

**PENENTUAN KADAR LOGAM KADMIUM (Cd) DALAM JAMU PEGAL
LINU MENGGUNAKAN VARIASI ZAT PENGOKSIDASI SECARA
SPEKTROSKOPI SERAPAN ATOM (SSA)**

SKRIPSI

Oleh:
M. HIDAYATUL MUSTOFA
NIM. 13630001



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2017**

**PENENTUAN KADAR LOGAM KADMIUM (Cd) DALAM JAMU PEGAL
LINU MENGGUNAKAN VARIASI ZAT PENGOKSIDASI SECARA
SPEKTROSKOPI SERAPAN ATOM (SSA)**

SKRIPSI

Oleh:
M. HIDAYATUL MUSTOFA
NIM. 13630001

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)

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2017

**PENENTUAN KADAR LOGAM KADMIUM (Cd) DALAM JAMU PEGAL
LINU MENGGUNAKAN VARIASI ZAT PENGOKSIDASI SECARA
SPEKTROSKOPI SERAPAN ATOM (SSA)**

SKRIPSI

Oleh:
M. HIDAYATUL MUSTOFA
NIM. 13630001

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 09 Maret 2017

Pembimbing I

Diana Candra Dewi, M.Si
NIP. 19770720 200312 2 001

Pembimbing II

Akyunul Jannah, S.Si, M.P
NIP. 19750410 200501 2 009

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia



Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**PENENTUAN KADAR LOGAM KADMIUM (Cd) DALAM JAMU PEGAL
LINU MENGGUNAKAN VARIASI ZAT PENGOKSIDASI SECARA
SPEKTROSKOPI SERAPAN ATOM (SSA)**

SKRIPSI

Oleh:
M. HIDAYATUL MUSTOFA
NIM. 13630001

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 09 Maret 2017

Penguji Utama	: Elok Kamilah Hayati, M.Si NIP.19790620 200604 2 002	(.....)
Ketua Penguji	: Rif'atul Mahmudah, M.Si NIDT.19830125 20160801 2 068	(.....)
Sekretaris Penguji	: Diana Candra Dewi, M.Si NIP.19770720 200312 2 001	(.....)
Anggota Penguji	: Akyunul Jannah, S.Si, M.P NIP.19750410 200501 2 009	(.....)



**Mengesahkan,
Ketua Jurusan Kimia**

Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620/200604 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Hidayatul Mustofa
NIM : 13630001
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) Dalam Jamu Pegal Linu Menggunakan Variasi Zat Pengoksidasi Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 17 Maret 2017

Yang membuat pernyataan,



M. Hidayatul Mustofa
NIM. 13630001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua, dan adikku tercinta yang selalu memberi dukungan dan semangat serta doa selama proses penyusunan naskah skripsi.

Tak lupa ucapan terimakasih kepada pembimbing, konsultan, seluruh dosen kimia, laboran yang sudah membantu banyak dalam melancarkan proses pengerjaan skripsi ini.

Selain itu juga ucapan terimakasih tak lupa untuk semua teman-teman jurusan Kimia angkatan 2013 yang telah banyak membantu khususnya Tim Analitik. Terkhususkan pada Fikri, Andri, Hikmah, Isa, Nia, Lina, Amel, yang sudah membantu banyak baik secara fisik maupun nonfisik.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penyusun ucapkan kehadiran Allah SWT, dimana dengan limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya penyusun dapat menyelesaikan laporan penelitian ini. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi akhir zaman, penuntun umat, serta suri tauladan terbaik yaitu Nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini berjudul **“Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) Dalam Jamu Pegal Linu Menggunakan Variasi Zat Pengoksidasi Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)”**. Penyusunan naskah skripsi ini dimaksudkan sebagai salah satu syarat untuk memenuhi kewajiban jenjang S1 dalam tugas akhir. Semoga dapat memberikan manfaat kepada penulis maupun para pembaca.

Selama proses penyusunan naskah skripsi ini penyusun mendapat banyak bimbingan, nasihat, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah, ibu saya tercinta yang telah banyak memberikan nasihat, doa dan dukungan baik moril maupun materil yang tak mungkin terbalaskan.
2. Kerabat-kerabat saya yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil yang tak mungkin terbalaskan.
3. Bapak Prof. Dr. Mudjia Raharjo, M.Si, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si, selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

5. Ibu Diana Candra Dewi, M.Si, selaku dosen pembimbing I penelitian yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan nasehat kepada penyusun dalam menyelesaikan naskah skripsi ini.
6. Ibu Akyunul Jannah, S.Si, M.P, selaku dosen pembimbing II penelitian yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan nasehat kepada penyusun dalam menyelesaikan naskah skripsi ini.
7. Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si, selaku dosen konsultan yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan nasehat kepada penyusun selama menyelesaikan naskah skripsi ini.
8. Seluruh dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman, wacana dan wawasannya, sebagai pedoman dan bekal bagi penyusun.
9. Anggota tim kimia analitik 2013, yang telah banyak membantu baik secara fisik maupun fikiran dalam penyusunan naskah skripsi ini.
10. Teman-teman Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang khususnya angkatan 2013 yang telah memberi motivasi, informasi dan masukannya kepada penyusun dalam menyelesaikan naskah skripsi ini.
11. Teman-teman dari jurusan lain yang telah memberi motivasi, informasi dan masukannya kepada penyusun dalam menyelesaikan naskah skripsi ini.
12. Semua rekan dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas segala bantuan dan motivasinya kepada penyusun.

Dengan menyadari atas terbatasnya ilmu yang penyusun miliki, naskah skripsi ini tentu jauh dari kata sempurna. Untuk itu penyusun dengan senang hati mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan dalam penyusunan laporan selanjutnya. Terlepas dari segala kekurangan, semoga naskah skripsi ini dapat memberikan informasi dan kontribusi positif serta bermanfaat bagi kita semua. Amiin.

Malang, 17 Maret 2017

Penyusun



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Jamu Pegal Linu	8
2.2 Kontaminasi Logam Kadmium (Cd) pada Jamu.....	9
2.2.1 Toksisitas Kadmium	14
2.3 Metode Destruksi Basah Tertutup dan Variasi Zat Pengoksidasi yang Digunakan	16
2.4 Analisis Cd secara Spektroskopi Serapan Atom	19
2.5 Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	23
2.6 Analisis <i>One Way Anova</i>	25
2.7 Makanan Halal dan Baik dalam Perspektif Islam	27
BAB III METODOLOGI	
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.....	34
3.5.1 Pengambilan Sampel	34
3.5.2 Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	34
3.5.3 Pembuatan Kurva Standar Kadmium (Cd)	34
3.5.4 Penentuan Jenis Larutan Pengoksidasi Terbaik pada Kadmium (Cd) dalam Sampel Jamu Pegal Linu	34
3.5.5 Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) dalam Sampel Serbuk Jamu Pegal Linu dengan Merk Berbeda.....	35

3.5.6 Analisis Data.....	36
--------------------------	----

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Sampel	38
4.2 Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	39
4.3 Pembuatan Kurva Standar Kadmium (Cd).....	41
4.4 Pengaruh Jenis Larutan Pengoksidasi pada Konsentrasi Kadmium (Cd) dalam Sampel Jamu Pegal Linu	44
4.5 Pengaruh Jenis Merk Jamu Pegal Linu Terhadap Konsentrasi Logam Kadmium (Cd)	50
4.6 Kajian Hasil Penelitian Jamu Pegal Linu yang Halal dan Baik dalam Perspektif Islam	54

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

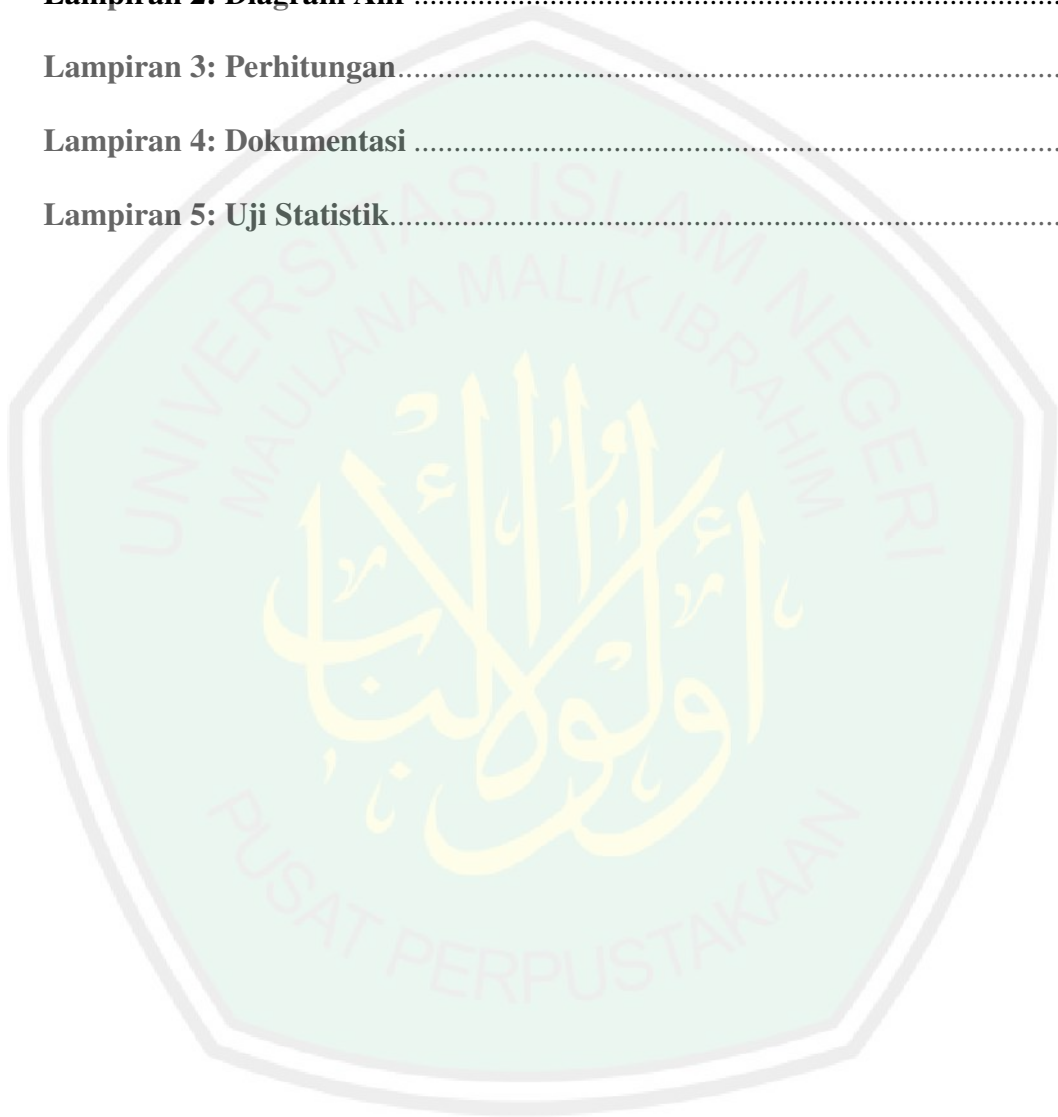
Tabel 2.1 Parameter pupuk organik untuk tanaman obat.....	13
Tabel 2.2 Kondisi optimum peralatan SSA logam Cd.....	25
Tabel 3.1 Volume perbandingan zat pengoksidasi	35
Tabel 3.2 Analisis kadar Kadmium pada masing-masing sampel	36
Tabel 4.1 Hasil uji <i>one way annova</i> pengaruh zat pengoksidasi terhadap konsentrasi logam Kadmium (Cd) dalam jamu pegal linu	47
Tabel 4.2 Hasil uji <i>one way annova</i> pengaruh jenis merk jamu pegal linu terhadap konsentrasi logam Kadmium (Cd).....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jamu pegal linu	8
Gambar 2.2	Skema umum atomisasi yang terjadi pada SSA	20
Gambar 2.3	Komponen Spektrofotometer Serapan Atom.....	23
Gambar 4.1	Grafik kurva standar Kadmium (Cd)	41
Gambar 4.2	Diagram perbandingan konsentrasi Cd dalam larutan hasil destruksi berdasarkan variasi jenis zat pengoksidasi	48
Gambar 4.3	Diagram konsentrasi logam Kadmium (Cd) pada masing-masing sampel jamu pegal linu	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Rancangan Penelitian.....	65
Lampiran 2: Diagram Alir	66
Lampiran 3: Perhitungan.....	70
Lampiran 4: Dokumentasi	81
Lampiran 5: Uji Statistik.....	83



ABSTRAK

Mustofa, M.H. 2017. **Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) dalam Jamu Pegal Linu Menggunakan Variasi Zat Pengoksidasi Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)**. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Diana Candra Dewi, M.Si; Pembimbing II: Akyunul Jannah, S.Si, M.P; Konsultan: Rif'atul Mahmudah, M.Si

Kata Kunci : Jamu Pegal Linu, Kadmium, Zat Pengoksidasi, SSA

Jamu pegal linu adalah salah satu jenis jamu yang berfungsi untuk menghilangkan rasa pegal-pegal akibat aktivitas berat. Jamu pegal linu dapat terkontaminasi oleh logam Kadmium dari bahan baku dan proses produksi. Ketepatan metode penentuan kadar Kadmium penting untuk mendukung keamanan dalam konsumsi jamu pegal linu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui zat pengoksidasi terbaik untuk analisis logam Kadmium (Cd) dalam sampel jamu pegal linu secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dan mengetahui kadar logam Kadmium (Cd) pada sampel jamu pegal linu dengan merk berbeda.

Jenis penelitian yang dilakukan adalah *experimental laboratory*, yang meliputi: pengambilan sampel, pembuatan kurva standar Kadmium (Cd), kemudian penentuan zat pengoksidasi terbaik dengan variasi zat pengoksidasi $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ (1:3), $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ (10:4), dan $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (3:1) menggunakan metode destruksi basah tertutup. Zat pengoksidasi terbaik digunakan untuk menentukan kadar Kadmium (Cd) dalam sampel jamu pegal linu dengan merk berbeda. Kadar logam Kadmium (Cd) diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Hasil penelitian menunjukkan zat pengoksidasi terbaik adalah $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (3:1) dengan rata-rata konsentrasi logam Kadmium (Cd) pada jamu pegal linu 4,4803 mg/kg. Pada hasil *One Way Anova* menunjukkan nilai F hitung (11831,98) > F tabel (10,92). Sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya terdapat pengaruh yang signifikan dengan adanya variasi zat pengoksidasi dari penentuan kadar logam Kadmium (Cd) dalam jamu pegal linu. Konsentrasi logam Kadmium (Cd) pada sampel jamu pegal linu A, B, C, D, dan E berturut-turut adalah 5,1625 mg/kg, 3,8462 mg/kg, 4,0317 mg/kg, 2,8315 mg/kg dan 2,4650 mg/kg.

ABSTRACT

Mustofa, M.H. 2017. **Determination of Cadmium (Cd) in the Pegal Linu Traditional Medicine Using Variation of Oxidant Solution Through Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)**. Thesis. Chemistry Departement, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University. Supervisor I: Diana Candra Dewi, M.Si; Supervisor II: Akyunul Jannah, S.Si, M.P; Consultant: Rif'atul Mahmudah, M.Si

Keywords : Pegal Linu Traditional Medicine, Cadmium, Oxidant Solution, AAS

Pegal linu traditional medicine is one of traditional medicine used for eliminate a stiff cause strenuous activity. Pegal linu traditional medicine can be contaminated by Cadmium from raw materials and manufacture process. Precise determination of Cadmium concentration is important for safety assurance in the pegal linu traditional medicine. The research aims to find out the best oxidant solution for Cadmium (Cd) analysis in the pegal linu traditional medicine through Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) and to find out Cadmium (Cd) concentration in pegal linu traditional medicine with different brand.

This research uses experimental laboratory, including: sampling, making the Cadmium (Cd) standard curve, then detemination the best oxidant solution with variation of the oxidant solution $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ (1:3), $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ (10:4), dan $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (3:1) uses wet close digestion method. The best oxidant solution used to determinate a Cadmium (Cd) concentration in the pegal linu traditional medicine with different brand. Concentration of Cadmium (Cd) measured by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).

The result revealed that best oxidizing solution is $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (3:1) with Cadmium (Cd) content in pegal linu traditional medicine is 4,4803 mg/kg. One way annova test showed that F value (11831,98) > F critical value (10,92). So, H_0 refused and H_1 accepted, mean there is significant influence by the variation of the oxidant solution on the determination of Cadmium (Cd) in pegal linu traditional medicine. Sequently, Cadmium (Cd) concentration in the A, B, C, D, and E sample of pegal linu traditional medicine is 5,1625 mg/kg, 3,8462 mg/kg, 4,0317 mg/kg, 2,8315 mg/kg and 2,4650 mg/kg.

الْمُلَخَّصُ

المصطفى، محمد هداية. ٢٠١٧. تحديد قدر الكادميوم في طب القرحة العشبية باستخدام الاختلافات من المؤكسد بواسطة مطياف الامتصاص الذري (AAS). أطروحة . قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا في جامعة الحكومية الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفة الأولى: ديانا جاندر ديوبي الماجستير، المشرفة الثانية: أعين الجنة الماجستير، مستشارة: رفعة المحموده الماجستير.

الكلمات البحث: طب القرحة العشبية، الكادميوم، المؤكسد، مطياف الامتصاص الذري

طب القرحة العشبية هي واحدة من الطب العشبية يستخدم لإزالة المزهق بسبب نشاط المضيق الشديدة. طب القرحة العشبية يمكن أن تكون ملوثة الكادميوم من مواد الخام وعملية التصنيع. كي تحديد الكادميوم الدقيق مهم لضمان السلامة في طب القرحة العشبية. يهدف البحث إلى معرفة أفضل المؤكسد لتحديد الكادميوم في طب القرحة العشبية بواسطة مطياف الامتصاص الذري (AAS) ولمعرفة الكادميوم في طب القرحة العشبية بعلامة التجارية المختلفة.

نوع هذا البحث هو عمل تجريبي الذي يحتوي على: أخذ العينات، وجعل المنحني المعياري من الكادميوم، ثم تحديد أفضل المؤكسد باختلافات من المؤكسدات حمض النيتريك + حمض الهيدروكلوريك (٣:١)، حمض النيتريك + حمض بيروكسيد (١٠:٤)، حمض النيتريك + حمض الكبريتيك (٣:١) باستخدام طريق الدمار الرطبي المغلقة. أفضل المؤكسد يستخدم لتحديد الكادميوم في طب القرحة العشبية بعلامة التجارية المختلفة. تركيز الكادميوم باستخدام مطياف الامتصاص الذري (AAS).

أظهرت نتيجة البحث أن أفضل المؤكسد هو حمض النيتريك + حمض الكبريتيك (٣:١) بقدر الكادميوم المتوسط في طب القرحة العشبية ٤,٤٨٠٣ مغ/كغ. أظهرت نتيجة في اتجاه واحد Anova أن ف قيمة العد (١١٨٣١,٩٨) < ف قيمة الجدول (١٠,٩٢). إذا، H_0 مرفوض و H_1 مقبول، وهذا يعني أن هناك تأثير كبير من الاختلاف المؤكسد على تحديد من الكادميوم في طب القرحة العشبية. تركيز الكادميوم في طب القرحة العشبية A, B, C, D, E بشكل متسلسل هو ٥,١٦٢٥ مغ/كغ، ٣,٨٤٦٢ مغ/كغ، ٤,٠٣١٧ مغ/كغ، ٢,٨٣١٥ مغ/كغ و ٢,٤٦٥٠ مغ/كغ.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Obat tradisional atau jamu adalah ramuan bahan alam yang secara turun temurun telah digunakan untuk pengobatan, dan dapat diterapkan sesuai dengan norma yang berlaku di masyarakat (DepKesRI, 2010). Konsumsi obat tradisional atau jamu semakin hari semakin meningkat. Menurut WHO, sekitar 80 % dari penduduk di beberapa negara seperti Asia, Afrika, dan bahkan Eropa menggunakan obat tradisional untuk mengatasi masalah kesehatannya (WHO, 2003). Seperti pada negara Asia lainnya, konsumsi jamu di masyarakat Indonesia juga semakin meningkat, terbukti dengan semakin tingginya omset yang diterima beberapa perusahaan obat tradisional dalam pasar domestik. Pada tahun 2013, omset penjualan jamu sudah mencapai empat belas triliun rupiah, dan di tahun berikutnya meningkat 7,14 % menyentuh angka lima belas triliun rupiah (Kemenperin, 2016).

Kecenderungan konsumsi masyarakat pada jamu bukan tanpa sebab. Meskipun jamu memberikan dampak yang terlihat lambat, namun bersifat memperbaiki dibandingkan dengan obat dari bahan kimia sintetis yang memberi efek sangat cepat. Jamu memiliki beberapa keuntungan diantaranya relatif aman untuk dikonsumsi, memiliki toksisitas yang rendah serta tidak meninggalkan residu (Biofarmaka, 2013). Jamu yang baik dalam pandangan Islam adalah jamu yang memenuhi persyaratan halal dan *thayyib* (baik). Sebagaimana telah disebutkan dalam al Qur'an surat al Baqoroh ayat 168:

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ ۚ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُبِينٌ

Artinya: "Wahai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan; karena sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu".

Berdasarkan ayat tersebut, Allah telah memerintahkan untuk makan makanan yang halal dan baik termasuk dalam mengkonsumsi jamu. Komposisi bahan yang aman dikonsumsi serta kadar yang tepat menjadi faktor penting sebagai acuan baik tidaknya suatu jamu untuk dikonsumsi. Dengan beberapa kelebihan yang dimiliki jamu daripada obat sintetis menjadikan masyarakat dengan mudahnya menyimpulkan semua jamu adalah aman. Padahal, penggunaan obat tradisional atau jamu belum tentu aman. Kualitas jamu yang tidak baik dapat menyebabkan berbagai efek pada penggunaannya. Penyebab rendahnya kualitas jamu yang sering ditemui adalah penambahan bahan obat sintetis, dosis yang tidak tepat, serta tercemarnya jamu oleh senyawa-senyawa berbahaya seperti partikel radioaktif ataupun logam-logam berat (Kosalec, dkk., 2009). Salah satu logam berat yang ada pada jamu adalah logam Cd.

Logam Kadmium adalah anggota kelompok logam berat yang sangat berbahaya bagi tubuh manusia. Efek kronis yang disebabkan oleh paparan logam Kadmium adalah gangguan ginjal, gangguan kardiovaskuler dan juga hipertensi (Muhajir, 2009). Keracunan Kadmium juga dapat menyebabkan gangguan paru-paru dan juga reproduksi. Serangan yang paling hebat akibat keracunan logam Cd adalah kerapuhan tulang (Palar, 2004).

Penelitian yang dilakukan oleh Bello, dkk. (2012) pada beberapa produk herbal di Nigeria, menunjukkan 12 sampel obat herbal mengandung logam Kadmium berkisar antara 0 - 40,288 mg/kg. Penelitian Vaikosen dan Alade

(2011) pada beberapa obat herbal yang diproduksi oleh Pax-herbal di Ewu, Edo state Nigeria, menunjukkan kandungan logam Kadmium sebesar 0,249 - 2,839 mg/kg. Studi yang dilakukan oleh Korfali, dkk. (2013) pada 16 tanaman obat di Lebanon menunjukkan konsentrasi logam Kadmium sebesar 0 - 1,7 mg/kg. Penelitian yang dilakukan oleh Dghaim, dkk. (2015) pada 7 jenis tanaman herbal yang umum dikonsumsi di Saudi Arabia menunjukkan konsentrasi logam Kadmium sebesar 0,01 - 1,11 mg/kg.

Jamu pegal linu adalah salah satu produk obat tradisional yang banyak diminati oleh masyarakat. Jamu pegal linu ini diyakini dapat menghilangkan pegal linu, capek, nyeri otot dan tulang, memperlancar peredaran darah, memperkuat daya tahan tubuh dan menghilangkan sakit seluruh badan. Banyak industri obat tradisional maupun industri kecil obat tradisional yang mengembangkan jamu ini dengan ramuan-ramuan tertentu (Wahyuni dan Sujono, 2004). Secara umum bahan yang biasa digunakan untuk pembuatan jamu pegal linu diantaranya temulawak, jahe, temu ireng, mengkudu, adas, kunyit, merica, asam, dan lain sebagainya (Husna, dkk., 2015). Pada penelitian Husna, dkk. (2015), produk jamu pegal linu yang beredar di kota Pekanbaru ditemukan mengandung logam Kadmium 0,1 mg/kg. Batas maksimum dari logam berat Kadmium dalam jamu menurut ketentuan Dirjen POM RI tahun 2014 adalah $\leq 0,3$ mg/kg. Kontaminasi logam Kadmium (Cd) pada jamu dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya, kondisi budidaya (Hartanti, 2012) dan proses produksi (Mousavi, 2014). Pada proses budidaya, Kadmium dapat berasal dari kandungan alami tanah (Peterson dan Alloway, 1979), aktivitas gunung berapi (Milala, 2011), penggunaan pestisida (Kusdianti, dkk., 2014), dan penggunaan pupuk (Charlena,

2004). Sedangkan pada proses produksi logam Kadmium dapat berasal dari pengeroposan logam dari alat produksi (Husna, dkk., 2015).

Salah satu metode analisis Cd pada jamu adalah dengan menggunakan metode Spektroskopi Serapan Atom. Kelebihan dari metode ini adalah mempunyai kepekaan yang tinggi, selektif untuk penetapan kadar logam, pelaksanaan yang relatif sederhana, dan interferensinya sedikit (Gandjar dan Rohman, 2007). Sebelum analisa kadar Cd menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom, sampel jamu harus terlebih dahulu melalui proses destruksi. Destruksi merupakan proses perusakan oksidatif dari bahan organik sebelum penetapan suatu analit anorganik (Dewi, 2012). Destruksi yang sering digunakan pada bahan alam adalah destruksi basah dengan berbagai variasi larutan pengoksidasi. Berdasarkan penelitian Dewi (2012) mengenai analisis logam pada sosis dan leci, didapatkan kadar logam menggunakan destruksi basah hampir 3 kali lebih besar dibandingkan dengan destruksi kering. Pada penelitian ini digunakan metode destruksi basah tertutup. Destruksi basah tertutup dipilih karena potensi hilangnya unsur logam sangat kecil dan proses oksidasi lebih cepat (Rodiana, dkk., 2013). Penelitian Kartikasari (2015) mengenai analisis Pb dalam buah apel menunjukkan hasil lebih baik menggunakan destruksi basah tertutup dengan kadar yang diperoleh 9,0305 mg/kg, sedangkan dengan destruksi basah terbuka 6,821 mg/kg.

Pada proses destruksi, zat pengoksidasi yang digunakan akan mempengaruhi hasil analisis. Zat pengoksidasi yang sering digunakan adalah HNO_3 , HCl , H_2O_2 , H_2SO_4 , atau campuran beberapa darinya. Penggunaan variasi zat pengoksidasi ini bertujuan untuk mendapatkan hasil analisis logam yang

maksimal dan efisien. Berdasarkan penelitian Kartikasari (2015), menunjukkan kadar logam lebih tinggi dengan menggunakan variasi pengoksidasi HNO_3 dan HClO_4 daripada pengoksidasi tunggal HNO_3 . Asam nitrat dan asam sulfat merupakan oksidator yang sangat kuat sehingga dapat melarutkan hampir semua logam (Skoog, dkk., 2000). Selain itu, H_2O_2 berfungsi sebagai agen pengoksidasi yang dapat menyempurnakan reaksi sehingga mampu mendekomposisikan sampel dengan sempurna (Yawar, 2009). Penggunaan aqua regia juga mampu melarutkan logam-logam mulia (Kristianingrum, 2012).

Beberapa penelitian penentuan logam pada jamu menggunakan destruksi basah dilakukan dengan komposisi jenis zat pengoksidasi yang berbeda-beda. Dalam penelitian Uddin, dkk. (2016) mengenai analisis Cd dalam obat tradisional, dari tiga jenis pengoksidasi yaitu HNO_3 dan HCl (1:3), HNO_3 , HNO_3 dan HClO_4 (2:1), diperoleh jenis zat pengoksidasi terbaik yaitu HNO_3 dan HCl (1:3) dengan kadar 0,14 - 0,33 mg/kg. Sedangkan dengan pengoksidasi HNO_3 dan HClO_4 (2:1) diperoleh kadar 0,12 - 0,25 mg/kg, dan menggunakan HNO_3 0,11 - 0,18 mg/kg. Pada penelitian Maghrabi (2014) dalam jurnalnya mengenai analisis kadar Cd pada obat herbal, dengan menggunakan zat pengoksidasi H_2O_2 dan HNO_3 (4:10) diperoleh kadar Kadmium 0 - 0,360 mg/kg. Sedangkan campuran zat pengoksidasi HNO_3 dan H_2SO_4 (3:1) yang digunakan pada analisis kadar Cd dalam tanaman obat, didapatkan kadar Kadmium 0,296 mg/kg (Chaudari dan Mahajan, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui zat pengoksidasi terbaik dalam proses destruksi basah tertutup dengan variasi dan komposisi zat pengoksidasi yaitu HNO_3 dan HCl (1:3), H_2O_2 dan HNO_3 (4:10), HNO_3 dan H_2SO_4 (3:1) untuk

menentukan kadar Cd pada jamu pegal linu. Zat pengoksidasi terbaik yang diperoleh digunakan untuk analisis kadar Cd pada masing-masing sampel jamu pegal linu. Untuk mengetahui pengaruh zat pengoksidasi terhadap kadar Cd pada jamu pegal linu dilakukan uji annova.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa variasi zat pengoksidasi terbaik yang digunakan pada proses destruksi basah tertutup untuk analisis Kadmium (Cd) pada jamu pegal linu?
2. Berapakah kadar logam Kadmium (Cd) pada tiap sampel jamu pegal linu secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui zat pengoksidasi terbaik yang digunakan pada proses destruksi basah tertutup untuk analisis Kadmium (Cd) pada jamu pegal linu
2. Untuk mengetahui kadar logam Kadmium (Cd) pada tiap sampel jamu pegal linu secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

1.4 Manfaat

1. Memberikan informasi mengenai zat pengoksidasi terbaik yang digunakan pada proses destruksi basah tertutup untuk analisis Kadmium (Cd) pada jamu pegal linu
2. Memberikan informasi mengenai kadar logam Kadmium (Cd) pada tiap sampel jamu pegal linu

1.5 Batasan Masalah

1. Sampel yang digunakan merupakan 5 jenis jamu serbuk pegal linu yang dibeli di beberapa toko jamu di kota Malang dengan ketentuan terdaftar dalam BPOM dan memiliki masa kadaluwarsa hingga 2018.
2. Destruksi yang digunakan adalah destruksi basah tertutup menggunakan refluks.
3. Variasi zat pengoksidasi yang digunakan dalam analisis cemaran logam Kadmium (Cd) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA) adalah HNO_3 p.a + HCl p.a (1:3), HNO_3 p.a + H_2O_2 p.a (10:4), dan HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jamu Pegal Linu

Jamu (*Empirical Based Herbal Medicine*) adalah obat tradisional yang berisi seluruh bahan tanaman yang menjadi penyusun jamu tersebut. Jamu disajikan dalam bentuk serbuk seduhan, pil atau cairan, yang mengandung berbagai tanaman obat yang jumlahnya antara 5-10 macam, bahkan bisa lebih. Jamu harus memenuhi persyaratan keamanan dan standar mutu dengan bukti empiris (BPOM RI, 2014). Jamu mempunyai beberapa bentuk sediaan diantaranya serbuk, pil dan cair. Serbuk adalah campuran homogen dua atau lebih obat yang diserbukkan. Menurut BPOM (2014) pengertian dari serbuk obat tradisional jamu adalah sediaan obat tradisional berupa butiran homogen dengan derajat halus yang cocok. Sediaan serbuk ini dikonsumsi dengan cara diseduh dalam air mendidih.



Gambar 2.1 Jamu pegal linu (Anonymous, 2016)

Salah satu produk jamu serbuk yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat adalah jamu pegal linu. Jamu pegal linu digunakan untuk menghilangkan pegal linu, nyeri otot dan tulang, memperlancar peredaran darah, memperkuat daya

tahan tubuh dan menghilangkan sakit seluruh badan (Wahyuni dan Sujono, 2004). Secara umum jamu pegal linu dibuat dari beberapa tanaman obat, diantaranya temulawak, jahe, temu ireng, mengkudu, adas, kunyit, merica, asam, dan lain sebagainya (Husna, dkk., 2015). Jamu serbuk pegal linu memiliki beberapa persyaratan, salah satunya adalah kandungan logam berat. Adapun batas maksimum kadar logam Kadmium adalah $\leq 0,3$ mg/kg (BPOM, 2014).

2.2 Kontaminasi Logam Kadmium (Cd) pada Jamu

Kontaminan pada jamu dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok, yaitu kontaminan biologis, pemalsuan bahan jamu, radioaktif, dan juga kontaminan kimia (Hartanti, 2012). Sumber kontaminasi biologis dapat berasal dari 2 macam organisme kontaminan yaitu mikroorganisme (bakteri dan jamur) dan binatang (parasit, serangga, dan lain-lain). Kontaminasi pada jamu juga berasal dari pemalsuan bahan jamu dengan cara penggantian atau penambahan spesies tanaman lain untuk meningkatkan khasiat atau menurunkan biayanya. Selain itu radioaktif yang berasal dari alam ataupun akibat bocornya reaktor nuklir buatan manusia juga menjadi sumber kontaminan pada jamu. Sementara itu, kontaminan lain dapat berasal dari bahan-bahan kimia (Hartanti, 2012). Kontaminan kimia yang mencemari jamu dapat berupa logam-logam berat, salah satunya logam Kadmium.

Kadmium merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi. Kadmium dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cd dan nomor atom 48, berat atom 112,4, titik leleh 321°C , titik didih 767°C dan memiliki massa jenis $8,65\text{ g/cm}^3$. Kadmium membentuk Cd^{2+} yang bersifat tidak stabil. Logam

Kadmium memiliki sifat fisik antara lain berwarna putih keperakan, mengkilat, lunak/mudah ditempa dan ditarik. Umumnya Kadmium ditemukan dengan elemen lain seperti oksigen (CdO), klorida (CdCl_2), atau belerang (CdS), kebanyakan Kadmium merupakan produk samping dari pengecoran seng dan timah. Kadmium banyak digunakan dalam berbagai industri terutama plating logam, pigmen, baterai, dan plastik (Achmad, 2004).

Kontaminasi Kadmium dalam jamu dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kondisi budidaya

Kondisi tempat penanaman menjadi salah satu faktor masuknya logam Kadmium dalam tanaman bahan baku jamu. Tanaman obat yang ditanam pada tanah yang tercemar logam, akan mengadsorpsinya dan terakumulasi dalam akar, tangkai daun dan bagian daunnya (Yap, dkk., 2010). Beberapa penelitian menunjukkan adanya kandungan logam Kadmium dalam bahan baku obat tradisional. Ziarati (2012) dalam penelitiannya menyebutkan adanya logam Kadmium pada tanaman obat dengan kisaran 0,19 - 9,26 mg/kg. Dalam literatur lain juga ditemukan kadar Cd yang tinggi pada beberapa tanaman obat seperti pada Mousavi, dkk. (2014) 0,1916 - 1,7531 mg/kg, Atinafu, dkk. (2015) 0,001 - 6,75 mg/kg, Khan (2012) 0,45 mg/kg, Chaudari dan Mahajan (2015) 0,296 mg/kg, Korfali, dkk. (2013) 0 - 1,7 mg/kg, dan Dghaim, dkk. (2015) 0,01 mg/kg - 1,11 mg/kg.

Puspitasari (2010) menyebutkan sekitar seratus lima puluh jenis bahan baku jamu digunakan oleh perusahaan jamu dalam proses produksinya. Bahan baku tersebut diperoleh dari penanaman sendiri di perkebunan, petani, serta

mengimpor dari negara lain. Sebagian besar produsen jamu pegal linu ada di daerah Jawa Tengah. Secara umum bahan baku jamu di Jawa Tengah berasal dari daerah Tawangmangu. Kondisi tanah yang subur membuat Tawangmangu menjadi tempat yang cocok untuk proses penanaman dan budidaya tanaman bahan baku jamu. Namun, kondisi tanah yang baik, tidak menutup kemungkinan akan terjaga dari kontaminasi logam berat salah satunya yaitu Kadmium. Kontaminan logam berat Kadmium pada proses penanaman dapat berasal dari aktivitas gunung berapi, kandungan murni dari tanah, penggunaan pestisida dan juga pemberian pupuk.

- a. Aktivitas gunung berapi dapat menimbulkan abu vulkanik yang dapat mencemari tanaman obat sendiri. Berdasarkan Milala (2011) abu vulkanik dari gunung mengandung logam Cd sebesar 0,514 mg/kg. Posisi Tawangmangu yang berada di lereng gunung Lawu memungkinkan akan adanya cemaran Cd tersebut. Meskipun gunung Lawu sekarang masih dalam kondisi inaktif, erupsi dan abu vulkanik pada saat terakhir letusan tentunya masih ada dalam tanah di sekitar lereng gunung Lawu. Selain itu, dilansir dari Sindonews (2014) abu vulkanik gunung Kelud pada tahun 2014 juga sampai pada daerah lereng gunung Lawu.
- b. Kandungan Kadmium dalam tanah dapat berasal dari batuan sedimen. Menurut Peterson dan Alloway (1979) dalam Darmono (1995), rata-rata kandungan Kadmium dalam tanah secara alamiah adalah 0.06 mg/kg.
- c. Pada umumnya para petani menggunakan pestisida kimia untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Meskipun dibutuhkan, namun jika digunakan dalam jumlah berlebih dapat meningkatkan konsentrasi

Kadmium dalam tanah dan juga tanaman. Berdasarkan penelitian Kusdianti, dkk. (2014) ditemukan kadar Kadmium dalam pestisida yang digunakan pada kentang yaitu 0,018 mg/kg. Penggunaan pestisida menyebabkan peningkatan kadar Kadmium dalam kentang dari 3,62 mg/kg menjadi 3,86 mg/kg pada pertengahan tanam.

- d. Pemberian pupuk berlebih dapat meningkatkan kadar Kadmium dalam tanah. Pupuk yang sering digunakan pada tanaman obat di Indonesia adalah pupuk organik. Sido muncul (1999) dalam Puspitasari (2010) menyebutkan pupuk organik harus memenuhi beberapa persyaratan diantaranya:



Tabel 2.1 Parameter pupuk organik untuk tanaman obat

No	Parameter	Kandungan	
		Padat	Cair
1	C-Organik (%)	> 12	≥ 4,5
2	C/N Ratio	10-25	-
3	Bahan ikutan (%)	Maks 2	-
	(krikil, beling, plastik)	4-12	-
5	Kadar logam berat	≤ 10	≤ 10
	As (ppm)	≤ 1	≤ 1
	Hg(ppm)	≤ 50	≤ 50
6	pH	4-8	4-8
7	Kadar Total (%)		
	P ₂ O ₅	< 5	< 5
8	Mikroba patogen	Dicantumkan	Dicantumkan
9	Kadar unsur mikro (%)		
	Zn	Maks 0,500	Maks 0,2500
	Cu	Maks 0,500	Maks 0,2500
	Mn	Maks 0,500	Maks 0,2500

Sumber : PT. Sido Muncul (1999) dalam Puspitasari (2010)

Kadmium sebagai salah satu impuritis dalam pupuk menjadi salah satu parameter penting yang harus diperhatikan. Dalam sebuah studi, ditemukan hasil analisis Kadmium pada bawang berumur 20 hari memperlihatkan kandungan Kadmium yang tinggi yaitu 3,4805 - 7,9135 mg/kg karena pemakaian pupuk berlebih di awal musim (Kusumaningrum, 2012). Selain itu bahan baku impor menjadikan penggunaan pupuk tidak dapat dikontrol oleh perusahaan. Menurut

Alloway (1995) dalam Charlena (2004), kisaran umum konsentrasi logam Kadmium dalam pupuk fosfat yaitu 0,1 - 170 mg/kg, pupuk nitrat 0,05 - 8,5 mg/kg, pupuk kandang 0,1 - 0,8 mg/kg, kapur 0,04 - 0,1 mg/kg, dan kompos 0,01 - 100 mg/kg.

2. Proses pembuatan / produksi

Kontaminasi Kadmium dapat berasal dari proses produksi (Mousavi, dkk., 2014). Menurut Husna, dkk. (2015), masuknya Kadmium dalam obat herbal dapat berasal dari pengeroposan logam dari alat produksi. Alat-alat produksi jamu umumnya terbuat dari stainlesssteel. Dalam pembuatan alat tersebut, tentunya ada proses penyambungan antara satu bagian dengan bagian yang lain. Selain itu juga ada proses plating agar alat dapat bertahan lama. Umumnya, pengelasan, penyambungan dan plating dilakukan dengan Zn. Seng memiliki impuritis alami yaitu Cd. Sehingga Kadmium dapat masuk dalam alat produksi jamu. Menurut Clark (1986), Cd dapat terkorosi bersama Zn dalam kurun waktu 4 - 12 tahun. Penggunaan alat produksi yang sudah berumur lama semakin meningkatkan resiko tercemarnya jamu dengan logam Kadmium.

2.2.1 Toksisitas Kadmium

Kadmium dapat terakumulasi pada tubuh manusia. Logam ini dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui 3 jalur yaitu :

1. Inhalasi

Kasus keracunan Kadmium kebanyakan disebabkan karena debu dan asap Kadmium terutama Kadmium oksida (CdO) yang terhirup ke dalam saluran pernafasan (Darmono, 2001). Kadmium akan mengendap pada mukosa

nasofaring, trakea, bronkus, alveoli, dan kemudian akan diserap ke dalam darah (Widowati, dkk., 2008).

2. Oral

Kadmium dapat masuk ke dalam tubuh melalui makanan yang telah terkontaminasi oleh logam Cd dan atau persenyawaannya (Darmono, 1995). Merokok juga menjadi sumber masuknya Kadmium ke dalam tubuh. Hampir 50 % asap rokok diserap paru-paru. Perokok biasanya memiliki darah yang mengandung Kadmium dua kali lipat orang yang tidak merokok (ATSDR, 2008).

3. Penetrasi melalui kulit

Kadmium dapat diserap melalui kulit. Namun intensitas penyerapan melalui kulit hanya sekitar 0,5 %. Paparan selama beberapa jam atau lebih dapat memperbesar resiko penyerapan Kadmium melalui kulit (ATSDR, 2008).

Kadmium bergabung dengan Timbal (Pb) dan Merkuri (Hg) sebagai *the big three heavy metal* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia (Suhendrayatna, 2001). Keracunan logam Kadmium dapat menimbulkan bahaya bagi tubuh manusia baik akut maupun kronis. Efek akut adalah efek yang timbul dalam jangka waktu pendek. Sedangkan efek kronis adalah efek yang terjadi akibat paparan logam Kadmium dengan dosis kecil dalam waktu yang lama. Menurut Sudarmaji, dkk. (2006) keracunan akut akibat paparan Kadmium adalah sesak nafas, tenggorokan kering, radang paru-paru, sakit kepala, menggigil, dan kematin. Sementara itu, efek kronis yang ditimbulkan akibat keracunan Kadmium adalah kemampuan indra penciuman menurun, berat badan menurun, dan gigi sering terasa ngilu. Selain itu efek kronis yang dapat terjadi

adalah gangguan pada ginjal, reproduksi, paru-paru dan juga kerapuhan pada tulang (Palar, 2004).

2.3 Metode Destruksi Basah Tertutup dan Variasi Zat Pengoksidasi yang Digunakan

Penentuan kandungan mineral dapat dilakukan dengan metode destruksi kering (*dry ashing*), dan destruksi basah (*wet digestion*). Pemilihan cara tersebut tergantung pada sifat zat organik dan anorganik yang ada dalam bahan mineral yang akan dianalisis (Muchtadi, 2009). Destruksi basah yaitu pemanasan sampel (organik atau biologis) dengan pengoksidasi kuat seperti asam-asam mineral baik tunggal maupun campuran. Jika dalam sampel ditambahkan zat pengoksidasi, kemudian dipanaskan pada temperatur tertentu secara kontinu selama waktu yang cukup lama, maka sampel akan teroksidasi sempurna dan meninggalkan berbagai elemen-elemen pada larutan asam dalam bentuk senyawa anorganik (Anderson, 1987). Kesempurnaan destruksi ditandai dengan diperolehnya larutan jernih pada larutan destruksi, yang menunjukkan bahwa semua konstituen yang ada telah larut sempurna atau perombakan senyawa-senyawa organik telah berjalan dengan baik. Senyawa-senyawa garam yang terbentuk setelah destruksi merupakan senyawa garam yang stabil (Raimon, 1993).

Beberapa penelitian analisis logam seperti Kadmium dan Timbal dilakukan dengan metode destruksi basah. Variasi zat pengoksidasi yang sering digunakan antara lain:

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

Asam nitrat sering digunakan sebagai zat pengoksidasi utama pada proses destruksi. Sedangkan asam sulfat merupakan dehidrator yang sangat kuat bagi karbohidrat dan senyawa organik lainnya. Namun pemecahan senyawa karbon

oleh asam sulfat, menghasilkan residu berwarna hitam. Sehingga biasanya ditambahkan asam nitrat agar jernih (Anderson, 1987). Pada penelitian Chaudari dan Mahajan (2015), dengan menggunakan campuran pengoksidasi HNO_3 , H_2SO_4 (3:1) didapatkan kadar Cd dalam tanaman obat 0,296 mg/kg. Penelitian Dewi (2012) dengan campuran pengoksidasi HNO_3 , H_2SO_4 (3:1) diperoleh kadar Pb dalam sampel leci 0,68 - 0,72 mg/kg.

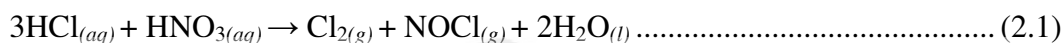
2. $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$

Penggunaan asam peroksida dengan asam nitrat, berfungsi untuk memaksimalkan proses destruksi. H_2O_2 akan terurai pada suhu 100 °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 Sukesu, 2013). Penelitian Maghrabi (2014) mengenai analisis logam pada obat herbal dengan menggunakan campuran pengoksidasi HNO_3 , H_2O_2 (10:4) didapatkan kadar Cd 0 - 0,360 mg/kg. Studi lain mengenai analisis logam pada obat herbal China dengan campuran pengoksidasi HNO_3 , H_2O_2 (5:3) diperoleh kadar Cd 0 - 2,6418 mg/kg (Zheng, dkk., 2013).

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

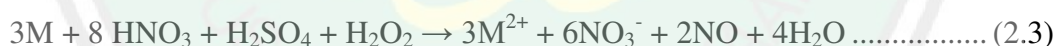
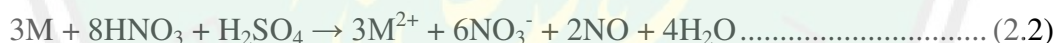
Aqua regia yaitu campuran asam klorida pekat dan asam nitrat pekat dengan perbandingan volume 3:1 mampu melarutkan logam-logam yang tidak larut dalam asam klorida atau asam nitrat. Beberapa penelitian banyak menggunakan aqua regia sebagai zat pengoksidasi untuk analisis logam pada tanaman obat dan beberapa produk jamu. Diantaranya Bello, dkk. (2012)

didapatkan kadar Cd 0 - 40,288 mg/kg, Husna, dkk. (2015) diperoleh kadar Cd 0,1 mg/kg dan Uddin, dkk. (2016) dengan kadar Cd 0,14 - 0,33 mg/kg. Reaksi yang terjadi jika HCl pekat dengan HNO₃ pekat (Kristianingrum, 2012):



Gas klor (Cl₂) dan gas nitrosil klorida (NOCl) inilah yang mengubah logam menjadi senyawa logam klorida dan selanjutnya diubah menjadi kompleks anion yang stabil yang selanjutnya bereaksi lebih lanjut dengan Cl⁻.

Secara umum asam nitrat dalam destruksi digunakan sebagai zat pengoksidasi utama. Hal ini dikarenakan sifat logam Kadmium yang mudah larut dalam asam nitrat. Sedangkan asam-asam lain berfungsi sebagai katalis. Menurut Dewi (2012) adanya penambahan asam seperti asam sulfat dan asam peroksida adalah sebagai katalis dalam reaksi pemutusan ikatan logam dengan polimer organik dalam sampel. Adapun reaksi yang terjadi untuk oksidator-oksidator tersebut adalah sebagai berikut (Dewi, 2012):



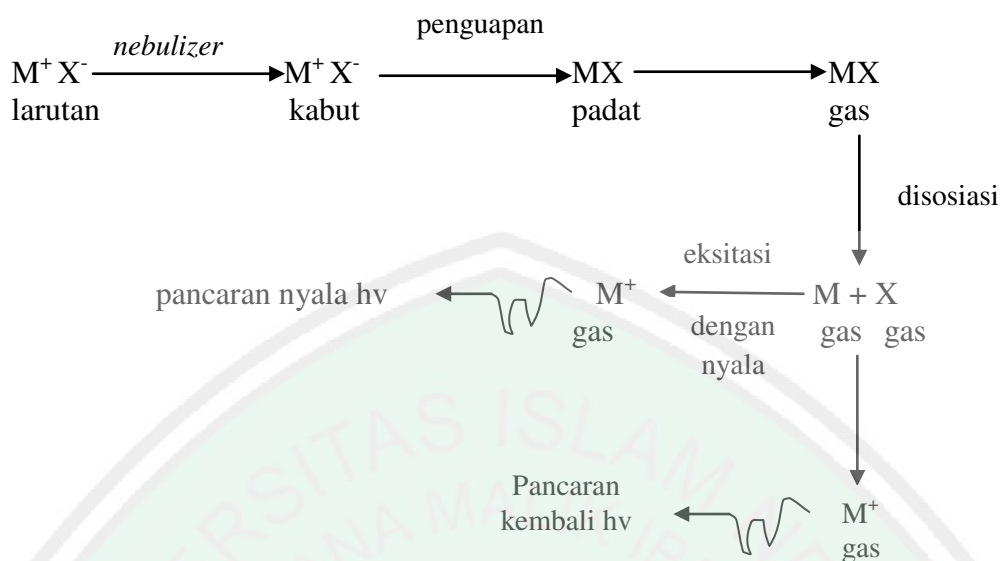
Menurut Darmono (1995) metode analisis logam dengan menggunakan refluks dilakukan dengan memasukkan sampel ke dalam labu destruksi yang dilengkapi dengan kondensor pendingin yang dialiri air, sampel didestruksi menggunakan zat pengoksidasi dan dipanaskan pada temperatur 120 °C. Kondensor disambungkan 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 tertutup dipilih karena potensi

hilangnya unsur logam sangat kecil dan proses oksidasi lebih cepat (Rodiana, dkk., 2013). Berdasarkan penelitian Kartikasari (2015) mengenai analisis Pb pada buah apel menunjukkan hasil lebih baik menggunakan destruksi tertutup dengan kadar yang diperoleh yaitu 9,0305 mg/kg, sedangkan dengan destruksi terbuka 6,821 mg/kg.

2.4 Analisis Cd secara Spektroskopi Serapan Atom

Spektroskopi Serapan Atom adalah suatu metode yang digunakan untuk analisis kuantitatif unsur-unsur logam. Metode analisis ini memberikan kadar total unsur logam dalam suatu sampel dan tidak tergantung pada bentuk molekul dari logam dalam sampel tersebut. Metode ini seringkali mengandalkan nyala untuk mengubah logam dalam larutan sampel menjadi atom-atom logam berbentuk gas yang digunakan untuk analisis kuantitatif dari logam dalam sampel (Gandjar dan Rohman, 2007). Pemilihan metode Spektroskopi Serapan Atom dikarenakan mempunyai sensitifitas tinggi, mudah, murah, sederhana, cepat, dan cuplikan yang dibutuhkan sedikit (Supriyanto, dkk., 2007).

Spektroskopi Serapan Atom didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral dalam bentuk gas (Gandjar dan Rohman, 2007). Skema kerja umum dari metode ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Skema umum atomisasi yang terjadi pada SSA (Basset, dkk., 1994)

Secara umum proses atomisasi yang terjadi pada SSA melalui beberapa tahapan yaitu (Chasteen, 2000):

1. *Nebulizer* mencampur asetilena (bahan bakar) dan oksidan (udara atau dinitrogen oksida), dan menciptakan tekanan.
2. Tekanan tersebut mengakibatkan sampel terserap/tersedot masuk ke dalam ruang *nebulizer*.
3. *Glass bead* dan *mixing paddle* di dalam *chamber* menciptakan campuran yang heterogen dari (bahan bakar + oksidan) dan aerosol tersuspensi (sampel yang terdispersi halus).
4. Campuran akan mengalir langsung ke kepala *burner*.
5. Sampel cair tidak mengalir menuju nyala, melainkan terkumpul di bagian bawah dari *nebulizer* dan mengalir secara gravitasi menuju tempat pembuangan.
6. Nyala akan memecah matriks analit dan membuatnya dalam bentuk atom.

7. Kemudian monokromator akan mengisolasi sinar dari analit dan memisahkannya dari sinar lain yang ditimbulkan oleh nyala.
8. Detektor akan menentukan intensitas sinar yang keluar dari monokromator dan mengubahnya dalam bentuk energi listrik.

Atom-atom menyerap menyerap radiasi pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat atom tersebut. Sebagai contoh Kadmium pada 228,8 nm. Dengan menyerap energi, maka atom akan memperoleh energi sehingga suatu atom pada keadaan dasar dapat ditingkatkan menjadi ke tingkat eksitasi (Gandjar dan Rohman, 2007). Penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom keadaan dasar yang berada dalam keadaan nyala (Mulja dan Milner, 1991). Hal ini sesuai dengan hukum Lambert-Beer yaitu Hukum Lambert: bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengansorpsi. Hukum Beer: intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut (Khopkar, 1990).

Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$A = -\log \frac{I_o}{I_t} = \epsilon bc \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

I_o = intensitas sumber sinar

I_t = intensitas sinar yang diteruskan

ϵ = absorbtivitas molar (mol/liter)

b = panjang medium atau tebal nyala (nm)

c = konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar (ppm)

A = absorbansi

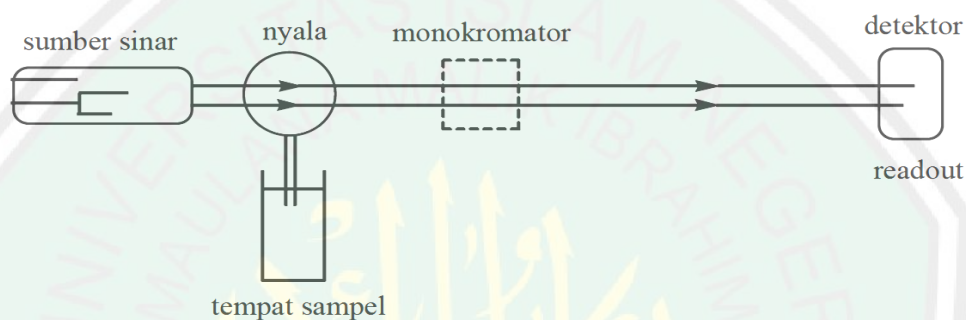
$$A = -\log \frac{I_0}{I_t} = -\log T \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan T = transmittan

Konsentrasi logam dari sampel dapat dihitung dengan metode kurva standar. Metode kurva standar diawali dengan pembuatan seri larutan standar dengan berbagai konsentrasi dan absorbansi yang diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Kemudian diperoleh grafik hubungan antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A), yang merupakan garis lurus melewati titik nol dengan *slope* = b , konsentrasi larutan sampel diukur dan diinterpolasi kedalam kurva standar atau dimasukkan dengan persamaan regresi linier pada kurva standar (Syahputra, 2004). Metode kurva standar bisa digunakan untuk menggantikan metode adisi standar untuk menganalisis Kadmium (Cd) dalam sampel. Walaupun secara performa analitik metode adisi standar lebih sensitif dari pada kurva standar, namun metode adisi standar membutuhkan waktu pengerjaan yang lama. Keadaan ini disebabkan ketika akan menganalisis sebuah sampel maka harus membuat kurva terlebih dahulu. Selain itu metode adisi standar juga membutuhkan lebih banyak sampel. Kelebihan dari kurva standar ketika banyak sampel yang akan dianalisis dengan waktu pengerjaannya membutuhkan waktu relatif singkat, sehingga kurva standar ini bisa digunakan sebagai alternatif metode dengan syarat zat pengoksidasi harus cocok dan sesuai dengan kondisi sampel yang akan dianalisis (Nuraini, 2011).

2.5 Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

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



Gambar 2.3 Komponen Spektrofotometer Serapan Atom (Gandjar dan Rohman, 2007)

a. Sumber Radiasi

Sumber radiasi yang digunakan adalah lampu katoda berongga (*hallow cathode lamp*). Lampu ini terdiri atas tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda. Katoda berbentuk silinder berongga yang dilapisi dengan logam tertentu (Gandjar dan Rohman, 2007).

b. Tempat Sampel

Analisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom, sampel yang akan dianalisis harus diuraikan menjadi atom-atom netral yang masih dalam keadaan azas. Ada berbagai macam alat yang digunakan untuk mengubah sampel menjadi uap atom-atomnya, yaitu:

1. Nyala (*Flame*)

Nyala digunakan untuk mengubah sampel yang berupa cairan menjadi bentuk uap atomnya dan untuk proses atomisasi. Suhu yang dapat dicapai oleh nyala tergantung pada gas yang digunakan, misalnya untuk gas asetilen-udara suhunya sebesar 2200 °C. Sumber nyala asetilen-udara ini merupakan sumber nyala yang paling banyak digunakan. Pada sumber nyala ini asetilen sebagai bahan pembakar, sedangkan udara sebagai bahan pengoksidasi (Gandjar dan Rohman, 2007).

2. Tanpa nyala (*Flameless*)

Pengatoman dilakukan dalam tungku dari grafit. Sejumlah sampel diambil sedikit (hanya beberapa μL), lalu diletakkan dalam tabung grafit, kemudian tabung tersebut dipanaskan dengan sistem listrik dengan cara melewatkan arus listrik pada grafit. Akibat pemanasan ini, 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 (Gandjar dan Rohman, 2007).

c. Monokromator

Monokromator merupakan alat untuk memisahkan dan memilih spektrum sesuai dengan panjang gelombang yang digunakan dalam analisis dari sekian banyak spektrum yang dihasilkan lampu katoda berongga (Gandjar dan Rohman, 2007).

d. Detektor

Detektor digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat pengatoman (Gandjar dan Rohman, 2007).

e. *Amplifier*

Amplifier merupakan suatu alat untuk memperkuat signal yang diterima dari detektor sehingga dapat dibaca alat pencatat hasil (readout) (Gandjar dan Rohman, 2007).

f. *Readout*

Readout merupakan suatu alat penunjuk atau dapat juga diartikan sebagai pencatat hasil. Hasil pembacaan dapat berupa angka atau berupa kurva yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi (Gandjar dan Rohman, 2007).

Berikut adalah kondisi optimum yang digunakan untuk analisa logam Cd dengan Spektrofotometer Serapan Atom (Dewi, 2011):

Tabel 2.2 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

2.6 Analisis *One Way Annova*

Analisis varian (*analysis of variance*) atau ANNOVA adalah metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika interferensi. Uji dalam annova menggunakan uji F karena dipakai untuk pengujian lebih dari 2 sampel. Annova (*Analysis of Variances*) digunakan untuk melakukan analisis komparasi multivariabel. Teknik analisis komparatif dengan menggunakan tes “t” yakni dengan mencari perbedaan yang signifikan dari dua buah *mean* hanya efektif bila

jumlah variabelnya dua. Untuk mengatasi hal tersebut ada teknik analisis komparatif yang lebih baik yaitu *analysis of variances* atau annova.

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

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

Nilai % *recovery* yang lebih besar dari 100 % atau hasil pengukuran lebih besar dari konsentrasi sebenarnya dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah ketidakpastian. Penyebab ketidakpastian dalam penelitian kurva standar ini adalah adanya ketidakpastian dalam kalibrasi baik dalam penggunaan alat maupun dalam pembacaan skala. Selain itu faktor temperatur juga ikut berperan dalam kesalahan kalibrasi sehingga menyebabkan adanya ketidakpastian baku. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketidaktepatan dan ketidaktelitian dalam pengukuran adalah (Kartikasari, 2015):

1. Penimbangan yang tidak benar, demikian juga pemindahan analit dan baku yang tidak sesuai
2. Ekstraksi analit dari suatu matriks yang tidak efisien
3. Penggunaan buret, pipet, dan labu takar yang tidak benar
4. Pengukuran menggunakan alat yang tidak terkalibrasi
5. Kegagalan dalam melakukan analisis blanko
6. Pemilihan kondisi pengukuran yang menyebabkan kerusakan analit

7. Kegagalan untuk menghilangkan gangguan oleh bahan tambahan dalam pengukuran analit

2.7 Makanan Halal dan Baik dalam Perspektif Islam

Pola hidup manusia secara keseluruhan telah diatur dalam ketentuan syariat Islam. Syariat Islam bersumber pada al Qur'an, hadis, dan juga kesepakatan para ulama. Syariat Islam mengatur setiap pola hidup manusia agar sesuai dengan ajaran agama Islam, termasuk dalam hal konsumsi obat. Obat adalah bahan yang digunakan oleh makhluk hidup untuk meringankan, mencegah dan menyembuhkan penyakit. Era globalisasi membuat produksi obat berkembang pesat. Tidak hanya obat-obat sintetis, obat tradisional juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Hal ini dikarenakan pola berfikir masyarakat untuk kembali menggunakan produk-produk alami. Peningkatan produksi obat tradisional perlu dibarengi dengan adanya peningkatan kualitas produk, agar obat yang dihasilkan dapat bersaing dan juga diterima dengan baik oleh masyarakat serta aman untuk dikonsumsi. Syarat kualitas yang baik tidaklah cukup dalam Islam. Aspek lain yang harus dipenuhi adalah kehalalan dari produk tersebut. Sebagaimana firman Allah SWT dalam surat an Nahl ayat 114:

فَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا وَاشْكُرُوا نِعْمَتَ اللَّهِ إِنَّ كُفْرَكُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ

Artinya: "Maka makanlah yang halal lagi baik dari rezki yang telah diberikan Allah kepadamu; dan syukurilah nikmat Allah, jika kamu hanya kepada-Nya saja menyembah".

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah memerintahkan kepada manusia untuk makan makanan yang halal dan baik. Dalam hal ini, makanan yang dimaksud bukan hanya makanan pokok yang setiap hari dikonsumsi, melainkan

seluruh produk mulai dari makanan, minuman, hingga obat-obatan. Pada produk obat-obatan syarat halal dan baik mencakup proses pengolahan dan juga bahan yang digunakan. Proses produksi harus dilakukan dengan keadaan yang steril dimana terbebas dari najis, maupun komponen-komponen lain yang dapat membahayakan bagi konsumen seperti senyawa kimia berbahaya, bakteri, virus, kerikil tajam dan sebagainya. Kemudian bahan yang digunakan dalam obat harus berasal dari bahan yang halal dan tidak membahayakan ketika dikonsumsi. Selain itu bahan yang terkandung dalam obat harus sesuai dengan kadar dan dosis yang telah ditentukan. Kadar dan dosis yang sesuai menjadi faktor penting baik tidaknya suatu produk obat untuk dikonsumsi. Kadar yang sesuai tentunya akan bekerja efektif dalam menyembuhkan suatu penyakit. Sedangkan dengan kadar yang kurang ataupun lebih, obat tidak akan efektif menyembuhkan, bahkan dapat menimbulkan adanya penyakit baru. Hal ini telah disabdakan oleh Rasulullah SAW dalam sebuah hadis yang diriwayatkan oleh Imam Muslim, *“Setiap penyakit pasti memiliki obat. Bila sebuah obat sesuai dengan penyakitnya maka dia akan sembuh dengan seizin Allah Subhanahu wa Ta’ala.”* (HR. Muslim).

Jamu pegal linu merupakan salah satu jenis jamu yang banyak diproduksi di Indonesia. Jamu pegal linu dibuat dari beberapa tanaman obat yang diramu untuk menyembuhkan rasa capek, dan sakit akibat aktivitas berat. Produksi jamu pegal linu dilakukan dengan beberapa tahap penting diantaranya adalah pemilihan bahan baku, proses pengolahan, hingga proses pengemasan. Beberapa tahapan tersebut mempunyai kemungkinan akan adanya kontaminan yang ikut masuk dalam produk jamu pegal linu. Bahan baku dan juga alat produksi yang kurang baik dapat menyebabkan tercemarnya produk jamu pegal linu dengan berbagai

kontaminan seperti bakteri, jamur, kerikil, logam berat dan kontaminan lain yang dapat membahayakan bagi kesehatan. Salah satu syarat makanan yang baik dalam Islam adalah tidak terkontaminasi dengan zat lain baik biologi, fisik, maupun kimia. Sehingga ketika jamu tercemar dengan zat lain, maka tidak dapat digolongkan menjadi obat yang baik.

Logam Kadmium (Cd) yang ikut 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 akan terakumulasi dalam tubuh dan menimbulkan banyak penyakit seperti gangguan ginjal, paru-paru hingga kerapuhan tulang (Palar, 2004).

Konsumsi jamu pegal linu harus sesuai dengan kebutuhan manusia. Dalam Islam telah dijelaskan bahwa manusia dilarang berlebih-lebihan, sebagaimana firman Allah SWT dalam surat al A'raaf ayat 31 sebagai berikut:

يَا بَنِي آدَمَ خُذُوا زِينَتَكُمْ عِنْدَ كُلِّ مَسْجِدٍ وَكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا ۚ إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ

Artinya: "Hai anak Adam, pakailah pakaianmu yang indah di Setiap (memasuki) masjid, makan dan minumlah, dan janganlah berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan."

Berdasarkan ayat di atas, dapat disimpulkan bahwa manusia dilarang untuk berlebih-lebihan. Kata berlebih-lebihan memiliki arti yang luas, tidak hanya pada pada satu hal, melainkan seluruh aspek dalam kehidupan manusia khususnya pada bidang konsumsi makanan dan obat-obatan. Dengan konsumsi jamu pegal linu yang cukup maka akan membawa manfaat bagi kesehatan, sedangkan jika

dikonsumsi dalam jumlah yang berlebih akan membawa dampak buruk bagi kesehatan.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2016 - Februari 2017 di Laboratorium Riset Kimia Analitik dan Laboratorium Instrumen Jurusan 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 antara lain timbangan analitik, pipet tetes, labu ukur 20 mL, 25 mL, 50 mL, 100 mL, dan 500 mL, botol aquades, pipet ukur 10 mL, bola hisap, corong gelas, pengaduk, gelas arloji, sendok takar, gelas ukur 10 mL dan 25 mL, botol kaca bertutup plastik, seperangkat alat refluks, seperangkat instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Varian Spektra AA 240 dan lemari asam.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jamu serbuk pegel linu serbuk dengan merk A, B, C, D, E, larutan stok Cd 1000 ppm, HNO_3 p.a. 65 % (Merck), H_2O_2 p.a. 30 % (Merck), HCl p.a. 37 % (Merck), H_2SO_4 p.a. 95 % (Merck), kertas Whatmann 42, aquades, dan aquabides.

3.3 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian ini adalah *experimental laboratory*, dengan sampel yang digunakan yaitu 5 jenis jamu pegal linu serbuk berbagai merk yang terdaftar BPOM. Logam Kadmium (Cd) dalam serbuk jamu pegal linu didestruksi menggunakan metode destruksi basah tertutup dengan variasi larutan pengoksidasi HNO_3 p.a + HCl p.a (1:3), HNO_3 p.a + H_2O_2 p.a (10:4), dan HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1). Kadar logam Kadmium (Cd) dalam serbuk jamu pegal linu dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang terdiri dari satu faktor, yaitu jenis larutan pengoksidasi.

Adapun proses penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut: Pembuatan larutan induk Kadmium dilakukan dengan cara dilarutkan dengan asam nitrat pekat. Selanjutnya dibuat kurva standar dengan memipet larutan induk 0,1 mL, 0,2 mL, 0,5 mL, 1 mL, dan 2 mL kemudian diencerkan dengan asam nitrat 0,5 M dan kemudian diuji dengan SSA pada panjang gelombang 228,8 nm.

Langkah selanjutnya preparasi sampel campuran dengan mengambil dan menimbang setiap sampel jamu kemudian dicampur sampel tersebut. Selanjutnya menentukan oksidator terbaik dengan menggunakan destruksi basah tertutup variasi larutan campuran HNO_3 p.a + HCl p.a (1:3), HNO_3 p.a + H_2O_2 p.a (10:4), dan HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1). Satu gram sampel campuran ditimbang, kemudian ditambah 15 mL larutan campuran pendestruksi dan direfluks selama 3 jam. Setelah itu disaring dan diencerkan dengan menggunakan HNO_3 0,5 M dan ditentukan konsentrasi Cd dengan menggunakan SSA.

Langkah terakhir adalah analisis kadar logam Cd dalam jamu serbuk pegal linu dengan menggunakan larutan pengoksidasi terbaik dengan cara menimbang 0,5 gram sampel jamu serbuk pegal linu dengan merk yang berbeda yang kemudian masing-masing ditambahkan dengan larutan pengoksidasi terbaik. Selanjutnya didestruksi dengan refluks pada suhu 80 °C selama 3 jam sampai larutan jernih. Setelah itu disaring dan diencerkan sebanyak satu kali dengan menggunakan HNO₃ 0,5M dan disimpan dalam botol berukuran 200 mL yang bertutup plastik yang kemudian larutan tersebut dianalisis dengan alat SSA pada panjang gelombang 228,8 nm.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel
2. Pengaturan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)
3. Pembuatan kurva standar Kadmium (Cd)
4. Penentuan jenis larutan pengoksidasi terbaik pada Kadmium (Cd) dalam sampel jamu pegal linu
5. Penentuan kadar logam Kadmium (Cd) dalam sampel serbuk jamu pegal linu dengan merk berbeda
6. Analisis data

3.5 Cara Kerja

3.5.1 Pengambilan Sampel

Lima sampel serbuk jamu pegal linu dengan merk berbeda diperoleh dari beberapa toko jamu di kota Malang, dengan ketentuan terdaftar dalam BPOM dan memiliki masa kadaluwarsa hingga tahun 2018.

3.5.2 Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Pengaturan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) yaitu meliputi panjang gelombang 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 Standar Kadmium (Cd)

Larutan baku standar Cd 10 mg/L dibuat dengan cara memindahkan 1 ml larutan stok Cd 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian diencerkan hingga tanda batas. Larutan standar 0,02 mg/L, 0,04 mg/L, 0,1 mg/L, 0,2 mg/L, dan 0,4 mg/L untuk kurva standar dibuat dengan cara memindahkan 0,1 mL, 0,2 mL, 0,5 mL, 1 mL, dan 2 mL larutan baku standar ke dalam labu ukur 50 mL, dan diencerkan hingga tanda batas. Setelah itu dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) (Varian, 2010).

3.5.4 Penentuan Jenis Larutan Pengoksidasi Terbaik pada Kadmium (Cd) dalam Sampel Jamu Pegal Linu

Lima merk serbuk jamu pegal linu masing-masing ditimbang 5 gram dan dicampur. Campuran ditimbang secara kuantitatif sebanyak 1 gram lalu dimasukkan dalam labu destruksi. Kemudian ditambahkan dengan 15 mL larutan pengoksidasi sesuai pada tabel 3.1 di bawah, dan dipanaskan pada temperatur 80 °C. Destruksi dilakukan selama 3 jam, Kemudian larutan hasil refluks didinginkan pada suhu ruang dan disaring dengan kertas Whatmann 42 ke dalam botol. Setelah

itu dimasukkan ke dalam labu takar 20 mL dan diencerkan dengan HNO_3 0,5 M sampai tanda batas. Larutan diukur kadar Cd terlarut pada panjang gelombang 228,8 nm menggunakan SSA.

Perlakuan dilakukan tiga kali, sehingga dilakukan analisis sampel sebanyak 9 kali. Adapun zat pengoksidasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Volume perbandingan zat pengoksidasi

Larutan pendestruksi (15 mL)	Kadar logam Kadmium (Cd) mg/Kg		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
HNO_3 p.a + HCl p.a (1:3) = 3,75 mL: 11,25 mL			
HNO_3 p.a + H_2O_2 p.a (10:4) = 10,71 mL: 4,29 mL			
HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1) = 11,25 mL: 3,75 mL			

Pada Tabel 3.1, kemudian dianalisis lebih lanjut dengan metode uji varian *one way annova* untuk mengetahui apakah penggunaan variasi larutan pendestruksi dalam metode destruksi basah tertutup mempunyai pengaruh dalam pembacaan konsentrasi Cd terukur dengan instrumen SSA.

3.5.5 Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) dalam Sampel Serbuk Jamu Pegal Linu dengan Merk Berbeda

Serbuk jamu pegal linu berbagai merk ditimbang masing-masing 0,5 gram. dan dimasukkan dalam labu destruksi. Kemudian ditambahkan dengan 15 ml larutan pendestruksi terbaik, dan dipanaskan pada temperatur 80 °C. Destruksi dilakukan selama 3 jam, Kemudian larutan hasil refluks didinginkan pada suhu ruang dan disaring dengan kertas Whatmann 42 ke dalam botol. Setelah itu

dimasukkan ke dalam labu takar 25 mL dan diencerkan dengan HNO_3 0,5 M sampai tanda batas. Larutan diukur kadar Cd terlarut pada panjang gelombang 228,8 nm menggunakan SSA. Pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali pada masing-masing sampel, sehingga dilakukan analisis sampel sebanyak 18 kali.

Tabel 3.2 Analisis kadar logam Kadmium pada masing-masing sampel

Sampel	Larutan pendestruksi terbaik		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
A	A ₁	A ₂	A ₃
B	B ₁	B ₂	B ₃
C	C ₁	C ₂	C ₃
D	D ₁	D ₂	D ₃
E	E ₁	E ₂	E ₃

Pada Tabel 3.2, kemudian dianalisis lebih lanjut dengan metode uji varian *one way annova* untuk mengetahui apakah jenis merk sampel mempunyai pengaruh terhadap konsentrasi Cd yang terukur dengan instrumen SSA.

3.5.6 Analisis Data

Analisis berlanjut menggunakan metode uji varian *one way annova* untuk mengetahui pengaruh variabel bebas (jenis pengoksidasi, dan jenis sampel) terhadap konsentrasi Cd terukur dengan kesimpulan sebagai berikut:

3. Penentuan pengoksidasi terbaik

- Jika H_0 ditolak, maka ada pengaruh variasi zat pengoksidasi terhadap kadar Kadmium.

- Jika H_0 diterima, maka tidak ada pengaruh variasi zat pengoksidasi terhadap kadar Kadmium.
4. Penentuan kadar Kadmium (Cd) dalam masing-masing sampel
- Jika H_0 ditolak, maka ada pengaruh jenis merk jamu pegal linu terhadap kadar Kadmium.
 - Jika H_0 diterima, maka tidak ada pengaruh jenis merk jamu pegal linu terhadap kadar Kadmium.

Berdasarkan hubungan konsentrasi (C) dan absorbansi (A) dari data kurva standar dapat diketahui nilai *slope* dan intersep. Kemudian konsentrasi sampel dapat diketahui dengan memasukkan ke dalam persamaan regresi linier yaitu:

$$Y = Bx + A \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana : Y = absorbansi sampel
 B = *slope*
 x = konsentrasi sampel (dari instrumen)
 A = intersep

Berdasarkan perhitungan regresi linier, maka dapat diketahui kadar logam yang sebenarnya dengan rumus umum:

$$\text{Kadar Cd (mg/kg)} = \frac{V_p \times b}{W} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana : V_p = volume pengenceran (L)
 b = kadar yang terbaca instrumen (mg/L)
 W = berat contoh (kg)

BAB IV

PEMBAHASAN

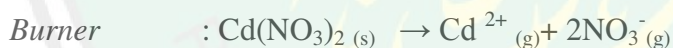
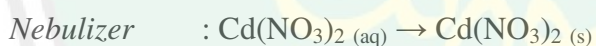
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kadar logam Kadmium (Cd) dalam jamu pegal linu dengan menggunakan pengoksidasi terbaik. Penelitian ini dilakukan dengan serangkaian tahapan penelitian, meliputi: pengambilan sampel; pengaturan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA); pembuatan kurva standar Kadmium (Cd); penentuan jenis pengoksidasi terbaik pada Kadmium (Cd) dalam sampel jamu pegal linu; penentuan kadar logam Kadmium (Cd) dalam sampel serbuk jamu pegal linu dengan merk berbeda; dan analisis data.

4.1 Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk jamu pegal linu kemasan. Pengambilan sampel dilakukan secara acak dari beberapa toko jamu di kota Malang. Jamu pegal linu yang digunakan adalah 5 jamu pegal linu berbeda merk dengan ketentuan terdaftar BPOM dan memiliki masa kadaluwarsa hingga 2018. Jamu pegal linu dibuat dari racikan beberapa tanaman obat asli Indonesia maupun tanaman obat impor dari negara lain. Kondisi budidaya dan proses manufaktur dari perusahaan yang berbeda menjadi sumber yang memungkinkan masuknya logam Kadmium dalam serbuk jamu pegal linu. Sampel-sampel jamu pegal linu dianalisis kadar logam Kadmium (Cd) dengan beberapa tahapan penelitian, sehingga dapat diketahui pengaruh merk terhadap kadar Kadmium dalam jamu pegal linu dengan masa kadaluwarsa yang sama.

4.2 Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Pengukuran kadar logam Kadmium (Cd) dalam jamu pegal linu dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom, karena waktu pengerjaan yang cepat, sensitif, dan spesifik untuk logam-logam yang akan dianalisis. Metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA) berprinsip pada absorpsi sinar oleh atom. Atom-atom akan menyerap sinar pada panjang gelombang tertentu, tergantung dengan sifat atom tersebut. Sampel jamu yang dianalisis dalam SSA adalah sampel jamu hasil destruksi yang telah jernih. Logam Kadmium dalam larutan hasil destruksi, berbentuk senyawa garam anorganik. Larutan ini kemudian terdispersi menjadi aerosol dan terdisosiasi menjadi bentuk atom-atomnya. Sebagian kecil atom akan tereksitasi secara termal oleh nyala, dan sebagian yang lain akan menyerap cahaya yang dipancarkan oleh sumber sinar. Berikut adalah reaksi atomisasi logam Kadmium dalam SSA:



Pengaturan SSA bertujuan untuk memperoleh kondisi optimum sehingga didapatkan respon yang baik dalam proses pengukuran. Kondisi optimum analisis suatu unsur dalam SSA dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya: panjang gelombang; kuat arus lampu; lebar celah; laju alir pembakar; dan laju alir oksidan. Panjang gelombang yang dipilih untuk Kadmium adalah 228,8 nm karena panjang gelombang tersebut merupakan panjang gelombang spesifik untuk logam Kadmium.

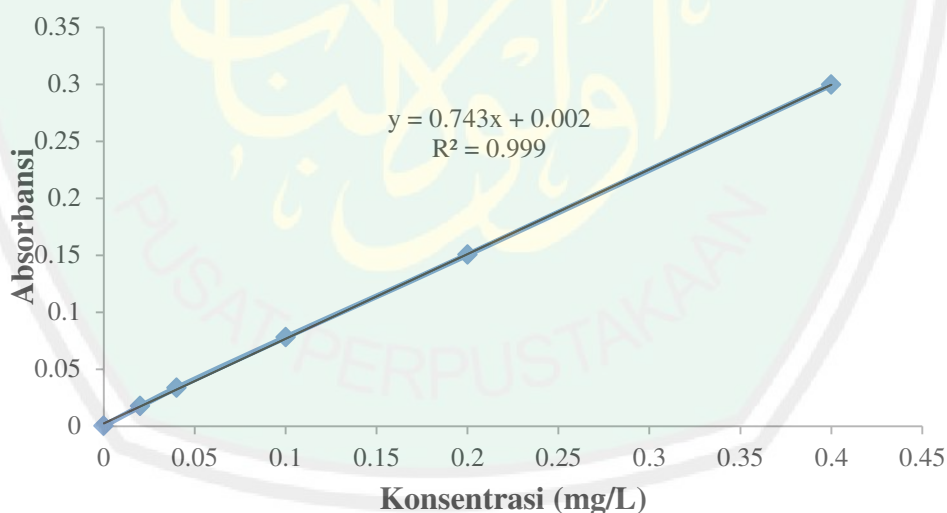
Kuat arus lampu katoda cekung yang disarankan bervariasi dan tergantung pada unsur yang akan dianalisis. Kuat arus optimum untuk Kadmium adalah 10 mA. Kuat arus berhubungan dengan besarnya fluks cahaya yang dihasilkan. Semakin besar kuat arus maka semakin besar fluks cahaya yang diberikan, begitu pula ketika kuat arus semakin kecil maka semakin kecil fluks cahaya yang diberikan. Fluks cahaya yang dihasilkan dari lampu katoda harus stabil karena dapat mempengaruhi nilai absorbansi sampel yang terbaca oleh instrumen SSA. Apabila fluks cahaya yang diberikan terlalu kecil maka absorbansi sampel yang terbaca oleh instrumen akan lebih besar. Jika fluks cahaya yang diberikan terlalu besar maka absorbansi sampel yang terbaca oleh instrumen akan lebih kecil, bahkan dapat memunculkan nilai absorbansi yang negatif.

Lebar celah dari monokromator dapat mengontrol gangguan spektra. Semakin kecil lebar celah, maka semakin kecil gangguan spektra. Lebar celah yang sensitif ada pada kisaran 10 μm (Dewi, 2012). Pada penelitian ini digunakan lebar celah 0,5 nm dimana mengacu pada standar pengoperasian SSA varian spektra AA240 untuk logam Kadmium.

Asetilen-udara berfungsi untuk membawa sampel masuk ke dalam sistem pengkabut yang akan mengubah sampel larutan menjadi aerosol yang selanjutnya teratomisasi di sistem nyala. Pada sistem nyala gas pembakar berfungsi sebagai bahan bakar nyala, sedangkan oksidan berfungsi sebagai gas yang membantu agar gas pembakar dapat terbakar. Tanpa adanya oksidan, gas pembakar tidak akan bisa terbakar. Laju alir dari gas pembakar dan oksidator bergantung pada ukuran pembakar (*burner*). Laju alir asetilen-udara yang digunakan sebagai bahan pembakar dan oksidan untuk logam Cd adalah 2,0 L/menit dan 10,0 L/menit.

4.3 Pembuatan Kurva Standar Kadmium (Cd)

Kurva standar menyatakan hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi dari larutan standar. Berdasarkan hukum Lambert-Beer absorbansi akan berbanding lurus dengan konsentrasinya. Kurva standar dibuat dari seri larutan standar berbagai konsentrasi. Larutan standar Kadmium (Cd) dibuat dari larutan stok Cd 1000 ppm, dimana larutan tersebut diencerkan menjadi 10 ppm, kemudian diencerkan lagi menjadi sederet larutan standar yaitu 0,02; 0,04; 0,1; 0,2 dan 0,4 mg/L. Pengenceran dilakukan dengan HNO_3 0,5 M karena matriks dalam larutan standar harus sama dengan matriks dalam sampel (Dewi, 2012). Pengukuran absorbansi larutan standar dilakukan menggunakan alat SSA. Kurva kalibrasi larutan standar logam Cd dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik kurva standar Kadmium (Cd)

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui semakin tinggi konsentrasi larutan standar maka semakin tinggi pula absorbansinya, dan didapatkan persamaan linear $y = 0,743x + 0,002$, dimana y adalah absorbansi, b adalah *slope*, x adalah konsentrasi, sedangkan a adalah intersep. Dari kurva yang telah

diperoleh, perlu adanya validasi metode guna mengetahui performa analitik dari SSA. Validasi metode statistik meliputi: uji linieritas; sensitivitas; penentuan batas deteksi dan kuantisasi; serta akurasi.

Uji linieritas merupakan metode untuk membuktikan hubungan linier antara absorbansi dengan konsentrasi analit yang dapat ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (R^2). Linieritas dari kurva standar Kadmium (Cd) adalah 0,999. Besaran tersebut memiliki arti bahwa $\pm 99\%$ perubahan absorbansi yang terjadi dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi Kadmium (Cd), sedangkan 1% dipengaruhi oleh faktor lain. Hasil ini bersesuaian dengan hukum Lambert – Beer yang menyebutkan absorbansi berbanding lurus dengan kenaikan konsentrasi. Nilai linearitas yang diperoleh telah memenuhi syarat yang ditetapkan, yakni $R^2 > 0,98$ (Kartikasari, 2015) dan menunjukkan bahwa instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dalam kondisi baik.

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 0,743. Nilai tersebut menunjukkan setiap perubahan konsentrasi akan memberikan perubahan terhadap nilai absorbansi sebesar 0,743.

Batas deteksi (LOD) adalah parameter uji batas jumlah analit terkecil dalam sampel yang dapat terdeteksi dan masih memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blanko (Harmita, 2004). Nilai LOD yang diperoleh dari pembuatan kurva standar Cd adalah 0,0055 ppm, artinya apabila konsentrasi Kadmium (Cd) yang terukur dalam instrumen $> 0,0055$ ppm, maka dapat

dipastikan bahwa sinyal tersebut berasal dari logam Kadmium (Cd). Sebaliknya, apabila konsentrasi Kadmium (Cd) yang terukur dalam instrumen berada dibawah limit deteksi, maka sinyal yang ditangkap oleh alat sepenuhnya berasal dari pengganggu (*noise*).

Batas kuantitasi (LOQ) merupakan konsentrasi atau jumlah terendah dari analit yang masih dapat ditentukan sehingga memenuhi kriteria akurasi dan presisi. Nilai uji linearitas pada rentang 0,02 mg/L sampai 0,4 mg/L dalam kurva kalibrasi menunjukkan hasil yang linier, namun pengukuran harus mencapai limit kuantisasi agar lebih akurat. Nilai LOQ yang diperoleh pada pembuatan kurva standar Kadmium (Cd) sebesar 0,01826 ppm, yang menunjukkan bahwa alat memiliki akurasi yang tinggi karena konsentrasi larutan standar lebih besar dari nilai LOQ.

Nilai akurasi digunakan untuk mengetahui keakuratan suatu metode yang digunakan dalam analisis. Akurasi dari kurva standar Kadmium (Cd) dalam % *recovery* untuk konsentrasi 0,02; 0,04; 0,1; 0,2; dan 0,4 ppm berturut-turut adalah 101,17 %; 105,07 %; 101,76 %; 99,58 %; dan 99,94 %. Priyambodo (2011) dalam Dewi (2012) menyatakan syarat nilai akurasi yang baik untuk sampel berada pada rentang 98 % - 102 %. Dari persyaratan tersebut terdapat data diluar rentang 98 % - 102 %, hal ini dapat disebabkan adanya gangguan dari interferen-interferen yang ada dalam larutan standar sehingga mempengaruhi pembacaan absorbansi pada SSA.

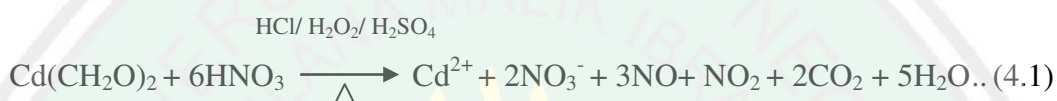
4.4 Pengaruh Jenis Larutan Pengoksidasi pada Konsentrasi Kadmium (Cd) dalam Sampel Jamu Pegal Linu

Pemilihan metode sangat berpengaruh terhadap keberhasilan suatu penelitian. Tidak terkecuali dalam analisis unsur mikro menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Pemilihan metode preparasi sampel akan mempengaruhi hasil yang akan diperoleh nantinya. Pada tahap preparasi sampel, jamu pegal linu harus didestruksi terlebih dahulu. Fungsi dari destruksi adalah untuk memutus ikatan antara senyawa organik kompleks dengan logam Kadmium dalam jamu pegal linu.

Metode destruksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode destruksi basah tertutup. Metode ini dipilih karena kemungkinan hilangnya analit sangat kecil. Selain itu adanya sistem kondensasi pada destruksi tertutup juga dapat mencegah menguapnya zat pengoksidasi secara berlebihan. Dalam preparasi sampel destruksi basah untuk bahan-bahan dan produk jamu, digunakan zat pengoksidasi yang berbeda-beda seperti HNO_3 p.a., H_2SO_4 p.a., H_2O_2 p.a., dan HCl p.a. ataupun campuran beberapa darinya. Penggunaan variasi zat pengoksidasi dinilai lebih efektif dibandingkan dengan zat pengoksidasi tunggal. Berdasarkan penelitian Dewi (2012), campuran pengoksidasi HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1) menghasilkan kadar Pb yang lebih besar daripada pengoksidasi tunggal HNO_3 p.a dalam destruksi sampel leci.

Pada penelitian ini digunakan variasi zat pengoksidasi HNO_3 p.a + HCl p.a (1:3), HNO_3 p.a + H_2O_2 p.a (10:4), dan HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1). Pengoksidasi utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah HNO_3 . Asam nitrat dipilih karena sifat Kadmium yang mudah larut di dalamnya. Sedangkan asam lain seperti HCl , H_2O_2 , dan H_2SO_4 berfungsi untuk menyempurnakan destruksi. Selain

itu juga berfungsi sebagai katalis dalam pemutusan ikatan Cd dengan senyawa organik. Bahan organik dalam jamu yang dimisalkan dengan (CH₂O) terdekomposisi oleh asam nitrat menjadi CO₂ dan H₂O. Akibat dekomposisi tersebut, ikatan antara logam Kadmium dengan senyawa organik dari jamu akan terputus. Ion logam Kadmium akan larut dalam larutan asam membentuk senyawa garam anorganik Cd(NO₃)₂. Adapun reaksi yang terjadi ketika ditambahkan zat pengoksidasi adalah sebagai berikut:



Proses berikutnya dilakukan pemanasan pada suhu 80 °C untuk memaksimalkan destruksi. Dengan adanya pemanasan, dapat memberikan energi yang dapat memutus ikatan antara logam Kadmium dengan polimer-polimer organik dalam sampel jamu. Suhu 80 °C digunakan dengan beberapa pertimbangan. Salah satunya adalah titik didih asam nitrat yang berada pada suhu 121 °C. Dengan pemanasan dibawah titik didih asam nitrat, diharapkan mampu memaksimalkan destruksi tanpa harus kehilangan banyak zat pengoksidasi. Pemakaian suhu yang lebih rendah juga disebabkan adanya tekanan gas yang ditimbulkan pada waktu destruksi. Ketika tekanan semakin tinggi maka tingkat volatilitas dari zat pengoksidasi akan semakin tinggi. Akibatnya banyak pengoksidasi yang hilang, meskipun telah didinginkan dengan sistem kondensor.

Hadirnya asam kuat lain seperti HCl, H₂O₂, ataupun H₂SO₄ sebagai katalis semakin mempercepat pemutusan ikatan antara logam dengan polimer organik. Asam-asam tersebut berkontribusi memberikan ion H⁺ yang mana memiliki sifat yang lebih elektrofilik daripada ion logam sehingga ion logam akan lebih mudah

untuk terlepas dari ikatan polimer organik. Hasil destruksi kemudian didinginkan, dan disaring guna memisahkan hasil destruksi dengan senyawa yang tidak larut dalam asam seperti silika yang mana dapat menyumbat kapiler pada SSA. Setelah penyaringan, hasil destruksi perlu diencerkan dengan HNO_3 0,5 M. Pengenceran dilakukan dengan HNO_3 0,5 M dilakukan menyesuaikan dengan pengenceran pada kurva standar, karena kondisi yang ideal untuk analisis menggunakan SSA larutan sampel harus berada pada matrik yang identik dengan larutan standar (Gandjar dan Rohman, 2007) dalam (Dewi, 2012). Hasil pengenceran siap dianalisis kadar logam Kadmium menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom sehingga dapat membandingkan pengaruh variasi zat pengoksidasi terhadap kadar yang dihasilkan.

Masing-masing jenis zat pengoksidasi akan memberikan hasil analisis yang berbeda. Perbedaan rasio asam nitrat dan juga asam lain yang ikut ditambahkan pada saat destruksi akan memberikan dampak terhadap konsentrasi logam Kadmium yang terbaca pada Spektrofotometer Serapan Atom. Penelitian ini telah membuktikan adanya pengaruh metode destruksi dan zat pengoksidasi dengan perbedaan hasil analisis yang signifikan.

Analisis varian *one way annova* dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi zat pengoksidasi terhadap konsentrasi logam Kadmium (Cd) dalam jamu pegal linu yang terbaca oleh Spektrofotometer Serapan Atom. Analisis varian *one way annova* ini menggunakan tingkat kepercayaan hasil uji 99 % karena sampel yang digunakan adalah sampel yang dikonsumsi oleh manusia. Setelah itu dilakukan pengujian dengan hipotesis:

1. $H_0 = 0$, tidak ada pengaruh jenis zat pengoksidasi terhadap perolehan

kadar logam Kadmium (Cd).

2. $H_1 \neq 0$, ada pengaruh jenis zat pengoksidasi terhadap perolehan kadar logam Kadmium (Cd).

Penerimaan H_0 atau H_1 yang didasarkan pada aturan sebagai berikut:

1. Jika F hitung > F tabel, maka H_0 ditolak.
2. Jika F hitung < F tabel maka H_0 diterima.

Tabel 4.1 Hasil uji *one way annova* pengaruh zat pengoksidasi terhadap konsentrasi logam Kadmium (Cd) dalam jamu pegal linu

Sumber variasi	DF	SS	MS	F Hitung	F Tabel
Pengoksidasi	2	34,26160	17,13080	11831,98	10,92
Galat	6	0,00869	0,00145		
Total	8	34,27029			

Berdasarkan Tabel 4.1 diperoleh nilai F hitung = 11831,98 dan F tabel = 10,92. Nilai F hitung (11831,98) > F tabel (10,92), maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya terdapat pengaruh yang signifikan dengan adanya variasi jenis zat pengoksidasi terhadap penentuan kadar logam Kadmium (Cd) dalam jamu pegal linu. Berikut adalah grafik konsentrasi logam Kadmium (Cd) dalam jamu pegal linu dengan variasi zat pengoksidasi HNO_3 p.a + HCl p.a (1:3), HNO_3 p.a + H_2O_2 p.a (10:4), dan HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1).



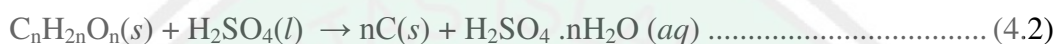
Keterangan: A (HNO_3 p.a + HCl p.a (1:3)), B (HNO_3 p.a + H_2O_2 p.a (10:4)), dan C (HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1))

Gambar 4.2 Diagram perbandingan konsentrasi Cd dalam larutan hasil destruksi berdasarkan variasi jenis zat pengoksidasi

Berdasarkan grafik di atas, didapatkan kadar yang paling tinggi dengan menggunakan campuran zat pengoksidasi HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1) sebesar 4,4803 mg/kg. Sedangkan dengan menggunakan campuran pengoksidasi lain yaitu HNO_3 p.a + HCl (1:3) dan HNO_3 p.a + H_2O_2 p.a (10:4) dihasilkan kadar yang lebih rendah yaitu berturut-turut 0,2266 mg/kg dan 0,4666 mg/kg. Hal ini dipengaruhi oleh dua faktor penting yaitu perbedaan rasio asam nitrat sebagai pengoksidasi utama dan juga asam lain yang ditambahkan.

Rasio asam nitrat sebagai pengoksidasi utama yang lebih besar pada campuran HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1) memberikan aktivitas oksidasi yang lebih tinggi, sehingga lebih banyak senyawa organik yang terdekomposisi. Semakin banyak senyawa polimer organik yang terdekomposisi, maka semakin banyak ikatan antara logam dan polimer organik yang terputus dan semakin banyak pula logam yang dapat larut dalam larutan asam tersebut. Faktor kedua yaitu kemampuan asam lain yang ditambahkan. Asam-asam tersebut memiliki fungsi

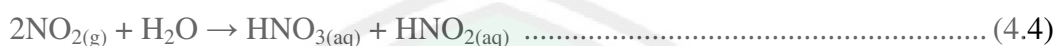
yang berbeda beda. Penambahan asam sulfat memberikan hasil destruksi yang lebih baik daripada asam yang lain. Hal ini karena asam sulfat memiliki fungsi sebagai dehidrator senyawa organik yang sangat kuat (Sugiyarto, 2004). Dehidrasi adalah kemampuan substansi dalam menarik air. Akibatnya senyawa-senyawa organik akan terpecah menjadi air dan unsur karbon. Adapun reaksi dehidrasi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dengan rusaknya senyawa organik maka logam Kadmium yang terlepas dari kompleks polimer organik juga semakin banyak. Sehingga kadar Kadmium yang didapatkan juga tinggi. Selain itu asam sulfat juga dapat bertindak sebagai oksidator yang baik pada suhu tinggi. Asam sulfat dapat tereduksi menjadi belerang dioksida dan air (Sugiyarto, 2004).

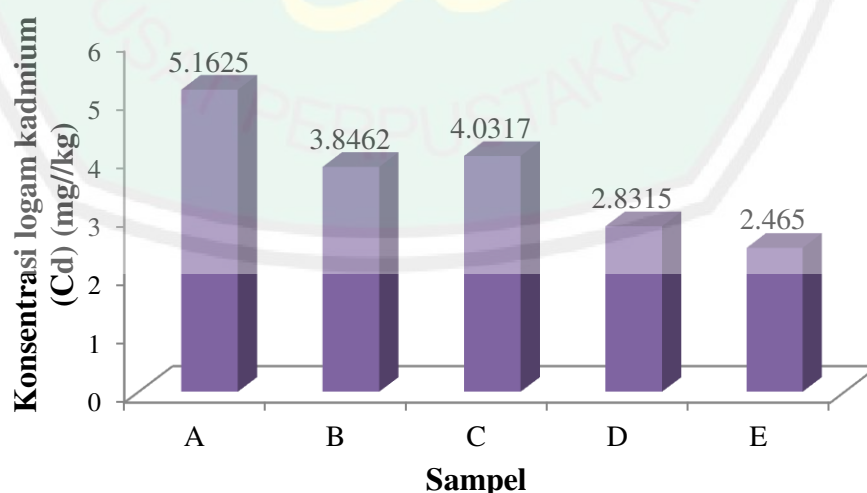
Asam klorida bukan merupakan dehidrator maupun oksidator. Penambahan asam klorida berfungsi untuk melarutkan garam-garam seperti fosfat, karbonat dan borat (Kotz, dkk., 1972). Sehingga kadar yang dihasilkan lebih sedikit. Sedangkan dengan penambahan asam peroksida menghasilkan kadar yang lebih tinggi dari pada penambahan dengan asam klorida. Hal ini dikarenakan asam peroksida dapat mengoksidasi ulang NO_x dari hasil reduksi asam nitrat menjadi NO_3^- kembali (Kotz, dkk., 1972). Menurut Menurut Wulandari dan Sukei (2013) pada suhu $100^\circ C$ H_2O_2 akan terurai menjadi H_2O dan O_2 . Gas NO yang dihasilkan selama oksidasi bahan organik bereaksi dengan oksigen menghasilkan gas NO_2 . Gas NO_2 yang dihasilkan akan bereaksi dengan H_2O membentuk HNO_3 dan HNO_2 . Kemudian HNO_3 akan mengoksidasi bahan organik yang tersisa, sedangkan HNO_2 akan terurai menjadi gas NO_2 dan NO . Hal

ini akan terus berulang selama proses destruksi, kemudian akan berakhir setelah semua bahan organik terdekomposisi semua. Adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



4.5 Pengaruh Jenis Merk Jamu Pegal Linu Terhadap Konsentrasi Logam Kadmium (Cd)

Penentuan kadar logam Kadmium pada masing-masing sampel dilakukan menggunakan campuran pengoksidasi terbaik yaitu HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1). Sampel jamu yang dianalisis kadar Kadmium adalah jamu pegal linu dengan merk A, B, C, D, dan E. Masing masing sampel dianalisis sebanyak 3 kali ulangan untuk mendapatkan data yang valid dan akurat. Konsentrasi logam Kadmium yang diperoleh dari masing-masing sampel dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Keterangan: - A, B, C, D, E: kode sampel dengan merk yang berbeda

Gambar 4.3 Diagram konsentrasi logam Kadmium (Cd) pada masing-masing sampel jamu pegal linu

Berdasarkan Gambar 4.3 diketahui bahwa setiap sampel memiliki kandungan logam Kadmium (Cd) yang berbeda-beda. Hal ini dapat disebabkan oleh dua faktor yaitu kondisi budidaya dari bahan baku dan juga proses produksi. Pada kondisi budidaya baik lokasi maupun proses penanaman yang berbeda akan memberikan efek serapan logam yang berbeda pada tanaman obat. Dengan lokasi yang berbeda, kandungan unsur dalam tanah juga akan berbeda. Menurut Peterson dan Alloway (1979) dalam Darmono (1995) kandungan Kadmium dalam tanah secara alamiah adalah 0,06 mg/kg.

Selain itu, abu vulkanik letusan gunung berapi juga akan mempengaruhi kadar Kadmium dalam tanah tempat budidaya tanaman obat. Lokasi yang berdekatan dengan gunung berapi memberikan resiko cemaran Kadmium pada tanaman bahan baku jamu. Berdasarkan Milala (2011) abu vulkanik dari gunung mengandung logam Cd sebesar 0,514 mg/kg. Sampel jamu pegal linu merk A, B, dan C merupakan jamu pegal linu yang diproduksi di daerah Jawa Tengah. Sumber bahan baku jamu terbesar di Jawa Tengah berada di Tawangmangu. Posisi Tawangmangu sebagai daerah budidaya sekaligus sumber bahan baku tanaman obat di daerah Jawa Tengah berada di lereng gunung Lawu. Meskipun gunung Lawu sekarang masih dalam kondisi inaktif, abu vulkanik dapat berasal dari gunung berapi yang berdekatan dengan daerah Tawangmangu. Sindonews (2014) melansir berita bahwa abu vulkanik gunung Kelud pada tahun 2014 juga sampai pada daerah lereng gunung Lawu. Sementara itu, sampel jamu pegal linu D dan E merupakan jamu yang diproduksi dari Kalimantan dan Jawa Timur. Lokasi keduanya yang jauh dari gunung berapi, membuat kadar Kadmium dalam produk jamu juga lebih rendah.

Faktor lain yang juga mempengaruhi kandungan Kadmium dalam bahan baku jamu adalah dosis pupuk serta banyaknya pestisida yang digunakan. Umumnya pupuk yang digunakan pada tanaman obat adalah pupuk organik/kompos. Menurut Alloway (1995) dalam Charlena (2004) kompos memiliki konsentrasi logam Kadmium 0,01 - 100 mg/kg. Penggunaan pestisida berlebih juga akan meningkatkan kadar Kadmium dalam tanaman. Berdasarkan penelitian Kusdianti, dkk. (2014) ditemukan kadar Kadmium dalam pestisida yang digunakan dalam kentang yaitu 0,018 mg/kg yang berpengaruh pada peningkatan kadar Kadmium dari 3,62 mg/kg menjadi 3,86 mg/kg pada pertengahan tanam.

Selain itu proses produksi juga berpengaruh terhadap kadar Kadmium dalam jamu. Menurut Husna, dkk. (2015) masuknya Kadmium dalam obat herbal dapat disebabkan oleh pengeroposan logam dari alat produksi. Kadmium ada dalam alat produksi jamu karena adanya proses plating maupun pengelasan. Umumnya suatu alat produksi akan dilapisi untuk mencegah adanya korosi dan agar tahan lama. Selain itu antar bagian dari alat produksi disambungkan dengan cara pengelasan. Proses penyambungan dan pengelasan biasa menggunakan seng. Seng memiliki impuritis alami yaitu Kadmium. Menurut Clark (1986), Cd dapat terkorosi bersama Zn dalam kurun waktu 4-12 tahun. Semakin lama umur alat produksi maka akan semakin meningkatkan kadar Kadmium yang dapat masuk dalam produk jamu. Dengan kondisi alat yang berbeda-beda dari masing-masing merk jamu akan menghasilkan kadar Kadmium yang berbeda-beda. Namun secara keseluruhan kadar yang dihasilkan, melebihi ambang batas maksimum yang diperbolehkan oleh BPOM untuk logam Kadmium dalam jamu yaitu $\leq 0,3$ mg/kg.

Analisis varian *one way annova* dilakukan untuk mengetahui adanya hubungan antara variasi merk sampel jamu pegal linu terhadap kadar logam Kadmium (Cd) yang terukur oleh Spektrofotometer Serapan Atom. Analisis varian *one way annova* ini menggunakan tingkat kepercayaan hasil uji 99 % karena sampel yang digunakan adalah sampel yang dikonsumsi oleh manusia. Setelah itu dilakukan pengujian dengan hipotesis:

1. $H_0 = 0$, tidak ada pengaruh jenis merk jamu pegal linu terhadap perolehan kadar logam Kadmium (Cd).
2. $H_1 \neq 0$, ada pengaruh jenis merk jamu pegal linu terhadap perolehan kadar logam Kadmium (Cd).

Penerimaan H_0 atau H_1 yang didasarkan pada aturan sebagai berikut:

1. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak.
2. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima.

Tabel 4.2 Hasil uji *one way annova* pengaruh jenis merk jamu pegal linu terhadap konsentrasi logam Kadmium (Cd)

Sumber variasi	DF	SS	MS	F Hitung	F Tabel
Sampel	4	13,6342	17,15561	153,71	5,99
Galat	10	0,2217	0,0222		
Total	14	13,8559			

Berdasarkan Tabel 4.2 diperoleh nilai $F_{hitung} = 153,71$ dan $F_{tabel} = 5,99$. Nilai $F_{hitung} (153,71) > F_{tabel} (5,99)$ menunjukkan H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya terdapat pengaruh yang signifikan dengan adanya jenis merk jamu pegal linu terhadap kadar logam Kadmium (Cd).

4.6 Kajian Hasil Penelitian Jamu Pegal Linu yang Halal dan Baik dalam Perspektif Islam

Hasil penelitian menunjukkan kadar logam Kadmium dalam jamu pegal linu merk A, B, C, D, dan E berturut-turut adalah 5,1625 mg/kg; 3,8462 mg/kg; 4,0317 mg/kg; 2,8315 mg/kg; dan 2,4650 mg/kg. Kadar tersebut jauh di atas ambang yang telah ditetapkan oleh BPOM yaitu 0,3 mg/kg. Sehingga jamu pegal linu merk A, B, C, D, dan E kurang baik untuk dikonsumsi. Dalam Islam persyaratan makanan yang boleh dikonsumsi adalah halal dan baik. Aspek halal dari produk jamu pegal linu merk A, B, C, D, dan E dapat dijamin dengan komposisi bahan baku dari masing-masing merk. Semua merk jamu pegal linu memiliki bahan baku yang berasal dari tumbuhan seperti jahe, ginseng, lengkuas, kencur, cabai jawa, lempuyang, temulawak dan lain-lain yang mana sudah dijamin kehalalannya. Namun dari segi *thayyib* (baik), jamu pegal linu belum dapat digolongkan sebagai obat yang baik. Menurut Shihab (1997) makanan yang baik setidaknya memenuhi kriteria berikut ini:

1. Makanan yang sehat

Makanan yang sehat adalah makanan yang memiliki kandungan zat gizi yang cukup dan seimbang.

2. Proporsional

Proporsional adalah makanan yang sesuai dengan kebutuhan, dalam arti tidak berlebih-lebihan. Di Indonesia kebutuhan suatu zat dalam tubuh telah diatur oleh SNI dan BPOM.

3. Aman

Aman adalah makanan yang suci dari kotoran dan terhindar dari segala yang haram, seperti najis.

Berdasarkan syarat tersebut, maka jamu pegal linu tidak dapat digolongkan sebagai jamu yang baik karena tidak dapat memenuhi ketiga syarat tersebut. Dalam al Qur'an juga telah dijelaskan tentang makanan yang halal dan baik dalam surat al Maiddah (88):

وَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا ۚ وَاتَّقُوا اللَّهَ الَّذِي أَنْتُمْ بِهِ مُؤْمِنُونَ

Artinya : “dan makanlah yang halal lagi baik dari apa yang Allah telah rizkikan kepadamu, dan bertakwalah kepada Allah yang kamu beriman kepada-Nya”.

Berdasarkan ayat tersebut, dapat diketahui bahwa Allah telah memerintahkan umat manusia untuk makan makanan yang halal dan baik termasuk pada konsumsi jamu pegal linu. Makanan halal adalah makanan yang secara syariah tidak dilarang oleh agama. Makanan yang baik ialah makanan yang dibenarkan untuk dimakan menurut ilmu kesehatan. Sehingga dapat disimpulkan jamu pegal linu adalah jamu yang halal namun kurang baik untuk dikonsumsi.

Dari sudut pandang lain, batas yang diperbolehkan untuk logam Kadmium masuk ke dalam tubuh dalam jangka waktu satu minggu adalah 7 µg/kg berat badan atau setara dengan 0,007 mg/kg berat badan. Hal itu dapat diartikan 70 µg atau 0,07 mg per hari untuk orang dengan bobot 70 kg. Secara umum jamu pegal linu merk A, B, C, D dan E memiliki berat bersih 5 - 7 gram. Sehingga rata-rata dalam jamu pegal linu mengandung 0,01 - 0,03 mg logam Kadmium. Berdasarkan konsumsi harian yang masih diperbolehkan menurut PTWI, maka jamu pegal linu masih layak untuk dikonsumsi dengan syarat jumlah konsumsi yang wajar dan tidak berlebih. Apabila jamu pegal linu dikonsumsi dalam jumlah berlebih maka akan mengakibatkan akumulasi logam Kadmium dalam tubuh. Akumulasi tersebut akan menimbulkan penyakit seperti gangguan ginjal, reproduksi, paru-

paru dan kerapuhan tulang (Palar, 2004). Ajaran Islam telah melarang atas segala sesuatu yang berlebihan, sebagaimana firman Allah SWT dalam surat Thaha ayat 81:

كُلُوا مِنْ طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ وَلَا تَطْغَوْا فِيهِ فَيَحِلَّ عَلَيْكُمْ غَضَبِي ۖ وَمَنْ يَحِلَّ عَلَيْهِ غَضَبِي فَقَدْ هَوَىٰ

Artinya: “makanlah di antara rezeki yang baik yang telah Kami telah berikan kepadamu, dan janganlah melampaui batas padanya, yang menyebabkan kemurkaan-Ku menimpamu. Dan barang siapa ditimpa oleh kemurkaan-Ku, maka sesungguhnya binasalah ia.”

Surat Thaha ayat 81 menjelaskan bahwa Allah SWT melarang berlebihan termasuk dalam konsumsi jamu pegal linu. Konsumsi yang wajar dan sesuai akan memberikan dampak positif kesembuhan, sedangkan dengan konsumsi yang berlebih akan menimbulkan penyakit yang lain. Sebagaimana telah disabdakan Nabi Muhammad SAW dalam sebuah hadis, “*Setiap penyakit pasti memiliki obat. Bila sebuah obat sesuai dengan penyakitnya maka dia akan sembuh dengan seizin Allah Subhanahu wa Ta’ala.*” (HR. Muslim). Obat yang sesuai dalam hadis ini dapat diartikan sebagai obat yang sesuai kadarnya dan sesuai dalam mengkonsumsinya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Variasi zat pengoksidasi terbaik pada proses destruksi basah tertutup untuk analisis logam Kadmium (Cd) dalam jamu pegal linu adalah $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (3:1), dengan rata-rata konsentrasi logam Kadmium (Cd) dalam jamu pegal linu adalah 4,4803 mg/kg.
2. Kadar logam Kadmium (Cd) pada sampel jamu pegal linu A, B, C, D, dan E berturut-turut adalah 5,1625 mg/kg, 3,8462 mg/kg, 4,0317 mg/kg, 2,8315 mg/kg, 2,4650 mg/kg dan telah melampaui batas kadar maksimum yang ditetapkan oleh BPOM yaitu 0,3 mg/kg.

5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut penyusun memberi saran sebagai berikut:

1. Sebaiknya digunakan kondensor dengan ukuran lebih panjang untuk meminimalisir terjadinya penguapan zat pengoksidasi secara berlebih.
2. Sebaiknya dilakukan pengujian pada jamu pegal linu dalam sediaan yang bervariasi, karena dengan sediaan yang berbeda jamu akan melewati proses produksi yang berbeda sehingga kadar logam Cd juga berbeda.
3. Sebaiknya digunakan destruksi *microwave* dalam pengujian pada jamu pegal linu karena adanya penggunaan energi gelombang mikro, selain

panas dan penambahan asam kuat sehingga hasil destruksi menjadi lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2016. Rumah Jamu Online Sidomuncul. <http://rumahjamu.com>. Diakses pada 02 September 2016.
- Achmad, R. 2004. *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: ANDI.
- Alloway, B.J. 1995. *Heavy Metal in Soils*. New York: Jhon Willey and Sons Inc.
- Anderson, R. 1987. *Sample Pretreatment and Separation*. Chicester: John Willey and Sons Inc.
- (ATSDR) Agency for Toxic Substances and Diseases Registry. 2008. *Toxicological Profile for Cadmium*. USA: US. Department of Health and Human Services.
- Atinafu, T., Mekonnen, T., dan Somasundaram, J. 2015. Determination of Some Toxic Heavy Metal Accumulation in Medicinal Plants Commonly Used in Gondar Area District, Northwestern Ethiopia. *Int. J. of Pharmacy and Analytical Research*, Vol. 4(4): 399-405.
- Basset, J., Denney, G.H , Jeffrey, J.M. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC.
- Bello, A.A., Issa, O.A., Oguntibeju, O.O., Ayoola, G.A. and Adejumo, O. O. 2012. Analysis of Some Selected Toxic Metals in Registered Herbal Products Manufactured in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 11(26): 6918-6922.
- Biofarmaka. 2013. *Quality Of Herbal Medicine Plant and Traditional Medicine*. Bandung: IPB.
- (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.
- Charlena. 2004. Pencemaran Logam Berat (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Sayur-Sayuran. *Falsafah Sains Program Pancasarjana/S3*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Chasteen, T.G. 2000. *Atomic Absorption Spectroscopy*. Texas: Department of Chemistry Sam Houston State University
- Chaudari, G.M., dan Mahajan, R.T. 2015. Comprehensive Study on Pharmacognostic, 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.

Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran (Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam)*. Jakarta: UI Press.

(DEPAG RI) Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. *Al-Qur'an Terjemahan*. Jakarta: PT. Syamil Cipta Media.

(DEPKES RI) Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2010. *Saintifikasi Jamu dalam Penelitian Berbasis Pelayanan Kesehatan*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.

Dewi. 2011. Analisis Cemar Logam Timbal (Pb), Tembaga (Cu), dan Kadmium (Cd) dalam Tepung Gandum Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Skripsi*. Depok: Jurusan Farmasi FMIPA UI.

Dewi, D.C. 2012. Determinasi Kadar Logam Timbal (Pb) dalam Makanan Kaleng Menggunakan Destruksi Basah dan Destruksi Kering. *ALCHEMY*. Vol. 2(1): 12-25.

Dghaim, R., Al khatib, S., Rasool, H., dan Khan, M.A. 2015. Determination of Heavy Metals Concentration in Traditional Herbs Commonly Consumed In The United Arab Emirates. *Journal of Environmental and Public Health*, hal. 1-7.

Gandjar, I.G., dan Rohman, A. 2007 *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, Vol. 1(3): 117-135.

Hartanti, D. 2012. Kontaminasi pada Obat Herbal. *Pharmacy*, Vol. 9(3): 42-55.

Husna, O.L., Hanifah, T.A., dan Kartika, G.F. 2015. Analisis Kandungan Logam Timbal, Kadmium, dan Merkuri dalam Produk Jamu Pegal Linu yang Beredar di Kota Pekanbaru. *JOM FMIPA*, Vol. 2(1): 130-135.

(Kemenperin RI) Kementerian Perindustrian RI. 2016. Kosmetika dan Jamu Tergerus Impor. Disajikan dalam *Pameran Industri Kosmetika dan Jamu*. Jakarta: INSANOKE Kementerian Perindustrian RI.

Kartikasari, M. 2015. Analisis Logam Timbal (Pb) pada Buah Apel (*Pylus Malus L.*) dengan Metode Destruksi Basah Secara Spektrofotometri Serapan

- Atom (SSA). *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Khan, F., Sarfaraz, N., Shaheen, S., Saeed, A., Sial, Z.K., Khan, S.J., and Shafiq, M. 2012. Comparative Evaluation of Copper, Cobalt, Cadmium and Iron Scavenging Efficiency by *In-Vivo* and *In-Vitro* Grown *Momordica Charantia* Using Atomic Absorption Spectroscopy. *Journal Of Medicinal Plants Research*, Vol. 6(17): 3301-3305.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Korfali, S.I., Mroueh, M., Al-Zein, M., dan Salem, R. 2013. Metal Concentration in Commonly Used Medicinal Herbs and Infusion by Lebanese Population: Health Impact. *Journal of Food Research*, Vol. 2(2): 70-82.
- Kosalec, I., Cvec, J., Tomic, S. 2009. Contaminants of Medicinal Herbs and Herbal Products. *Arg Hig Rada Toksikol*, Vol. 60: 485-501.
- Kotz, L., Kaiser, G., Tschopel, P., dan Tolg, G. 1972. Theory of Sample Preparation Using Acid Digestion, Pressure Digestion and Microwave Digestion (Microwave Decomposition). *Anal. Chem*, Vol. 260: 207-209.
- Kristianingrum, 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.
- Kusdianti, Solihat, R., Hafsah, dan Tresnawati, E. 2014. Analisis Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L) pada Tanah yang Terakumulasi Logam Berat Cadmium (Cd). *Bulletin. FPMIPA UPI*. Halaman: 1-7.
- Kusumaningrum, H.P., Herusugondo, Zainuri, M., dan Raharjo, B. 2012. Analisis Kandungan Kadmium (Cd) dalam Tanaman Bawang Merah dari Tegal. *Jurnal sains dan matematika*. Vol. 20(4): 98-102.
- Maghrabi, I. A. 2014. Determination of Some Mineral and Heavy Metals in Saudi Arabia Popular Herbal Drugs Using Modern Techniques. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, Vol. 8(39): 1000-1005.
- Milala, I.V.B.R. 2011. Penetapan Kadar Mg, Fe, Pb, dan Cd dalam Abu Letusan Gunung Sinabung Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Skripsi*. Medan: Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara.
- Mousavi, Z., Parisa, Z., Mahdieh, E. D., and Mahnaz, Q. 2014. Heavy Metals (Lead and Cadmium) in Some Medicinal Herbal Products in Iranian Market. *Iranian Journal of Toxicology*, Vol. 8 (24): 1004-1010.

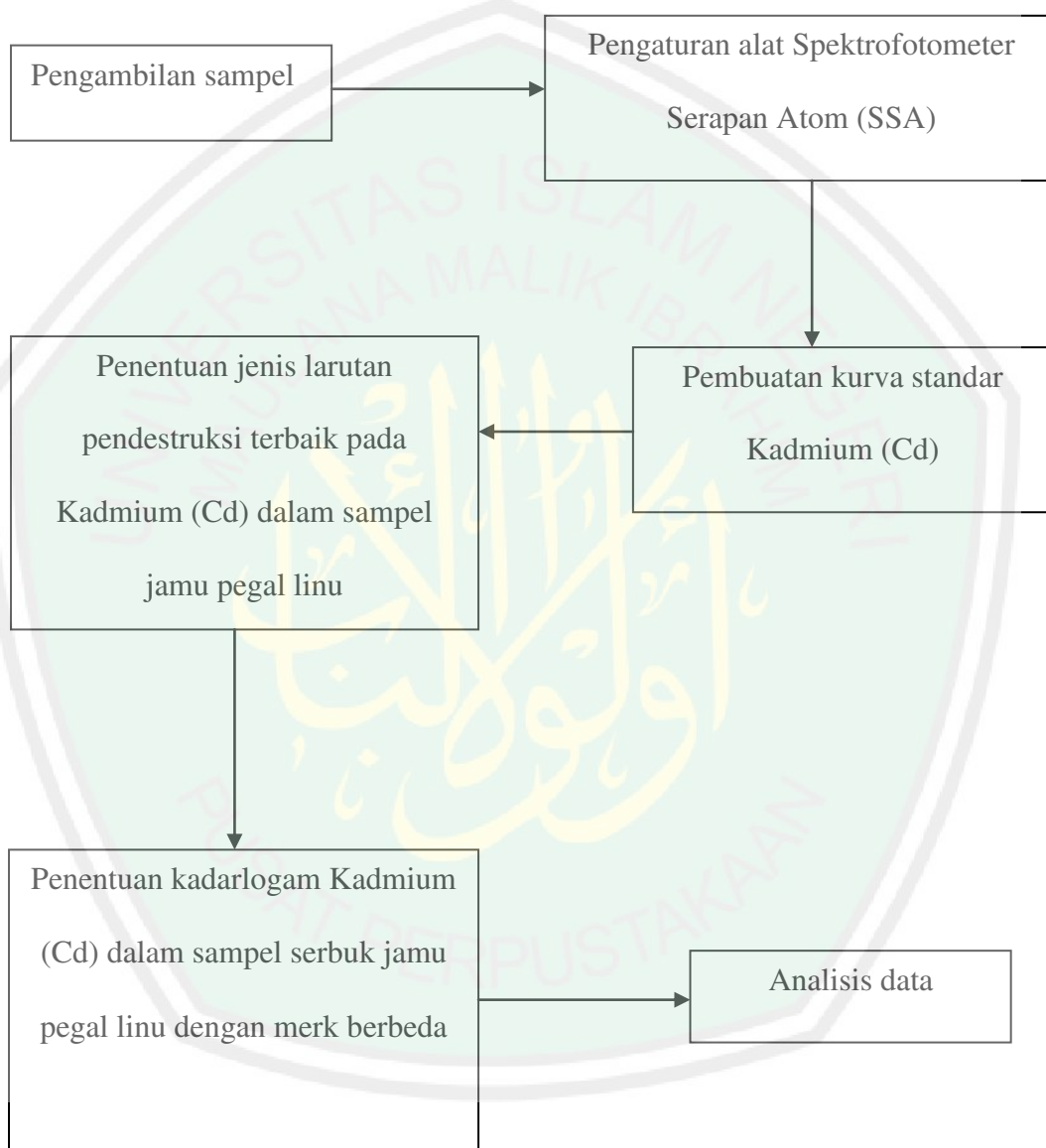
- Muchtadi. 2009. *Destruksi Basah dan Kering*. Makasar: UNHAS Press.
- Muhajir, A. 2009. Studi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Kerang Darah (*Anadara Granosa*) dari Beberapa Pasar Kota Malang. *Skripsi*. Malang: Jurusan Biologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Mulja, J.C dan Miller, J.N. 1991. *Statistika Untuk Kimia Analitik Edisi kedua*. Terjemahan Suroso. Bandung: Penerbit ITB.
- Nuraini, T. 2011. Metode Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dalam Sosis Kaleng Menggunakan Destruksi Basah dengan Variasi Zat Pengoksidasi Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Priyambodo, B. 2011. *Manajemen Farmasi Industri*. Yogyakarta: Global Pustaka Utama.
- Puspitasari, E. 2010. *Laporan Magang di PT. SIDOMUNCUL, Bergas, Semarang (Proses Pengolahan Jamu dan Sistem Sanitasi PT. SIDOMUNCUL)*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Raimon. 1993. *Perbandingan Metode Destruksi Basah dan Kering secara Spektrofotometri Serapan Atom*. Yogyakarta: Santika.
- Rodiana, Y., Maulana, H., dan Nurhasni. 2013. Pengkajian Metode untuk Analisis Total Logam Berat dalam Sedimen Menggunakan Microwave Digestion. *Ecolab*, Vol. 7(2): 71-80.
- Nugroho, S.A. 14 Februari, 2014. Dampak Kelud. *SINDONEWS*: 1.
- Satarug, S., Garrett, S.H., Sens, M.A., dan Sens, D.A. 2009. *Cadmium, Environmental, Exposure and Health Outcomes*. USA: National Institutes of Health U.S. Department of Health and Human Services.
- Shihab, Q. 1997. *Membumikan Al Qur'an Fungsi dan Peran Wahyu dalam Kehidupan Masyarakat*. Bandung: Mizan.
- Sidomuncul. 1999. *Company Profile PT. Sidomuncul Pupuk Nusantara*. Semarang: PT. Sidomuncul Pupuk Nusantara.
- Skoog, D.A., Donald, M.W., James, H., dan Stanley, R.C. 2000. *Principles of Instrumental Analysis*. USA: CSB College Publishing.

- Sudarmaji, Mukono, J., dan Corie, I. P. 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 2(2): 129-142.
- Sugiyarto, K.H. 2004. *Kimia Anorganik I*. Yogyakarta: UNY.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan. Disampaikan pada: *Seminar on-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21. Prosiding Seminar on-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21*. 1-14 Februari 2001. Sinergy Forum-PPI Tokyo Institute of Technology.
- Supriyanto, Samin dan Zainul, K. 2007. Analisis Cemaran Logam Berat Pb, Cu dan Cd pada Ikan Air Tawar dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA). Disampaikan pada: *Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir. Prosiding Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir*; Yogyakarta, 21-22 November 2007. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN. Halaman: 147-152.
- Syahputra, R. 2004. *Modul Pelatihan Instrumentasi AAS*. Yogyakarta: Laboratorium Instrumentasi Terpadu UII.
- Uddin, A.B.M.H., Reem, S. K., Mohamed, A., Abdualrahman, M. A., and Abdulrazak, K. 2016. Comparative Study of Three Digestion Methods for Elemental Analysis in Traditional Medicine Products Using Atomic Absorption Spectrometry. *Journal of Analytical Science and Technology*, Vol. 7(6): 1-7.
- Underwood. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga.
- Vaikosen, E.N. dan Alade, G.O. 2011. Evaluation of Pharmacognostical Parameters and Heavy Metals in Some Locally Manufactured Herbal Drugs. *J. Chem. Pharm. Res.*, Vol. 3(2): 88-97.
- Varian, 2010. Prinsip Kerja AAS-AA240, Pengoperasian dan Cara Perawatannya. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Wahyuni, A.S. dan Sujono, T.A. 2004. Studi Aktivitas Daya Analgetik Jamu Pegel Linu. *Jurnal Penelitian Sains Dan Teknologi*, Vol. 5(1): 21-32.
- WHO, 2003. Traditional Medicine. <http://www.who.int/mediacentre/factsheet/fs134/en/>. Diakses pada 1 September 2016.
- Widowati, W., Sastiono, A., dan Jusuf, R. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Bandung: Penerbit Andi.

- Wulandari, E. A dan Sukesu. 2013. Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd dan Cu dalam Nugget Ayam Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottonii*). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, Vol. 2(2): 2337-3520.
- Yap, Y.K., Mohd Fitri, M.R., Mazyhar, Y., Tan, S.C. 2010. Effects of Metal Contaminated Soils on The Accumulation of Heavy Metals in Different Parts of *Centella 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 Pakistani Soil by Flame Atomic Absorption Spectrometry. *Journal of Saudi Chemical Society*, Vol. 14: 125-129.
- Zheng, Y., Zheng, K., Liu, E., dan Li, Y. 2013. Elemental Fingerprint of Herbal Medicines Formed by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES). *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 6 (1): 111-114.
- Ziarati, P. 2012. Determination of Contaminants in Some Iranian Popular Herbal Medicines. *J Environment Analytic Toxicol*, Vol. 2(1): 1-3.
- Ziarati, P. 2012. Determination of Some Heavy Metals in Popular Medicinal Plants of Tehran's Market. *Journal of Pharmaceutical and Health Sciences*, Vol. 1(3): 31-36.

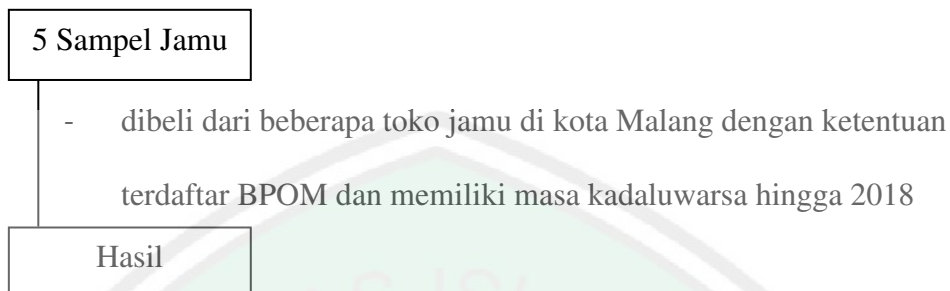
LAMPIRAN

Lampiran1 : Rancangan Penelitian

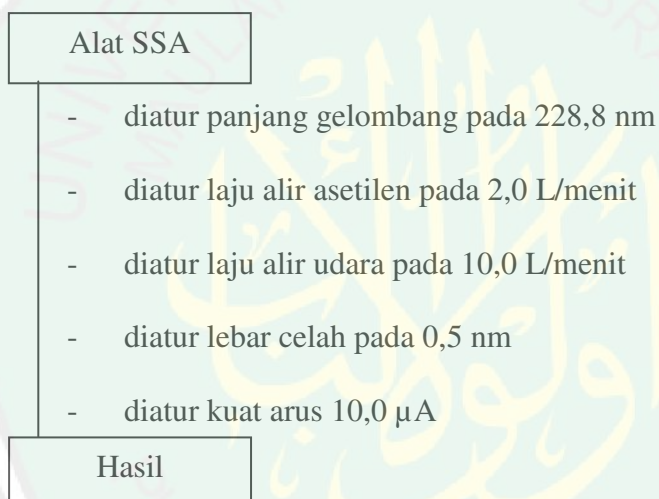


Lampiran 2: Diagram Alir

1. Pengambilan Sampel



2. Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)



3. Pembuatan Kurva Standar Kadmium (Cd)

Larutan Stok Cd 1000 mg/L

- diambil 1 ml dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- diencerkan hingga tanda batas

Larutan baku standar Cd 10 mg/L

- dipipet 0,1 mL, 0,2 mL, 0,5 mL, 1 mL, dan 2 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berbeda
- diencerkan hingga tanda batas

Larutan standar 0,02 mg/L, 0,04 mg/L, 0,1 mg/L, 0,2 mg/L, dan 0,4 mg/L

- dianalisis dengan alat SSA pada panjang gelombang 228,8 nm

Hasil

4. Penentuan Jenis Larutan Pengoksidasi Terbaik Pada Kadmium (Cd) Dalam Sampel Jamu Pegal Linu

5 sampel jamu pegal linu

- ditimbang masing-masing 5 gram, dicampur dan dihomogenkan
- ditimbang 1 gram campuran sampel
- dimasukkan ke dalam labu alas bulat
- ditambahkan 15 ml variasi dan komposisi zat pengoksidasi yaitu HNO_3 p.a + HCl p.a (1:3), HNO_3 p.a + H_2O_2 p.a (10:4), dan HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1)
- dipanaskan pada suhu 80°C selama 3 jam
- didinginkan dan disaring dengan kertas Whatmann no. 42

Filtrat

- dimasukkan ke dalam labu ukur 20 mL
- diencerkan dengan HNO_3 0,5 M sampai tanda batas
- diukur kadar Cd terlarut pada panjang gelombang 228,8 nm menggunakan SSA
- dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali
- dianalisis dengan metode uji varian *One Way* untuk mengetahui pengaruh variasi larutan pengoksidasi terhadap konsentrasi Cd pada jamu

Hasil

Catatan:

1. Sampel pengoksidasi HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1) adalah 0,5 gram dengan pengenceran 25 mL

5. Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) dalam Sampel Serbuk Jamu Pegal Linu dengan Merk Berbeda

Sampel jamu pegal linu

- ditimbang 0,5 gram dan dimasukkan dalam labu alas bulat
- ditambahkan 15 ml larutan pengoksidasi terbaik
- dipanaskan pada temperatur 80 °C selama 3 jam
- didinginkan dan disaring dengan kertas Whatmann no. 42

Filtrat

- dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL
- diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M sampai tanda batas
- diukur kadar Cd terlarut pada panjang gelombang 228,8 nm menggunakan SSA
- dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali
- dianalisis dengan metode uji varian *One Way* untuk mengetahui pengaruh jenis merk jamu pegal linu terhadap konsentrasi Cd

Hasil

Lampiran 3: Perhitungan

1. Pembuatan Kurva Standar Cd

- a. Pembuatan larutan baku standar Cd 10 mg/L 100 mL dari larutan stok Cd

1000 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 10 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{1000 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

- b. Pembuatan larutan standar 0.02 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0.02 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0.02 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 0.1 \text{ mL}$$

- c. Pembuatan larutan standar 0.04 mg/L

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0.04 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0.04 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 0.2 \text{ mL}$$

d. Pembuatan larutan standar 0.1 mg/L

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 10 \text{ mg/L} \times V_1 &= 0.1 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{0.1 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}} \\ V_1 &= 0.5 \text{ mL} \end{aligned}$$

e. Pembuatan larutan standar 0.2 mg/L

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 10 \text{ mg/L} \times V_1 &= 0.2 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{0.2 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}} \\ V_1 &= 1 \text{ mL} \end{aligned}$$

f. Pembuatan larutan standar 0.4 mg/L

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 10 \text{ mg/L} \times V_1 &= 0.4 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{0.4 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}} \\ V_1 &= 2 \text{ mL} \end{aligned}$$

2. Pembuatan HNO₃ 0,5 M

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \rho \text{ HNO}_3 \text{ 65 \%} &= 1,39 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 1390 \text{ gr/L} \end{aligned}$$

$$\text{Mr HNO}_3 = 63 \text{ gr/mol}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ 65 \%} = \frac{65 \text{ gr HNO}_3}{100 \text{ gr Larutan}}$$

$$\frac{1390 \text{ gr}}{1 \text{ L}} = \frac{100 \text{ gr}}{V}$$

$$V = \frac{100 \text{ gr} \times 1 \text{ L}}{1390 \text{ gr}}$$

$$V = 0,0719 \text{ L}$$

$$n \text{ HNO}_3 = \frac{65 \text{ gr}}{63 \text{ gr/mol}}$$

$$n \text{ HNO}_3 = 1,0318 \text{ mol}$$

$$M \text{ HNO}_3 = \frac{n}{V}$$

$$M \text{ HNO}_3 = \frac{1,0318 \text{ mol}}{0,0719 \text{ L}}$$

$$M \text{ HNO}_3 = 14,3505 \text{ M}$$

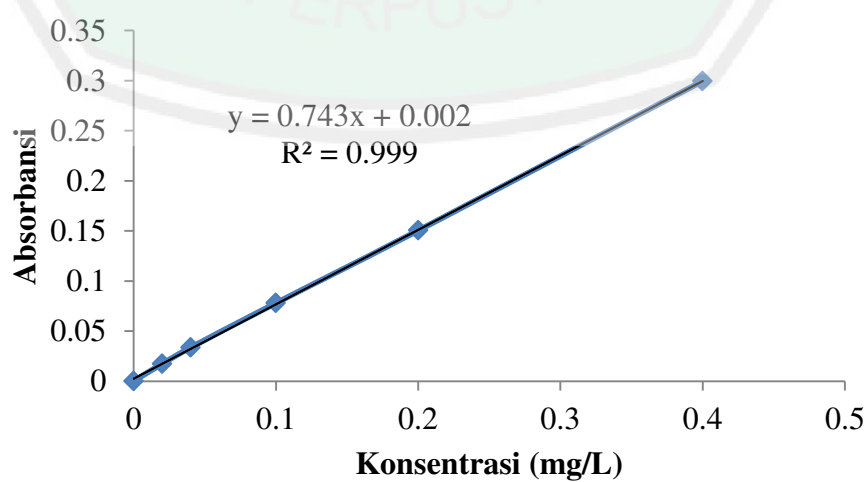
$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$14,3505 \text{ M} \times V_1 = 0,5 \text{ M} \times 500 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,5 \text{ M} \times 500 \text{ mL}}{14,3505 \text{ M}}$$

$$V_1 = 17,42 \text{ mL}$$

3. Hasil Uji Linieritas dan Sensitivitas



- a. Linearitas ditunjukkan dengan nilai $R^2 = 0,999$
 b. Sensitivitas ditunjukkan dengan nilai slope (kemiringan) = 0,7433

4. Hasil Uji LOD dan LOQ

Sampel	Konsentrasi (ppm)	y	$\hat{y}$	(y- $\hat{y}$)	(y- $\hat{y}$) ²
Blangko	0,00	0,0002	0,0024	-0,0022	0,00000484
Standar 1	0,02	0,0174	0,0172	0,0002	0,00000004
Standar 2	0,04	0,0336	0,0321	0,0015	0,00000225
Standar 3	0,10	0,0780	0,0767	0,0013	0,00000169
Standar 4	0,20	0,1504	0,1510	-0,0006	0,00000036
Standar 5	0,40	0,2995	0,2997	-0,0002	0,00000004
JUMLAH					0,00000922
S x/y					0,00135794
LOD					0,00548050
LOQ					0,01826833

LOD = limit deteksi (parameter uji batas terkecil yang dimiliki oleh suatu alat atau instrumen)

LOQ = limit kuantitas (konsentrasi terendah dari analit yang masih dapat ditentukan dan memenuhi kriteria akurasi dan presisi)

$$\begin{aligned}
 \text{a. SD } x/y &= \sqrt{\Sigma ((y - \hat{y})^2 : (n-1))} \\
 &= \sqrt{(0,00000922) : (6-1)} \\
 &= 0,00135794
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. LOD} &= \frac{3 \times \text{SD } x/y}{\text{slope}} \\
 &= \frac{3 \times 0,00135794 \text{ ppm}}{0,74333} \\
 &= 0,00548050 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. LOQ} &= \frac{10 \times \text{SD } x/y}{\text{slope}} \\
 &= \frac{10 \times 0,00135794 \text{ ppm}}{0,0451} \\
 &= 0,01826833 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

5. Hasil Uji Akurasi

a. 0,02 ppm

$$\begin{aligned}
 y &= 0,7433x + 0,0024 \\
 0,0174 &= 0,7433x + 0,0024 \\
 0,0174 - 0,0024 &= 0,7433x \\
 x &= 0,0202 \text{ ppm} \\
 \% \text{ Recovery} &= \frac{0,0202 \text{ ppm}}{0,02 \text{ ppm}} \times 100 \% \\
 &= 101,17 \%
 \end{aligned}$$

b. 0,04 ppm

$$\begin{aligned}
 y &= 0,7433x + 0,0024 \\
 0,0336 &= 0,7433x + 0,0024 \\
 0,0336 - 0,0024 &= 0,7433x \\
 x &= 0,0420 \text{ ppm} \\
 \% \text{ Recovery} &= \frac{0,0420 \text{ ppm}}{0,04 \text{ ppm}} \times 100 \% \\
 &= 105,07 \%
 \end{aligned}$$

c. 0,1 ppm

$$\begin{aligned}
 y &= 0,7433x + 0,0024 \\
 0,0780 &= 0,7433x + 0,0024 \\
 0,0780 - 0,0024 &= 0,7433x
 \end{aligned}$$

$$x = 0,1018 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{0,1018 \text{ ppm}}{0,1 \text{ ppm}} \times 100 \%$$

$$= 101,76 \%$$

d. 0,2 ppm

$$y = 0,7433x + 0,0024$$

$$0,1504 = 0,7433x + 0,0024$$

$$0,1504 - 0,0024 = 0,7433x$$

$$x = 0,1992 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{0,1992 \text{ ppm}}{0,2 \text{ ppm}} \times 100 \%$$

$$= 99,58 \%$$

e. 0,4 ppm

$$y = 0,7433x + 0,0024$$

$$0,2995 = 0,7433x + 0,0024$$

$$0,2995 - 0,0024 = 0,7433x$$

$$x = 0,3997 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{0,3997 \text{ ppm}}{0,4 \text{ ppm}} \times 100 \%$$

$$= 99,94 \%$$

6. Perhitungan Kadar Logam Kadmium (Cd) pada Hasil Destruksi dengan Variasi Zat Pengoksidasi

a. Kadar yang Terbaca Instrumen

Larutan pendestruksi (15 mL)	Kadar logam kadmium (Cd) mg/Kg		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
HNO ₃ p.a + HCl p.a (1:3) = 3,75 mL: 11,25 mL	0,011	0,012	0,011
HNO ₃ p.a+H ₂ O ₂ p.a (10:4) = 10,71 mL:4,29 mL	0,023	0,022	0,025
HNO ₃ p.a + H ₂ SO ₄ p.a (3:1) = 11,25 mL:3,75 mL	0,091	0,089	0,089

b. Kadar Sebenarnya

Larutan pendestruksi (15 mL)	Kadar logam kadmium (Cd) mg/Kg		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
HNO ₃ p.a + HCl p.a (1:3) = 3,75 mL: 11,25 mL	0,2199	0,2400	0,2200
HNO ₃ p.a+H ₂ O ₂ p.a (10:4) = 10,71 mL:4,29 mL	0,4600	0,4399	0,4999
HNO ₃ p.a + H ₂ SO ₄ p.a (3:1) = 11,25 mL:3,75 mL	4,5464	4,4491	4,4455

- HNO₃ p.a + HCl p.a (1:3)

Konsentrasi sebenarnya = (Konsentrasi hasil pembacaan x Fp) / Berat Sampel

$$A1 = \frac{\left(0,011 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2 \times 10^{-2} \text{ L}}{(1,0004 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 0,2199 \text{ mg/kg}$$

$$A2 = \frac{\left(0,012 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2 \times 10^{-2} \text{ L}}{(1,0000 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 0,2400 \text{ mg/kg}$$

$$A3 = \frac{\left(0,011 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2 \times 10^{-2} \text{ L}}{(1,0002 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 0,2200 \text{ mg/kg}$$

- $\text{HNO}_3 \text{ p.a.} + \text{H}_2\text{O}_2 \text{ p.a.} (10:4)$

Konsentrasi sebenarnya = (Konsentrasi hasil pembacaan x Fp) / Berat Sampel

$$B1 = \frac{\left(0,023 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2 \times 10^{-2} \text{ L}}{(1,0001 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 0,4600 \text{ mg/kg}$$

$$B2 = \frac{\left(0,022 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2 \times 10^{-2} \text{ L}}{(1,0003 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 0,4399 \text{ mg/kg}$$

$$B3 = \frac{\left(0,025 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2 \times 10^{-2} \text{ L}}{(1,0003 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 0,4999 \text{ mg/kg}$$

- $\text{HNO}_3 \text{ p.a.} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ p.a.} (3:1)$

Konsentrasi sebenarnya = (Konsentrasi hasil pembacaan x Fp) / Berat Sampel

$$C1 = \frac{\left(0,091 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5004 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 4,5464 \text{ mg/kg}$$

$$C2 = \frac{\left(0,089 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5001 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 4,4491 \text{ mg/kg}$$

$$C3 = \frac{\left(0,089 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5005 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 4,4455 \text{ mg/kg}$$

7. Perhitungan Kadar Kadmium (Cd) dalam Jamu Pegal Linu dengan Merk Berbeda

a. Kadar yang Terbaca Instrumen

Sampel	Larutan pendestruksi terbaik		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
A	0,100	0,104	0,106
B	0,078	0,074	0,079
C	0,079	0,084	0,079
D	0,055	0,058	0,057
E	0,054	0,048	0,046

b. Kadar Sebenarnya

Sampel	Larutan pendestruksi terbaik		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
A	4,9950	5,1958	5,2968
B	3,8969	3,6948	3,9468
C	3,9492	4,1975	3,9484
D	2,7484	2,8977	2,8483
E	2,6978	2,3976	2,2995

- Sampel Jamu Pegal Linu A

Konsentrasi sebenarnya = (Konsentrasi hasil pembacaan x Fp) / Berat Sampel

$$A1 = \frac{\left(0,100 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5005 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 4,9950 \text{ mg/kg}$$

$$A2 = \frac{\left(0,104 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5004 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 5,1958 \text{ mg/kg}$$

$$A3 = \frac{\left(0,106 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5003 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 5,2968 \text{ mg/kg}$$

- Sampel Jamu Pegal Linu B

Konsentrasi sebenarnya = (Konsentrasi hasil pembacaan x Fp) / Berat Sampel

$$B1 = \frac{\left(0,078 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5004 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 3,8969 \text{ mg/kg}$$

$$B2 = \frac{\left(0,074 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5007 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 3,6948 \text{ mg/kg}$$

$$B3 = \frac{\left(0,079 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5004 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 3,9468 \text{ mg/kg}$$

- Sampel Jamu Pegal Linu C

Konsentrasi sebenarnya = (Konsentrasi hasil pembacaan x Fp) / Berat Sampel

$$C1 = \frac{\left(0,079 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5001 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 3,9492 \text{ mg/kg}$$

$$C2 = \frac{\left(0,084 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5003 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 4,1975 \text{ mg/kg}$$

$$C3 = \frac{\left(0,079 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5002 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 3,9484 \text{ mg/kg}$$

- Sampel Jamu Pegal Linu D

Konsentrasi sebenarnya = (Konsentrasi hasil pembacaan x Fp) / Berat Sampel

$$D1 = \frac{\left(0,055 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5003 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 2,7484 \text{ mg/kg}$$

$$D2 = \frac{\left(0,058 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5004 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 2,8977 \text{ mg/kg}$$

$$D3 = \frac{\left(0,057 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5003 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 2,8483 \text{ mg/kg}$$

- Sampel Jamu Pegal Linu E

Konsentrasi sebenarnya = (Konsentrasi hasil pembacaan x Fp) / Berat Sampel

$$E1 = \frac{\left(0,054 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5004 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 2,6978 \text{ mg/kg}$$

$$E2 = \frac{\left(0,048 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5005 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 2,3976 \text{ mg/kg}$$

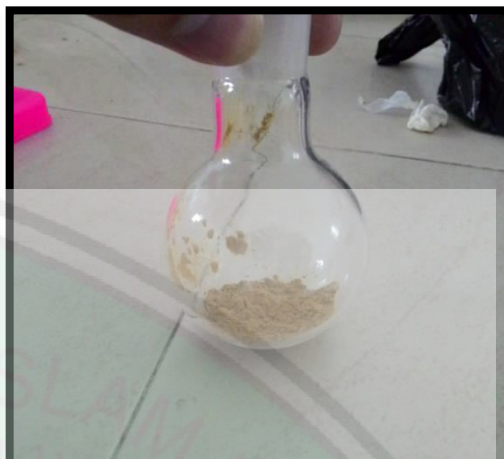
$$E3 = \frac{\left(0,046 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times 2,5 \times 10^{-2} \text{ L}}{(0,5001 \times 10^{-3} \text{ kg})}$$

$$= 2,2995 \text{ mg/kg}$$

Lampiran 4: Dokumentasi Penelitian



Penimbangan sampel jamu pegal linu



Sampel jamu pegal linu sebelum didestruksi



Destruksi sampel jamu pegal linu



Hasil destruksi sampel jamu pegal linu



Penyaringan sampel hasil destruksi



Pengenceran sampel hasil destruksi



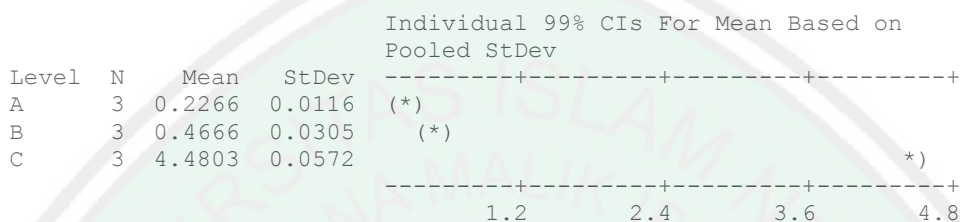
Sampel untuk dianalisis dengan
AAS

Lampiran 5: Uji Statistik

One-way ANOVA: KONSENTRASI Cd versus PENGOKSIDASI

Source	DF	SS	MS	F	P
PENGOKSIDASI	2	34.26160	17.13080	11831.98	0.000
Error	6	0.00869	0.00145		
Total	8	34.27029			

S = 0.03805 R-Sq = 99.97% R-Sq(adj) = 99.97%

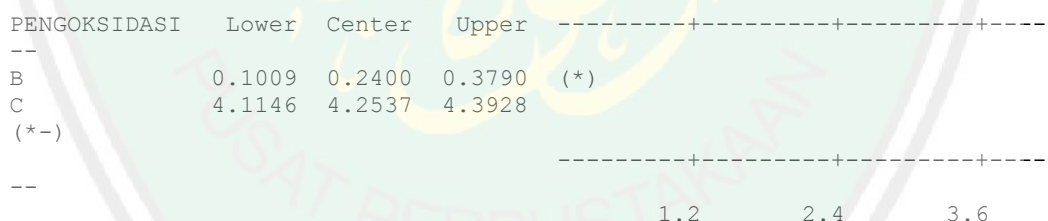


Pooled StDev = 0.0381

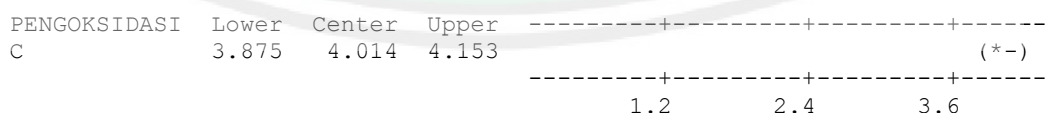
UJI TUKEY

Factor	Type	Levels	Values
PENGOKSIDASI	fixed	3	A, B, C

Tukey 99.0% Simultaneous Confidence Intervals
 Response Variable KONSENTRASI Cd
 All Pairwise Comparisons among Levels of PENGOKSIDASI
 PENGOKSIDASI = A subtracted from:



PENGOKSIDASI = B subtracted from:



Tukey Simultaneous Tests
 Response Variable KONSENTRASI Cd
 All Pairwise Comparisons among Levels of PENGOKSIDASI
 PENGOKSIDASI = A subtracted from:

PENGOKSIDASI	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
B	0.2400	0.03107	7.724	0.0006
C	4.2537	0.03107	136.915	0.0000

PENGOKSIDASI = B subtracted from:

		Difference	SE of		Adjusted
PENGOKSIDASI	of Means	Difference	T-Value	P-Value	
C	4.014	0.03107	129.2	0.0000	

One-way ANOVA: kadar Cd versus sampel

Source	DF	SS	MS	F	P
sampel	4	13.6342	3.4085	153.71	0.000
Error	10	0.2217	0.0222		
Total	14	13.8559			

S = 0.1489 R-Sq = 98.40% R-Sq(adj) = 97.76%

Individual 99% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
A	3	5.1625	0.1536	(---*)
B	3	3.8462	0.1334	(---*)
C	3	4.0317	0.1436	(---*)
D	3	2.8315	0.0761	(---*)
E	3	2.4650	0.2075	(---*)

3.0 4.0 5.0 6.0

Pooled StDev = 0.1489

UJI TUKEY

Factor	Type	Levels	Values
sampel	fixed	5	A, B, C, D, E

Tukey 99.0% Simultaneous Confidence Intervals
Response Variable kadar Cd
All Pairwise Comparisons among Levels of sampel
sampel = A subtracted from:

sampel	Lower	Center	Upper	
B	-1.844	-1.316	-0.788	(---*)
C	-1.659	-1.131	-0.603	(---*)
D	-2.859	-2.331	-1.803	(---*)
E	-3.225	-2.698	-2.170	(---*)

-2.4 -1.2 0.0

sampel = B subtracted from:

sampel	Lower	Center	Upper	
C	-0.342	0.186	0.7134	(---*)
D	-1.543	-1.015	-0.4868	(---*)
E	-1.909	-1.381	-0.8533	(---*)

-2.4 -1.2 0.0

sampel = C subtracted from:

sampel	Lower	Center	Upper	
D	-1.728	-1.200	-0.672	(---*)
E	-2.095	-1.567	-1.039	(---*)

-2.4 -1.2 0.0

sampel = D subtracted from:

sampel	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----
E	-0.8944	-0.3665	0.1614	(---*---)
				-----+-----+-----+-----
				-2.4 -1.2 0.0

Tukey Simultaneous Tests

Response Variable kadar Cd

All Pairwise Comparisons among Levels of sampel

sampel = A subtracted from:

sampel	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
B	-1.316	0.1216	-10.83	0.0000
C	-1.131	0.1216	-9.30	0.0000
D	-2.331	0.1216	-19.17	0.0000
E	-2.698	0.1216	-22.19	0.0000

sampel = B subtracted from:

sampel	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
C	0.186	0.1216	1.53	0.5700
D	-1.015	0.1216	-8.35	0.0001
E	-1.381	0.1216	-11.36	0.0000

sampel = C subtracted from:

sampel	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
D	-1.200	0.1216	-9.87	0.0000
E	-1.567	0.1216	-12.89	0.0000

sampel = D subtracted from:

sampel	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
E	-0.3665	0.1216	-3.014	0.0767