, M.M. 2012. Quantitative Analysis Of Heavy Metal From Vegetables Of Amba Nalain Amravati District. *Der Pharma Chemical*. 4: 2373-2377.
- Kartikasari, M. 2015. Analisis Logam Timbal (Pb) Pada Buah Apel (Pylus Malus L) Dengan Metode Destruksi Basah Secara Sepektrotometri Serapan Atom (Ssa). *Skripsi*. Malang: Uin Maulana Malikibrahim Malang
- Khopkar , S. M. 1990. *Konsep Dasar Analitik*. Jakarta: Ui Press.
- Korfali, S.I., Mrouch, M., Al-Zein, M., Dan Salem, R. 2013. Metal Concentration In Commonly Used Medical Herbs And Infusion By Lebanese Population: Health Impact. *Journal Of Food Research*, Vol. 2(2): 70-82.
- Kristaningrum, S. 2012. Kajian Berbagai Proses Destruksi Sampel Dan Efeknya. Di Dalam: *Seminar Nasional Penelitian Pendidikan Dan Penerapan Mipa. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan Mipa*

2012; Yogyakarta. 2 Juni 2012. Malang: Fakultas Mipa Universitas Negeri Yogyakarta. Halaman 195-202.

- Kristina. N., Syahid. S. 2014. Pemanfaatan Tanaman Kelor (*Moringa Oliefera*) Untuk Peingkatan Produksi Air Susu Ibu. *Warta Penelitian Dan Pengembangan Tanaman Industry*.20(3),26-29
- Lutfia. F. 2012. Potensi Gizi Daun Kelor (*Moringa Oliefera*) Nusa Tenggara Barat. *Media Bina Ilmiah*. 6(2), 42-50.
- Mousavi, Z. Parisa, Z., Mahdih, E. D., And Mahnaz, Q. 2104. Heavy Metals (Lead And Chadmium) In Some Medical Herbal Products In Iranian Market. *Iranian Journal Of Toxicology*, Vol.8 9240: 1004 -1010.
- Muhajir, A. 2009. Studi Kandungan Logam Berat Cadmium (Cd) Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Dari Bebebrapa Pasar Kota Malang. Skripsi. Malang: Jurusan Biolog, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Mulyani, O. 2007. Studi Perbandingan Cara Destruksi Basah Pada Bebarapa Sampel Tanah Asal Aliran Sungai Citarum Dengan Metode Konvensional Dan Bomb Telfon. *Tesis*. Itb Bandung.
- Murniasih, S., Dan Taftazani. 2013. Evaluasi Hg, Cd, Pb, Co, Cr, Dan As Dalam Sampel Produk Agroindustri Berdasarkan Keputusan Bpom Dan Adi (Accept Daily Intake). *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra*. Vol. 16 (1) – 37.
- Mustofa, M.H., 2017. Penentuan Kadar Logam Cadmium (Cd) Dalam Jamu Pegal Linu Mennggunakan Variasi Zat Pengoksidasi Secara Spektroskopi Serapan Atom (Ssa). *Skirpsi*. Malang: Uin Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Nwoko C.O., Mgbeahuruike L. 2011. Heavy Metal Contamination Of Ready-To-Use Herbal Remedies In Sourth Eastern Nigeria. *Pakistan J. Nutr.* 10: 959-964.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Pallar, H. 1994. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta. Vol 61 (94): 133-148.
- Raimon. 1993. *Perbandingan Metode Destruksi Basah Dan Kering Secara Spektorofotometri Serpan Atom*. Yogyakarta: Santika.
- Rodiana, Y., Maulana H., Dan Nurhasni.2013. Pengujian Metode Unik Analisis Total Logam Berat Dalam Sedimen Menggunakan Microwave Digestion.*Ecolab*. 7(2):71-80.
- Rustiah, W., Andriani, Y. 2018. Analisis Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oliefera Lamk*) Dalam Menurunkan Kadar Cod Dan Bod Pada Air Limbah Jasa Laundry. *Indo. J. Chem. Res.*,5(2): 508-512.

- Saifudiin, A. Rahayu, V. Dan Teruna, H.T. 2011. *Standarisasi Bahan Obat Alam*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Santoso, O. S., 1992. *Obat Tradisional Dan Fitofarmaka Di Indonesia*. Jakarta: Rineka Cipta
- Sekunder, Et. Al., 2012. Aas Estimation Of Heavy Metal And Trace Elements In Indian Herbal Cosmetic. Preparation. *Researsch Journal Of Chemical Sciences*. 2(3): 46-51.
- Setyorini, D., Soepart, Dan Sulaeman. 2003. *Dalam Prosiding Seminar Nasional Penngkatan Kualitas Lingkungan Dan Produk Pertanian : Pertanian Produktif Ramah Lingkungan Mendukung Ketahanan Dan Keamanan Pangan*. Jakarta: Pusat Penelitian Dan Pengembangan Tanah Dan Agroklimat, Badan Peneliti Dn Pengembangan Pertanian.
- Skoog, D.A., Donald, M. W., James, H., Dan Stanley, R.C. 2000. *Principles Of Instrumental Analysis*. Usa:Csb College Publishing.
- Sumardi. 1981. *Metode Destruksi Contoh Secara Kering Dalam Analisis Unsure-Unsur Fe-Cu-Mn-Zn Dalam Contoh-Contoh Biologis*. Proseding Seminar Nasional Metode Analisis. Lembaga Kimia Nasional. Jakarta: Lipi
- Tamiselvi, S., Dan Kannan, K.P. 2104. Atomic Absorption Spectroscopy For Quantitative Evaluation Of Heavy Metals And Trace Elements In Daruharida: A Rapid And Comprehensive Restoranition Scheme Quality Assurance Of Herbal Plants From Market Place. *International Journal Of Pharma And Bio Science*. 5 (4): 825 – 829.
- Tjitrosoepomo, G. 2013. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Tropiah, S.S. 2014. Aktivitas Antioksidan Dan Kandungan Total Fenolk Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oluefera Lam*). *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 3(4): 37-43
- Uddin, A.B.M.H., Reem, S. K., Mohamed. A., Abdualrahman, M.A., And Abdulrazak, K. 2016. Comparative Study Of Three Diegestion Methods For Elemental Analysis In Traditional Medicine Product Using Atomic Absorption Spectrometry. *Journal Of Analytical Science And Technology*, Vol. 7(6): 1-7.
- Varian. 2010. Prinsip Kerja Aas-Aa240, Pengoprasian Dan Cara Perawatannya. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Waston, D.G. 2010. *Analisis Farmasi Edisi 2* . Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran Egc.

- Who.2003.TraditionalMedicine.[Http://Www.Wh.Int/Mediacenter/Factsheet/Fs134en/](http://www.Wh.Int/Mediacenter/Factsheet/Fs134en/). Diakses Pada 13 Februari 2022.
- Winarti, S. 2010. *Makanan Fungsional*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Wong Jwc. 1997. Heavy Metal Contents In Vegetables In Hong Kong And Its Health Risk Implications. *Toxicol. Environ. Chem.* 60: 223-233.
- World Health Organization (Who). 2004. *Quality Control Methods For Medicinal Plant Materials*. Switzerland:Organization Geneva.
- Yap, Y. K., Mohd Firti, M. R., Mazyhar, Y., Tan, S.C. 2010. Effects Of Metals Contaminated Soils On The Accunulation Of Heavy Metals In Different Parts Of *Camelle Asiatica*: A Laboratory Study. *Sains Malaysiana*, Vol. 39(3): 347-352.
- Yawar, W., Naeem, K., Akhter, P., Rehana, I., Dan Saeed, M. 2009. Assessment Of Three Digestion Procedures For Zn Contents In Pakistan Soil By Flame Atomis Absorption Spectrometry. *Journal Of Saudi Chemical Society*. 1 (4): 125-129

