

ANALISIS KADAR TIMBAL (Pb) PADA KUBIS (*BRASSICA OLERACEAE* L.) DARI SENTRA 2 KECAMATAN KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN METODE DESTRUKSI BASAH TERTUTUP (REFLUKS) SECARA SPEKTROKOPI SERAPAN ATOM (SSA)

SKRIPSI

**Oleh:
YUSHA HASNA MEYFIAN
NIM. 19630030**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

ANALISIS KADAR TIMBAL (Pb) PADA KUBIS (*BRASSICA OLERACEAE* L.) DARI SENTRA 2 KECAMATAN KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN METODE DESTRUKSI BASAH TERTUTUP (REFLUKS) SECARA SPEKTROSKOPI SERAPAN ATOM (SSA)

SKRIPSI

**Oleh:
Yusha Hasna Meyfian
NIM. 19630030**

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

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

ANALISIS KADAR TIMBAL (Pb) PADA KUBIS (*BRASSICA OLERACEAE* L.) DARI SENTRA 2 KECAMATAN KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN METODE DESTRUKSI BASAH TERTUTUP (REFLUKS) SECARA SPEKTROKOPI SERAPAN ATOM (SSA)

SKRIPSI

**Oleh:
YUSHA HASNA MEYFIAN
NIM. 19630030**

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 27 November 2023**

Pembimbing I



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

Pembimbing II



**Rif'atul Mahmudah, M.Si
NIP. 19830125 202321 2 020**

Mengetahui
Ketua Program Studi Kimia



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

ANALISIS KADAR TIMBAL (Pb) PADA KUBIS (*BRASSICA OLERACEAE* L.) DARI SENTRA 2 KECAMATAN KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN METODE DESTRUKSI BASAH TERTUTUP (REFLUKS) SECARA SPEKTROSKOPI SERAPAN ATOM (SSA)

SKRIPSI

**Oleh:
Yusha Hasna Meyfian
NIM. 19630030**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 27 November 2023**

**Ketua Penguji : Elok Kamila Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200664 2 002**



**Anggota Penguji : Nur Aini, M.Si
NIP. 19840608 201903 2 009**

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



**Anggota Penguji : Rif'atul Mahmudah, M.Si
NIP. 19830125 202321 2 020**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Kimia**



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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yusha Hasna Meyfian
NIM : 19630030
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Analisis Kadar Timbal (Pb) Pada Kubis (*Brassica Oleraceae* L.) dari Sentra 2 Kecamatan Kabupaten Malang Menggunakan Metode Destruksi Basah Tertutup (Refluks) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA).

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

Malang, 27 November 2023

Yang membuat pernyataan,



Yusha Hasna Meyfian
NIM. 19630030

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamiin...

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmatnya sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik.

Terimakasih kepada:

Kedua orangtua saya, Ibu Sustiyah dan Bapak Sucipto yang telah mendoakan anak-anaknya, memberikan dukungan dan penyemangat dalam menyelesaikan perkuliahan. Dan adek saya, Aqila Adiba Klarissa yang telah menghibur ditengah kejenuhan mengerjakan skripsi.

Para dosen dan seluruh laboran program studi kimia khususnya ibu Diana Candra Dewi, M.Si selaku dosen pembimbingan utama, ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si selaku dosen pembimbing agama, bapak Dr. Anton Prasetyo selaku dosen wali, dan bapak Taufiq selaku laboran analitik yang telah memberikan ilmunya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Teman-teman kuliah yang selalu memberi support sistem terutama keluarga bismillah umroh (Cece, Sansan, Hildot, Mbaok O, Aad, Abang, Om, Rey, Akbar, Reza). Teman-teman seperbimbingan Ananda Intan, Imelda Dea dan Fadia Bayu. Serta teman dekat saya Andrey, terimakasih atas doa, nasehat, dan motivasi yang sangat berharga bagi saya.

MOTTO

“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri”-Hindia

“Orang lain ga akan bisa paham struggle dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian success storiesnya. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun gaada yang tepuk tangan. Kelak diri kita dimasa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini, tetap berjuang ya”

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, taifiq. serta hidayah-Nya kepada kita semua. Sehingga penulis dapat menyelesaikan mini proposal yang berjudul “ **Analisis Kadar Timbal (Pb) Pada Kubis (*Brassica Oleraceae* L.) dari Sentra 2 Kecamatan Kabupaten Malang Menggunakan Metode Destruksi Basah Tertutup (Refluks) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)**” ini dengan semaksimal mungkin, shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada nabi kita Nabi Muhammad SAW. Pada kesempatan yang berbahagia ini, penulis ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainudin, M.A, selaku Rektorat Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Hariani, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
3. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si, selaku ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Diana Candra Dewi, M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbing, pengarahan, dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si., selaku dosen pembimbing agama yang telah memberikan bimbing, pengarahan, dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

6. Ibu Elok Kamila Hayati, M.Si dan Ibu Nur Aini, M.Si, selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu serta wawasannya sebagai bekal bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu kritik dan saran sangat diharapkan oleh penulis. Semoga proposal penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, Amin.

Malang, 19 Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT.....	xv
ملخص البحث	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Kubis	8
2.2 Logam Berat.....	10
2.3 Timbal (Pb)	11
2.4 Destruksi Basah Tertutup (Refluks)	13
2.5 Larutan Pendestruksi.....	14
2.6 Spektroskopi Serapan Atom	15
2.7 Metode Kurva Standar.....	19
2.8 Uji <i>Two Way</i> ANOVA	20
2.9 Makanan Halal dan Baik dalam Perspektif Islam.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat	25
3.2.2 Bahan	25
3.3 Rancangan Penelitian	25
3.4 Tahapan Penelitian	26
3.5 Cara Kerja	27
3.5.1 Pengambilan Sampel	27
3.5.2 Preparasi Sampel.....	28
3.5.3 Pengaturan Alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA)	29
3.5.4 Pembuatan Kurva Standar Timbal (Pb)	29

3.5.5	<i>Limit of Detection (LoD)</i>	30
3.5.6	<i>Limit of Quantitation (LoQ)</i>	31
3.5.7	Nilai Akurasi	31
3.5.8	Penentuan Kadar Logam Berat (Pb) pada Sampel Kubis.....	31
3.5.9	Analisis <i>Two Way</i> ANOVA.....	33
BAB IV PEMBAHASAN		34
4.1	Pengambilan Sampel	34
4.2	Preparasi Sampel	35
4.3	Pembuatan Kurva Standar Timbal (Pb)	36
4.3.1	Batas Deteksi (LoD)	38
4.3.2	Batas Kuantitasi (LoQ).....	39
4.3.3	Nilai Akurasi	39
4.4	Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dalam Sampel Kubis dengan Variasi Jarak Penanaman dan Variasi Perlakuan Sampel	40
4.5	Pengaruh variasi Jarak Penanamn dan Perlakuan Sampel terhadap Kadar Logam Timbal (Pb)	48
4.6	Urgensi Hasil Penelitian Menurut Perspektif Islam	51
BAB V PENUTUP		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA.....		57
LAMPIRAN		63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan logam berat dalam tanah secara alamia	11
Tabel 2.2 Kondisi optimum peralatan ssa logam timbal (Pb)	19
Tabel 3.1 Hasil analisis kadar logam timbal (Pb) pada kubis dari sentra Kecamatan Ngantang	32
Tabel 3.2 Hasil analisis kadar logam timbal (Pb) pada kubis dari sentra Kecamatan Pujon	33
Tabel 4.1 Hasil analisis kadar logam timbal (Pb) pada kubis dari sentra Kecamatan Ngantang	43
Tabel 4.2 Hasil analisis kadar logam timbal (Pb) pada kubis dari sentra Kecamatan Pujon	43
Tabel 4.3 Hasil uji <i>two way</i> anova pengaruh variasi jarak penanaman dengan perlakuan sampel Kecamatan Ngantang	49
Tabel 4.3 Hasil uji <i>two way</i> anova pengaruh variasi jarak penanaman dengan perlakuan sampel Kecamatan Pujon	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kubis (<i>Brassica oleracea</i> L.).....	8
Gambar 2.2 Skema umum pada alat SSA	16
Gambar 3.1 Denah lokasi pengambilan sampel Kecamatan Ngantang	27
Gambar 3.2 Denah ilustrasi pengambilan sampel Kecamatan Pujon	27
Gambar 4.1 Kurva standar logam timbal (Pb)	37
Gambar 4.2 Diagram batang kadar logam Pb berdasarkan varisi jarak tanam dan perlakuan sampel kubis di Kecamatan Ngantang.....	42
Gambar 4.3 Diagram batang kadar logam Pb berdasarkan varisi jarak tanam dan perlakuan sampel kubis di Kecamatan Pujon.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rancangan Penelitian	63
Lampiran 2 Diagram Alir.....	64
Lampiran 3 Perhitungan	68
Lampiran 4 Dokumentasi	89
Lampiran 5 Hasil uji statistika <i>Two Way</i> ANOVA	92

ABSTRAK

Meyfian, Yusha Hasna. 2023. **Analisis Kadar Timbal (Pb) Pada Kubis (*Brassica Oleraceae* L.) dari Sentra 2 Kecamatan Kabupaten Malang Menggunakan Metode Destruksi Basah Tertutup (Refluks) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)**. Proposal Penelitian. Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Diana Candra Dewi, M.Si; Pembimbing II: Rif'atul Mahmudah, M.Si.,

Kata Kunci: *Brassica oleraceae* L, timbal, destruksi refluks, spektroskopi serapan atom

Kubis merupakan tanaman sayuran yang termasuk dalam genus *Brassica*, kubis yang ditanam dipinggir jalan memungkinkan terpapar polusi asap kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar timbal (Pb) pada sampel kubis pada Kecamatan Ngantang dan Pujon dengan destruksi basah tertutup (refluks) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dan mengetahui hubungan kandungan logam Pb pada sayuran kubis di sekitar pinggir jalan.

Jenis penelitian yang dilaksanakan adalah *experimental laboratory*, sampel yang digunakan adalah kubis, pengambilan sampel dilakukan dengan variasi jarak yaitu 10 meter, 20 meter, dan 30 meter dari jalan raya di Kecamatan Ngantang dan Kecamatan Pujon dengan variasi perlakuan sampel (tanpa pencucian, pencucian, perendaman, perebusan). Kadar Pb dianalisis menggunakan metode destruksi basah tertutup (Refluks) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan menggunakan zat pengoksidasi terbaik yaitu HNO₃ pekat 11,25 mL + H₂SO₄ pekat 3,75 mL (3:1).

Hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kadar logam timbal (Pb) dengan variasi jarak penanaman (10, 20, dan 30 meter) dan perlakuan sampel (tanpa pencucian, pencucian, perendaman, dan perebusan) di Kecamatan Ngantang berturut-turut jarak 10 meter sebesar 5,7 mg/Kg; 5,1 mg/Kg; 4,7 mg/Kg; dan 4,4 mg/Kg. jarak 20 meter sebesar 5,0 mg/Kg; 4,7 mg/Kg; 4,5 mg/Kg; dan 4,3 mg/Kg. jarak 30 meter sebesar 4,5 mg/Kg; 4,2 mg/Kg; 4,0 mg/Kg; dan 3,7 mg/Kg. Dan di Kecamatan Pujon berturut-turut jarak 10 meter sebesar 2,1 mg/Kg; 1,6 mg/Kg; 1,2 mg/Kg; dan 1 mg/Kg. jarak 20 meter sebesar 1,5 mg/Kg; 1,2 mg/Kg; 1,0 mg/Kg; dan 0,7 mg/Kg. jarak 30 meter sebesar 1,4 mg/Kg; 1,0 mg/Kg; 0,9 mg/Kg; dan 0,4 mg/Kg. Berdasarkan hasil uji statistika *Two Way ANOVA* didapatkan nilai sig < 0.005 dan $F_{hitung} > F_{tabel}$ yang menunjukkan bahwa variasi jarak dan perlakuan sampel berbeda nyata serta berpengaruh secara signifikan terhadap kadar logam timbal (Pb).

ABSTRACT

Meyfian, Yusha Hasna. 2022. **Analysis of Lead (Pb) Levels in Cabbage (*Brassica Oleraceae* L.) from Sentra 2 Kecamatan Malang Regency Using Closed Wet Destruction (Reflux) Method by Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)**. Proposal. Chemistry Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor I: Diana Candra Dewi, M.Sc; Supervisor II: Rif'atul Mahmudah, M.Si.

Key words: *Brassica oleraceae* L, lead, reflux digestion, atomic absorption spectroscopy

Cabbage is a vegetable plant that belongs to the Brassica genus. Cabbage planted on the side of the road can be exposed to motor vehicle exhaust pollution. This research aims to determine lead (Pb) levels in cabbage samples in Ngantang and Pujon Districts using closed wet digestion (reflux) using Atomic Absorption Spectroscopy (SSA) and determine the relationship between Pb metal content in cabbage vegetables around the roadside.

The type of research carried out was experimental laboratory, the sample used was cabbage, sampling was carried out at varying distances, namely 10 meters, 20 meters and 30 meters from the main road in Ngantang District and Pujon District with variations in sample treatment (without washing, washing, soaking, boiling). Pb levels were analyzed using the closed wet digestion (Reflux) method using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) using the best oxidizing agent, namely 11.25 mL concentrated HNO₃ + 3.75 mL concentrated H₂SO₄ (3:1).

The results of the research that has been carried out obtained lead (Pb) levels with variations in planting distance (10, 20, and 30 meters) and sample treatment (without washing, washing, soaking, and boiling) in Ngantang District, respectively 10 meters spacing of 5.7 mg/Kg; 5.1 mg/Kg; 4.7 mg/Kg; and 4.4 mg/Kg. distance of 20 meters of 5.0 mg/Kg; 4.7 mg/Kg; 4.5 mg/Kg; and 4.3 mg/Kg. distance of 30 meters of 4.5 mg/Kg; 4.2 mg/Kg; 4.0 mg/Kg; and 3.7 mg/Kg. And in Pujon District, the distance of 10 meters is 2.1 mg/Kg; 1.6 mg/Kg; 1.2 mg/Kg; and 1mg/Kg. distance of 20 meters by 1.5 mg/Kg; 1.2 mg/Kg; 1.0 mg/Kg; and 0.7 mg/Kg. distance of 30 meters of 1.4 mg/Kg; 1.0 mg/Kg; 0.9 mg/Kg; and 0.4 mg/Kg. Based on the results of the Two Way ANOVA statistical test, sig values <0.005 and Fcount > Ftable indicate that variations in sample spacing and treatment are significantly different and have a significant effect on lead levels (Pb).

ملخص البحث

ميفيان، يوشا حسناء. ٢٠٢٣. تحليل مستويات الرصاص (Pb) في الملفوف (براسيكا أوليراسي L). من منطقة سنتر ٢ الفرعية في مالانج ريجنسي باستخدام طريقة التدمير الرطب المغلقة (الارتجاع) بواسطة التحليل الطيفي للامتصاص الذري (SSA). بحث جامعي. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفة الأولى: ديانا جنديرا ديوي، الماجستير؛ المشرفة الثانية: رفعة المحمودة، الماجستير.

الكلمات المفتاحية: براسيكا أوليراسيا L، الرصاص، الهضم الارتجاعي، التحليل الطيفي للامتصاص الذري

الملفوف هو محصول نباتي ينتمي إلى جنس براسيكا أوليراسي L، والملفوف المزروع على جانب الطريق يسمح بالتعرض لتلوث دخان السيارات. يهدف هذا البحث إلى تحديد مستويات الرصاص (Pb) في عينات الملفوف في مقاطعتي "غنتانج" و "فوجان" مع التدمير الرطب المغلق (الارتجاع) بواسطة التحليل الطيفي للامتصاص الذري (SSA) وتحديد العلاقة بين محتوى معدن الرصاص في خضروات الملفوف حول جانب الطريق.

كان نوع البحث الذي تم إجراؤه مختبراً تجريبياً، وكانت العينة المستخدمة هي الملفوف، وتم أخذ العينات على مسافات متفاوتة، وه ١٠ أمتار و ٢٠ متراً و ٣٠ متراً من الطريق الرئيسي في منطقة نغانتانج ومنطقة بوجون مع اختلافات في معالجة العينات (بدون غسل، غسل، نقع، غلي). تم تحليل مستويات الرصاص باستخدام طريقة الهضم الرطب المغلق (الارتجاع) باستخدام التحليل الطيفي للامتصاص الذري (SSA) باستخدام أفضل عامل مؤكسد، وهو ١١,٢٥ مل حامض النيتريك + ٣,٧ ل حامض الكبريتيك المركز (٣: ١).

حصلت نتائج البحث الذي تم إجراؤه على مستويات معدن الرصاص (Pb) مع اختلافات في مسافة الزراعة (١٠, ٢٠, ٣٠ متراً) ومعالجة العينات (بدون غسل وغسيل ونقع وغليان) في منطقة غانتانج على التوالي مسافة ١٠ أمتار من ٥,٧ ملغم / كغم ؛ ٥,١ ملغم/كغم؛ ٤,٧ ملغم / كغم؛ و ٤,٤ ملغم / كغم مسافة ٢٠ متراً عند ٥,٠ ملغم / كغم ؛ ٤,٧ ملغم / كغم؛ ٤,٥ ملغم/كغم؛ و ٤,٣ ملغم / كغم. مسافة ٣٠ متراً \times ٤,٥ مجم / كجم ؛ ٤,٢ ملغم/كغم؛ ٤,٠ ملغم / كغم ؛ و ٣,٧ ملغم / كغم. وفي منطقة بوجون الفرعية مسافة ١٠ أمتار هي ٢,١ ملغم / كغم ؛ ١,٦ ملغم / كغم ؛ ١,٢ ملغم / كغم ؛ و ١ ملغم / كغم مسافة ٢٠ متراً عند ١,٥ ملغم / كغم ؛ ١,٢ ملغم / كغم ؛ ١,٠ ملغم / كغم ؛ و ٠,٧ ملغم / كغم. مسافة ٣٠ متراً \times ١,٤ مجم / كجم ؛ ١,٠ ملغم / كغم ؛ ٠,٩ ملغم / كغم ؛ و ٠,٤ ملغم/كغم. تأثير التباينات في مسافة زراعة خضر الكرنب ومعاملة العينات في مستويات معدن الرصاص (Pb) استناداً إلى نتائج الاختبار الإحصائي Two Way ANOVA، حيث تم الحصول على قيم $sig < ٠,٠٠٥$ و $F_{count} > F_{table}$ ، مما يدل على أن التباينات في تختلف المسافة ومعالجة العينة معنوياً ولها تأثير كبير على مستويات معدن الرصاص (Pb).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecamatan Ngantang dan Kecamatan Pujon merupakan salah satu dari 33 Kecamatan di Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Kecamatan Ngantang secara geografis terletak pada 112°21'49"-112°22'86"BT dan 7°49'45"-7°56'03" LS dengan ketinggian antara 500-700 m dari permukaan laut dan memiliki iklim yang sejuk dengan suhu 20-27°C, memiliki luas wilayah sebesar 147,70 km², jumlah penduduk sebesar 58,178 jiwa, dan produksi sayuran kubis sebesar 47.333 kw (BPS, 2021). Sedangkan Kecamatan Pujon secara geografis terletak pada posisi 112°26'11"-112°28'29"BT dan 7°52'20"-7°49'37" LS dengan ketinggian berada di sekitar 1200 m di atas permukaan air laut dan memiliki iklim yang sejuk dengan suhu 17-23°C, memiliki luas kawasan sebesar 34,18 km², jumlah penduduk sebesar 68.653 jiwa, dan produksi sayuran kubis sebesar 88.689 kw (BPS, 2021).

Sayuran merupakan sumber pangan yang mengandung banyak vitamin dan mineral yang secara langsung berperan penting dalam meningkatkan kesehatan. Sayuran juga sangat dibutuhkan oleh tubuh untuk pertumbuhan dan untuk memperlancar proses defeksi jika terdapat serat didalamnya seperti sayuran kubis, wortel dan sebagainya. Kubis (*Brassica oleracea* L.) merupakan tanaman sayuran yang termasuk dalam genus Brassica. Kubis banyak dibudidayakan oleh para petani sayuran dan umum dikonsumsi oleh masyarakat luas di Indonesia, terutama ditemui diberbagai rumah makan biasanya disajikan sebagai lalapan. Di Indonesia, kubis umumnya ditanam di daerah pegunungan dengan ketinggian

600-2.500 meter di atas permukaan laut (Suhono, 2010). Penanaman sayuran kubis dipinggir jalan sangat berbahaya untuk di konsumsi karena diduga terakumulasi oleh logam timbal yang berasal dari asap kendaraan bermotor, sehingga dapat mempengaruhi keamanan dan kebersihan sayuran. Allah SWT berfirman dalam surat Al-Maidah ayat 88:

مُؤْمِنُونَ بِهِ أَنْتُمْ أَلَّذِي اللَّهُ وَاتَّقُوا َ طَيِّبًا حَلَالًا اللَّهُ رَزَقَكُمْ مِمَّا كَلُوا

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

Berdasarkan surat Al-Maidah ayat 88 diatas dapat dijelaskan bahwa makanan halal merupakan makanan yang diperbolehkan untuk dikonsumsi dalam syariat islam. Sedangkan makanan baik (*thayyib*) merupakan makanan yang memiliki mutu dan kualitas yang baik, tidak merusak kesehatan pada manusia dan tidak berbahaya apabila dikonsumsi. Penyebab dari makanan berbahaya salah satunya adalah adanya cemaran logam berat timbal (Pb) pada sayuran kubis yang menyebabkan sayuran tersebut tidak baik (*thayyib*) untuk dikonsumsi. Cemaran logam berat timbal (Pb) pada sayuran memiliki ambang batas yang ditetapkan oleh SNI 7387 Tahun 2009. Apabila sayuran kubis tercemar logam berat kurang dari standar maka masih aman untuk dikonsumsi. Namun apabila sudah melebihi standar maka berbahaya bagi tubuh manusia yang menyebabkan timbulnya penyakit hingga kematian karena terjadi penumpukan logam timbal (Pb) dalam tubuh manusia.

Sebagian besar di Kecamatan Ngantang dan Kecamatan Pujon sayuran kubis ditanam dipinggir jalan yang padat oleh kendaraan bermotor sehingga

kemungkinan sayuran kubis terkontaminasi oleh logam berat timbal (Pb) yang disebabkan oleh asap kendaraan bermotor. Banyaknya timbal di udara yang berasal dari asap knalpot kendaraan bermotor membentuk partikulat timbal yang dapat masuk ke permukaan tanah dengan kandungan bahan organik dan kesuburan tanah yang sedikit. Akibatnya, asap kendaraan bermotor diserap oleh tanaman sayuran di dekat jalan raya, yang larut dengan air hujan dan terbawa angin, sehingga menyebabkan debu jatuh ke permukaan daun.

Kandungan logam timbal (Pb) dapat berasal dari tanah sekitar 5-25 mg/kg (Sudarmadji dkk, 2006). Menurut Alloway (1995) logam Pb yang berasal dari pupuk fosfat sebesar 7-225 mg/kg, pupuk kompos sebesar 1,3-2240 mg/kg, pupuk nitrat sebesar 2-27 mg/kg, pupuk kandang sebesar 1,1-27 mg/kg, dan pupuk kapur sebesar 20-1250 mg/kg. Sedangkan logam Pb yang berasal dari pestisida sekitar 0,87 mg/kg-19,37 mg/kg (Karyadi, 2005). Batasan cemaran logam berat timbal (Pb) pada sayuran adalah 0,5 mg/kg, menurut SNI 7387 Tahun 2009.

Logam berat (Pb) pada tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain umur tanaman, morfologi, fisiologi, kandungan Pb tanah, dan unsur lingkungan seperti jumlah tanaman penutup tanah dan jenis tanaman di sekitarnya (Hartini, 2011). Menurut Istiaroh (2014) Daya serap Pb dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal dan internal. Faktor internal yang mempengaruhi kadar Pb dalam daun tanaman yaitu bentuk dan ukuran daun, jumlah klorofil daun. Sedangkan pada faktor eksternal yang berpengaruh yaitu jarak tanaman dengan sumber pencemar, dan faktor lingkungan (kadar Pb di udara, suhu udara, kelembaban udara, dan intensitas cahaya).

Pasaribu, dkk (2017) melakukan penelitian analisis kandungan logam berat Pb pada Kol di Beberapa Kecamatan Kabupaten Karo dengan jarak 5 meter dan 10 meter didapatkan kadar logam Pb sebesar 4,48 ppm dan 3,68 ppm. Menurut Ulfa, dkk (2022) melakukan penelitian pada tanaman kubis yang ditanam di pinggir jalan Desa Pesangrahan Lombok Timur diperoleh konsentrasi logam Pb pada jarak 2 meter sebesar 0,1032 ppm, jarak 5 meter sebesar 0,1652 ppm, dan jarak 8 meter sebesar 0,0207 ppm. Hasil konsentrasi jarak 2 meter lebih kecil daripada jarak 5 meter disebabkan karena disekitar tanaman kubis terdapat pohon-pohon besar yang memungkinkan logam berat timbal yang ada di udara ikut terserap oleh pohon tersebut.

Sayuran yang belum dicuci secara menyeluruh kemungkinan mengandung beberapa bahan kimia seperti logam berat timbal (Pb) yang tidak dapat dihilangkan oleh pencucian. Oleh karena itu, pencucian harus dilakukan di bawah air mengalir. Sedangkan sayuran yang dimasak bertujuan untuk melembutkan teksturnya, membasmi kuman, dan menghilangkan zat yang berpotensi berbahaya. Namun, memasak dapat mengubah nilai gizi dan menghasilkan zat yang bersifat karsinogenik. Akibatnya, suhu memasak perlu dipantau dengan benar, dengan cara menghindari memasak sayuran dengan waktu yang lama dan suhu tinggi (Novary, 1999).

Menurut Pasaribu (2017) melakukan penelitian kandungan logam berat Pb pada kol di beberapa Kecamatan Kabupaten Karo dengan jarak 5 meter dari jalan raya tanpa dilakukan pencucian yaitu 6,19 ppm dan 10 meter yaitu 4,79 ppm. Sedangkan logam Pb tanaman kol dengan dilakukan pencucian pada jarak 5 meter yaitu 4,48 ppm dan pada jarak 10 meter 3,86 ppm. Penelitian tersebut

menunjukkan bahwa tanaman kol tanpa dilakukan pencucian dan dilakukan pencucian hasilnya diatas ambang batas. Penelitian Triani (2012) menunjukkan kadar Pb dan Cd pada sayur kangkung, kadar Pb pada kangkung sebelum perebusan sebesar 1,494 ppm, setelah mengalami perebusan (3, 5, dan 7 menit) sebesar 1,302 ppm, 1,300 ppm, dan 1,287 ppm sedangkan kadar Cd pada kangkung sebelum perebusan sebesar 0,3067 ppm, setelah mengalami perebusan (3, 5, dan 7 menit) sebesar 0,300 ppm, 0,291 ppm, dan 0,280 ppm.

Analisis logam berat timbal pada sayuran kubis diperlukan preparasi sampel menggunakan metode destruksi basah tertutup (refluks). Destruksi merupakan suatu perlakuan untuk melarutkan atau mengubah sampel menjadi bentuk materi yang dapat diukur sehingga kandungan berupa unsur-unsur didalamnya dapat dianalisis. Destruksi basah adalah perombakan sampel dengan asam-asam kuat baik tunggal maupun campuran, kemudian dioksidasi dengan menggunakan zat oksidator (Faqihuddin dan Ubaydillah, 2021). Pemilihan zat pengoksidasi yang terbaik dalam destruksi digunakan untuk menganalisis logam berat timbal (Pb) dan sayuran yang nantinya akan dianalisis. Penambahan zat pengoksidasi ini bertujuan untuk mempercepat proses destruksi. Jika zat pengoksidasi terbaik digunakan, maka kandungan logam berat timbal (Pb) dalam sampel akan maksimal saat dianalisis. Sehingga metode destruksi dan zat pengoksidasi memiliki peran penting, karena keduanya dapat mempengaruhi hasil logam berat pada sampel yang dianalisis (Azizah, 2014).

Kandungan logam berat timbal pada sayuran kubis dapat diukur menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Metode ini digunakan untuk analisis karena dapat menentukan kadar logam berat dalam sampel sayuran secara

kuantitatif dan metode ini sangat sensitif terhadap pengukuran besarnya logam. Kelebihan dari spektroskopi ini yaitu sederhana, mudah, cepat, analisisnya teliti, dan memberikan kadar total logam timbal pada sampel (Khopkar, 1990).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis logam berat beracun timbal (Pb) yang terdapat dalam sayuran khususnya tanaman kubis yang ditanam dipinggir jalan dengan jarak 10 meter lahan 1, 20 meter lahan 2, dan 30 meter lahan 3 dari jalan raya dengan perlakuan pencucian, perebusan dengan suhu 100 °C selama 5 menit dan perendaman dengan suhu 100 °C selama 5 menit untuk memberi informasi preparasi sampel terbaik dalam menentukan kadar logam timbal (Pb) menggunakan metode destruksi basah tertutup (refluks) untuk memperoleh hasil yang efisien dan maksimal menedestruksi zat pengoksidasi HNO₃ pekat 11,25 mL + H₂SO₄ pekat 3,75 mL (3:1) digunakan untuk analisis kadar logam berat timbal (Pb) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA).

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa kadar timbal (Pb) pada sampel kubis (*Brassica Oleraceae* L.) pada Kecamatan Ngantang dan Kecamatan Pujon dengan variasi jarak penanaman dan perlakuan sampel menggunakan metode destruksi basah tertutup (Refluks) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)?
2. Bagaimana pengaruh variasi jarak penanaman dan perlakuan sampel kubis terhadap kadar logam timbal (Pb)?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui kadar timbal (Pb) pada sampel kubis (*Brassica Oleraceae* L.) pada Kecamatan Ngantang dan Kecamatan Pujon dengan variasi jarak penanaman dan perlakuan sampel menggunakan metode destruksi basah tertutup (Refluks) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA).
2. Mengetahui pengaruh variasi jarak penanaman dan perlakuan sampel kubis terhadap kadar logam timbal (Pb).

1.4 Batasan Masalah

1. Sampel yang digunakan untuk menentukan kadar Pb adalah sayuran kubis (*Brassica Oleraceae* L.) dengan variasi jarak pengambilan sampel 10 meter, 20 meter, dan 30 meter dari 3 lahan pertanian.
2. Variasi 4 perlakuan preparasi yaitu tanpa pencucian, peencucian, perendaman, dan perebusan.
3. Penelitian ini menggunakan metode destruksi basah tertutup (refluks) dengan komposisi zat pengoksidasi HNO₃ pekat 11,25 mL + H₂SO₄ pekat 3,75 mL (3:1).
4. Analisis kadar timbal (Pb) menggunakan instrumen Spektroskopi Serapan Atom (SSA).

1.5 Manfaat

1. Memberi informasi preparasi sampel terbaik dalam menentukan kadar logam timbal (Pb) menggunakan metode destruksi basah tertutup (refluks).
2. Menginformasikan kepada warga sekitar tentang kadar logam berat timbal pada kubis yang ditanam di pinggir jalan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kubis

Kubis (*Brassica oleracea* L.) dari famili Brassicaceae merupakan tumbuhan botani bertangkai lunak yang dikenal sejak jaman dahulu (2500-2000 SM) dan merupakan tumbuhan yang dipuja oleh masyarakat Yunani kuno (Aditya, 2009). Kubis (*Brassica oleracea* L.) merupakan tanaman yang tumbuh semusim atau dua musim yang bisa ditanam didataran tinggi maupun dataran rendah. Di Indonesia sayuran kubis adalah salah satu sayuran yang banyak diproduksi oleh masyarakat dikarenakan kandungan gizinya yang cukup tinggi (BPS Indonesia, 2017). Menurut Pracaya (1992) Karakter morfologi sayuran kubis yaitu memiliki bentuk kepala bulat, batangnya terkadang bercabang dengan panjang 1 cm atau lebih, daunnya berwarna hijau dengan lebar mencapai 50 cm berdaging, akarnya serabut dengan pajang 1 cm dari tanaman sebagaimana Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Kubis (*Brassica oleracea* L.) (Pracaya, 1992)

Berikut adalah klasifikasi pada Gambar 2.1 Kubis (*Brassica oleracea* L.):

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Papaverales
Famili	: Cruciferae (Brassicaceae)
Genus	: Brassica
Spesies	: Brassica oleracea L. (Simpson,2006).

Kubis bisa menjadi pilihan makanan yang baik karena memiliki banyak manfaat dan peran penting dalam menyediakan serat dan vitamin dasar, namun rendah kalori yang sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa beberapa jenis kubis ini memiliki sifat anti-kanker (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998). Mineral yang terkandung dalam kubis antara lain adalah kalsium, besi, fosfor, dan sulfat. Adapun serat yang terkandung dalam kubis bunga bermanfaat untuk meningkatkan proses pencernaan makanan di dalam perut dan mempermudah pembuangan kotoran (Cahyono, 2001). Selain itu, kubis juga dimanfaatkan sebagai obat tradisional, rebusan daun kubis dapat mengatasi rasa gatal pada vagina akibat candidiasis, jamur dikulit kepala, tangan, dan kaki (Dalimartha, 2000).

Kandungan kimia pada kubis yaitu air, protein, lemak, karbohidrat, serat, kalsium, fosfor, besi, natrium, kalium, vitamin (A, C, E, tiamin, riboflavin, nicotinamide), kalsium, dan beta karoten. Selain itu, kubis juga mengandung senyawa sianohidroksibutena (CHB), sulforafan, dan iberin yang merangsang pembentukan glutathion (Dalimartha, 2000). Brassica dan banyak genus Brassicaceae mengandung senyawa glukosinolat yang diubah oleh enzim mirosinase menjadi senyawa yang berasa pahit (Vincent, 1998).

2.2 Logam Berat

Logam berat merupakan unsur logam dengan berat molekul yang tinggi. Namun pada kadar yang rendah logam berat sudah beracun bagi tumbuhan, hewan dan manusia (Am.geol, 1976). Logam berat menjadi berbahaya disebabkan proses bioakumulasi. Bioakumulasi berarti peningkatan konsentrasi unsur kimia tersebut dalam tubuh makhluk hidup sesuai piramida makanan. Logam berat dapat terakumulasi melalui rantai makanan, semakin tinggi tingkatan rantai makanan yang ditempati oleh suatu organisme, akumulasi logam berat di dalam tubuhnya juga semakin bertambah. Dengan demikian manusia yang merupakan konsumen puncak, akan mengalami proses bioakumulasi logam berat yang besar di dalam tubuhnya (BLH, 2010).

Logam berat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia. Daya racun pada logam berat akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, maka akan memutus metabolisme tubuh. Logam berat bertindak sebagai alergen, mutagen, atau karsinogen bagi manusia. Logam berat yang masuk ke tubuh dapat masuk melalui kulit, pernafasan, dan pencernaan. Masing-masing logam berat memiliki dampak negatif terhadap manusia, salah satunya yaitu logam berat timbal (Pb) (Ika, 2012). Pencemaran logam timbal dalam tanah dapat diartikan sebagai adanya perubahan lingkungan tanah alami akibat dari masuknya bahan kimia buatan manusia. Rantai makanan bermula dari tumbuhan, manusia dan hewan hidup dari tumbuhan. Pencemaran ini biasanya terjadi karena kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial, penggunaan pestisida, masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub permukaan, zat kimia, atau limbah. Air

limbah dari tempat penimbunan sampah serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah secara tidak memenuhi syarat (Tan, 1995).

Kandungan logam berat didalam tanah secara alamiah sangat rendah, kecuali tanah tersebut sudah tercemar. Kandungan logam dalam tanah sangat berpengaruh terhadap kandungan logam pada tanaman yang tumbuh di atasnya, kecuali terjadi interaksi diantara logam itu sehingga terjadi hambatan penyerapan logam tersebut oleh tanaman. Akumulasi logam dalam tanaman tidak hanya tergantung pada kandungan logam dalam tanah, tetapi juga tergantung pada unsur kimia tanah, jenis logam, pH tanah, dan spesies tanaman (Darmono 1995). Adapun kandungan logam berat dalam tanah pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Kandungan logam berat dalam tanah secara alamiah

Logam	Kandungan (Rata-rata)	Kisaran Non Populasi
As	100	5-3000
Co	8	1-40
Cu	20	2-300
Pb	10	2-200
Zn	50	10-300
Cd	0,06	0,05-0,7
Hg	0,03	0,01-0,3

Sumber: Peterson & Alloway (1979) dalam Darmono (1995).

2.3 Timbal (Pb)

Timbal merupakan logam berat berwarna kelabu kebiruan, logam ini biasanya disebut timah hitam atau plumbum dengan simbol Pb. Pada tabel periodik unsur kimia logam timbal termasuk dalam kelompok logam golongan IV-A dengan nomor atom (NA) 82 dan berat atom (BA) 207,2. sifat fisik logam timbal yaitu memiliki titik leleh 327,5 °C dan titik didih 1740 °C (Palar, 2004).

Timbal dapat digunakan pada pabrik baterai, pabrik pembuatan kaca, pabrik kabel listrik, pabrik cat pewarna karet, pewarna tinta, bahan peledak, bahan pembuatan tekstil, reagensia kimia, dan pewarna rambut (Sudarmaji et al., 2006). Walaupun bersifat lunak dan lentur, timbal sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas, dan air asam. Timbal dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat, dan asam sulfat pekat (Palar, 2004).

Timbal yang mencemari udara terdapat dalam dua bentuk, yaitu berbentuk gas dan partikel-partikel. Gas timbal berasal dari pembakaran aditif bensin dari kendaraan bermotor yang terdiri dari tetraetil-timbal dan tetrametil-timbal. Sedangkan partikel-partikel timbal di udara berasal dari sumber-sumber lain seperti pabrik-pabrik alkil timbal dan timbal-oksida, pembakaran arang, dan sebagainya. Polusi timbal yang terbesar berasal dari pembakaran bensin, dimana dihasilkan berbagai komponen timbal, terutama $PbBrCl$ dan $PbBrCl.2PbO$ (Noviyanti, 2012).

Toksistas timbal disebut keracunan timbal dapat berupa akut atau kronis. Akut dapat menyebabkan hilangnya nafsu makan, sakit kepala, hipertensi, nyeri perut, gangguan fungsi ginjal, kelelahan, sulit tidur, arthritis, halusinasi dan vertigo. Akut terutama terjadi di tempat kerja dan di industri manufaktur yang menggunakan timbal. Paparan kronis timbal dapat menyebabkan keterbelakangan mental, cacat lahir, psikosis, autisme, alergi, disleksia, penurunan berat badan, hiperaktif, kelumpuhan, kelemahan otot, kerusakan otak, kerusakan ginjal dan bahkan dapat menyebabkan kematian (Martin & Griswold, 2009).

2.4 Destruksi Basah Tertutup (Refluks)

Destruksi merupakan suatu perlakuan untuk melarutkan atau mengubah sampel menjadi bentuk materi yang dapat diukur sehingga kandungan berupa unsur-unsur didalamnya dapat dianalisis. Pada dasarnya ada dua jenis destruksi yaitu destruksi basah dan destruksi kering. Kedua destruksi ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Destruksi basah merupakan proses perombakan logam organik dengan menggunakan asam kuat, baik tunggal maupun campuran, setelah itu dioksidasi menggunakan zat oksidator sehingga menghasilkan logam anorganik bebas. Destruksi kering merupakan perombakan organik logam di dalam sampel menjadi logam-logam anorganik dengan jalan pengabuan sampel dalam *muffle furnace* dan memerlukan suhu pemanasan tertentu, dengan mekanisme penguapan pelarut. Pada umumnya dalam destruksi kering ini dibutuhkan suhu pemanasan antara 400-800 °C, tetapi suhu ini sangat tergantung pada jenis sampel yang akan dianalisis. Destruksi pengabuan basah dilakukan dengan cara melarutkan sampel dalam pelarut asam, sedangkan destruksi pengabuan kering dilakukan dengan cara pemanasan sampel pada suhu tinggi sampai diperoleh abu kering, kemudian dilanjutkan pelarutan dengan pelarut asam (Waluyadi, 1999).

Menurut Faqihuddin (2021) Dalam destruksi basah, bahan organik diuraikan dalam larutan asam pengoksidasi pekat dan panas memiliki akurasi, presisi, dan recovery yang lebih baik dibandingkan destruksi kering. Menurut Sumardi (1981) metode destruksi basah lebih baik daripada destruksi kering, hal ini disebabkan suhu pengabuan yang sangat tinggi mengakibatkan tidak banyak bahan yang hilang. Selain itu, cara kerja destruksi basah waktunya sangat efisien daripada

menggunakan destruksi kering membutuhkan waktu yang lama. Pelarut-pelarut yang dapat digunakan untuk destruksi basah yaitu asam nitrat (HNO_3), asam sulfat (H_2SO_4), asam perklorat (HClO_4), dan asam klorida (HCl) (Habibi, 2020).

Metode analisis logam dalam makanan dengan menggunakan refluks dilakukan dengan memasukkan sampel ke dalam labu destruksi yang dilengkapi dengan kondensor pendingin yang dialiri air, sampel didestruksi menggunakan zat pengoksidasi dan dipanaskan pada temperatur 100°C . Kondensor disambungkan kemudian dialiri air mengalir berfungsi sebagai pendingin, sehingga uap yang keluar dari tabung akan kembali mengembun masuk kembali ke dalam tabung. Destruksi dilakukan selama 3 jam, selanjutnya didinginkan dan disaring (Darmono, 1995). Amalia (2020) menganalisis merkuri (Hg) dalam sedimen menggunakan metode destruksi basah dengan variasi suhu 25°C , 60°C , 85°C , dan 100°C . Diperoleh kadar merkuri berturut-turut sebesar $0,0547 \mu\text{g/g}$, $0,0525 \mu\text{g/g}$, $0,11 \mu\text{g/g}$, dan $0,9859 \mu\text{g/g}$. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan suhu refluks akan meningkatkan kadar logam Hg .

2.5 Larutan Pendestruksi

Pemilihan zat pengoksidasi yang terbaik dalam destruksi digunakan untuk logam berat timbal (Pb) maupun dari sayuran yang nantinya akan dianalisis. Penambahan zat pengoksidasi ini bertujuan untuk mempercepat proses destruksi. Jika zat pengoksida terbaik digunakan, maka kandungan logam berat timbal (Pb) dalam sampel akan maksimal saat dianalisis. Sehingga metode destruksi dan zat pengoksidasi memiliki peran penting, karena keduanya dapat mempengaruhi hasil logam berat pada sampel yang dianalisis (Azizah, 2014).

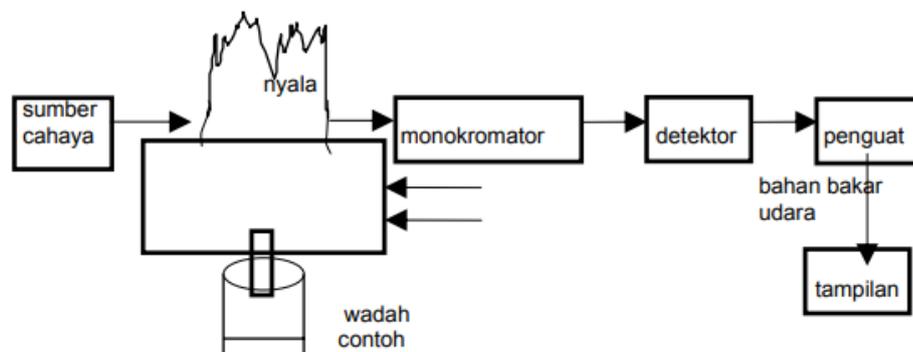
Zahro (2017) melakukan penelitian analisis logam timbal pada rumput bambu dengan variasi zat pengoksidasi HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1), HNO_3 p.a + H_2O_2 p.a (3:1), dan HNO_3 p.a + HCl p.a (3:1) diperoleh kadar logam timbal berturut-turut sebesar 21,150 mg/Kg; 4,800 mg/Kg; dan 3,708 mg/Kg. Sehingga didapatkan komposisi zat pengoksidasi campuran terbaik HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1). Rizqiah (2017) melakukan penelitian analisis timbal dalam daun sirih dengan variasi zat pengoksidasi HNO_3 p.a + H_2SO_4 p.a (3:1), HNO_3 p.a + H_2O_2 p.a (3:1), dan HNO_3 p.a + HCl p.a (3:1) diperoleh kadar logam timbal berturut-turut sebesar 14,116 mg/Kg, 5,575 mg/Kg, dan 4,275 mg/Kg. Sehingga didapatkan zat pengoksidasi terbaik HNO_3 pekat + H_2SO_4 pekat (3:1) dengan kadar logam timbal 14,116 mg/Kg. Campuran zat pengoksidasi HNO_3 pekat + H_2SO_4 pekat bertujuan untuk meningkatkan kekuatan asam, dimana penambahan HNO_3 pekat bertujuan untuk memutuskan ikatan senyawa kompleks dengan logam dan berfungsi sebagai pengoksidasi utama karena dapat melarutkan logam dengan baik. Sedangkan penambahan H_2SO_4 pekat bertujuan untuk memaksimalkan pemutusan logam timbal dari senyawa organik lain yang berada dalam sampel (Hidayat, 2016).

2.6 Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi Serapan Atom (SSA) merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog et. Al., 2000). Prinsip kerja SSA adalah absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom dari sampel akan menyerap sebagian sinar yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Penyerapan

energi oleh atom terjadi pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan energi yang dibutuhkan oleh atom tersebut. Dengan menyerap energi, atom dalam keadaan dasar dapat mengalami eksitasi ke tingkat yang lebih tinggi. Keadaan ini bersifat labil, sehingga atom akan kembali ke tingkat energi dasar sambil mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi (Basset, 1994).

Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari Hukum Lambert dan Hukum Beer. Hukum Lambert, apabila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi dan Hukum Beer adalah Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut (Khopkar, 2010). Alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA) memiliki skema umum pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema umum komponen pada alat SSA (Anshori, 2005)

Bagan-bagan dan fungsinya dari Spektroskopi Serapan Atom (SSA) sebagai berikut (Anshori, 2005):

a. Sumber cahaya

Sumber cahaya yang digunakan dalam alat AAS ialah lampu katoda berongga (*Hollow Cathode Lamp*). Lampu ini terdiri dari suatu katoda dan anoda yang terletak dalam suatu silinder gelas berongga yang terbuat dari kwarsa. Katoda terbuat dari logam yang akan dianalisis. Silinder gelas berisi suatu gas lembam pada tekanan rendah. Ketika diberikan potensial listrik maka muatan positif ion gas akan menumbuk katoda sehingga terjadi pemancaran spektrum garis logam yang bersangkutan.

b. Sumber Atomisasi

Terdapat dua tahap utama yang terjadi dalam sel atom pada alat SSA dengan sistem atomisasi nyala. Pertama, tahap nebulisasi untuk menghasilkan suatu bentuk aerosol yang halus dari larutan. Kedua, disosiasi analit menjadi atom-atom bebas dalam keadaan gas. Berdasarkan sumber panas yang digunakan maka terdapat dua metode atomisasi yang dapat digunakan dalam spektrometri serapan atom yaitu atomisasi menggunakan nyala dan atomisasi tanpa nyala. Pada atomisasi menggunakan nyala, digunakan gas pembakar untuk memperoleh energi kalor sehingga didapatkan atom bebas dalam keadaan gas. Sedangkan pada atomisasi tanpa nyala digunakan energi listrik seperti pada atomisasi tungku grafit (*grafit furnace atomization*).

c. Monokromator

Monokromator berfungsi untuk mengisolasi salah satu garis resonansi radiasi atau resonansi dari sekian banyak spektrum yang dihasilkan oleh lampu pijar *Hollow Cathode*.

d. Detektor

Detektor berfungsi untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik yang memberikan suatu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka.

e. Sistem pengelolah

Sistem pengelolah berfungsi untuk mengelolah kuat arus dari detektor menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam sistem pembaca.

f. Sistem pembaca

Sistem pembaca berfungsi untuk menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat di lihat oleh mata.

Kondisi optimum parameter Spektroskopi Serapan Atom (SSA) yang perlu diperhatikan adalah panjang gelombang, laju alir asetilen, laju alir udara, kuat arus arus lampu katoda cekung (*Hallow Catode Lamp*), lebar celah, dan tinggi pembakaran burner. Perubahan absorpsi yang disebabkan oleh perubahan konsentrasi akan lebih peka terhadap kondisi optimum peralatan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) pada kondisi optimum (Rohman, 2007). Adapun kondisi optimum peralatan Spektroskopi Serapan Atom pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kondisi optimum peralatan SSA logam timbal (Pb) (Rohman, 2007)

Parameter	Satuan	Timbal (Pb)
Panjang Gelombang	λ m	283,3
Laju Alir Asetilen	L/menit	2,0
Laju Alir Udara	L/menit	10,0
Kuat Arus HCl	mA	10,0
Lebar Celah	Nm	0,7
Tinggi Burner	Nm	2,0

Laju alir gas pembakar dan pembawa sangat berpengaruh pada suhu pengatoman, apabila suhu pengatoman pada saat pembakaran berlangsung kurang maka akan dihasilkan pengatoman yang kurang sempurna, apabila gas pembakar berlebih maka atom tereksitasi menjadi bukan atom (Pb^{2+}). Lebar celah semakin sempit maka tingkat kefokusannya semakin baik (cahaya yg ditembakkan ke lampu katoda fokus ke atomnya). Tinggi burner yang digunakan dalam analisis logam timbal dengan AAS sebesar 2,0 Nm bertujuan untuk memperoleh populasi atom terbanyak sehingga pembakaran tepat pada lintasan energi.

Penelitian Rurut (2019) menganalisis konsentrasi timbal pada tanaman kubis (*Brassica Oleraceae* L.) di kota tomohon menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 283,3 nm. Selaras dengan penelitian Kihampa *et al.*, (2011) menganalisis logam berat pada sayuran yang ditanam di sekitar lokasi pembuangan sampah yang tertutup menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 283,3 nm.

2.7 Metode Kurva Standar

Metode kurva standar dilakukan dengan pembuatan sari larutan standar dengan variasi konsentrasi dan absorbansi dari larutan tersebut diukur menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Kemudian antara konsentrasi

(C) dengan absorbansi (A) dibuat grafik, diperoleh garis lurus melewati titik nol dengan slope = $a \cdot b$. Konsentrasi larutan sampel diukur dan diinterpolasi ke dalam kurva standar atau dimasukkan dengan persamaan regresi linier pada kurva standar (Syahputra, 2004).

Metode kurva standar dapat dilakukan dengan pembacaan ulangan untuk sampel selanjutnya (*recall*) terhadap kurva terdahulu sehingga waktu yang digunakan lebih efektif dan efisien. Metode kurva standar bisa digunakan untuk menggantikan metode adisi standar dalam menganalisis timbal (Pb) dalam sampel meskipun secara performa analitik metode adisi standar lebih sensitif dari pada kurva standar. Pada metode adisi standar membutuhkan waktu pengerjaan yang lama, keadaan ini disebabkan ketika akan menganalisis sebuah sampel maka harus membuat kurva terlebih dahulu. Kelebihan dari kurva standar ketika banyak sampel yang akan dianalisis dengan waktu pengerjaannya 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).

2.8 Uji *Two Way* ANOVA

Analisis varians (*analysis of variance*) atau ANOVA adalah metode analisis statistika yang termasuk dalam cabang statistika inferensi Uji dalam anova menggunakan F uji karena dipakai untuk pengujian lebih dari 2 sampel. Anova (*Analisis Of Variances*) digunakan untuk melakukan analisis komparasi multivariabel. Teknik analisis komperatif 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 *Analisis Of Variances* atau anova (Kartikasari, 2016).

Anova dua arah (*Two Way ANOVA*) digunakan apabila yang akan dianalisis terdiri dari satu variabel terikat dalam dua variabel bebas. Analisis menggunakan uji Anova dapat diperoleh kesimpulan:

1. Apabila H_0 ditolak dan $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka faktor tersebut berpengaruh terhadap suatu variabel
2. 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 buku (Kartikasari, 2016).

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketidaktepatan dan ketidakketelitian dalam pengukuran adalah (Kartikasari, 2016):

1. Penimbangan yang tidak benar, demikian juga pemindahan analit dan buku 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.

2.9 Makanan Halal dan Baik dalam Perspektif Islam

Makanan halal merupakan makanan yang dibenarkan oleh agama untuk dikonsumsi. Sedangkan makanan *thayyib* merupakan makanan bergizi yang dapat memberikan manfaat, keadaannya bersih, tidak menjijikkan serta tidak ada larangan dari Al-Quran dan As-Sunnah. Pada umumnya semua tumbuh-tumbuhan adalah halal selagi tidak diniatkan untuk digunakan dalam membuat makanan yang haram dan tidak beracun atau berbahaya. Al Quran dan Hadis dijadikan pedoman oleh umat Islam dalam menentukan sesuatu makanan termasuk halal atau haram. Istilah halal dan haram keduanya berasal dari bahasa Arab, halal yang artinya dibenarkan atau dibolehkan, sedangkan haram berarti tidak dibenarkan atau dilarang. Sebagaimana yang sudah dijelaskan dalam surat Al- Baqarah ayat 168:

مُبِينٌ عَدُوٌّ لَكُمْ إِنَّهُ الشَّيْطَانُ خُطُوتٍ تَتَّبِعُونَ ۖ وَلَا طَيِّبًا حَلَالًا الْأَرْضِ فِي مِمَّا كَلُوا النَّاسُ يَأْتِيهَا

Artinya: “Wahai manusia! Makanlah dari (makanan) yang halal dan baik yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah setan. Sungguh, setan itu musuh yang nyata bagimu.”

Tafsir Ibnu Kathsir menjelaskan bahwa kata *tayyiban* dalam ayat ini berarti makanan dan minuman yang dapat dinikmati, memiliki manfaat dan tidak secara nyata mengandung mudharat baik bagi tubuh maupun akal. Dengan demikian

dapat dipahami, melalui ayat ini Allah mengajarkan bahwa makanan dan minuman yang layak konsumsi tidak cukup halal saja tetapi juga harus bersih, sehat dan tidak berdampak buruk bagi tubuh dan akal, atau sebaliknya mengonsumsi makanan dan minuman karena kenikmatannya saja tanpa mempertimbangkan halal dan haramnya adalah perilaku yang keliru. Memakan makanan yang halal dan baik akan menjadikan terkabulnya doa dan diterima ibadahnya. Kriteria dari makanan *thayyib* yaitu pemberian langsung dari Allah, proposional, sehat, enak bagi orang yang memakannya, bermanfaat, dan tidak mudharat pada diri dan agama (Asy-Syaukani, 2007). Hal tersebut selaras dengan hadist sebagai berikut:

يَقْبَلُ لَا طَيِّبٌ تَعَالَى اللَّهُ إِنَّ: وَسَلَّم عَلَيْهِ اللَّهُ صَلَّى اللَّهُ رَسُولُ قَالَ : قَالَ عَنْهُ اللَّهُ رَضِيَ هُرَيْرَةَ أَبِي عَنْ
الطَّيِّبَاتِ مِنْ كُلِّ الرُّسُلِ أَيُّهَا يَا , : تَعَالَى فَقَالَ الْمُرْسَلِينَ بِهِ أَمَرَ بِمَا الْمُؤْمِنِينَ أَمَرَ اللَّهُ وَإِنَّ طَيِّبًا، إِلَّا
الرَّجُلَ ذَكَرْتُكُمْ - رَزَقْنَاكُمْ مَا طَيِّبَاتٍ مِنْ كُلِّ أُمَّةٍ أَيُّهَا يَا : تَعَالَى وَقَالَ - صَالِحًا وَأَعْمَلُوا
حَرَامًا وَمَلْبَسُهُ رَامٌ وَمَشْرَبُهُ حَرَامٌ وَمَطْعَمُهُ رَبِّ يَا رَبِّ يَا السَّمَاءِ إِلَى يَدَيْهِ يَمُدُّ أَغْبَرَ أَشَعَثَ السَّفَرَ يُطْبِلُ
مسلم رواه. لَهُ يُسْتَجَابُ فَأَنَّى بِالْحَرَامِ وَعُدِّي

Artinya:”Dari Abu Hurairah radhiallahuanhu dia berkata: Rasulullah Shallallahu’alaihi wasallam bersabda: Sesungguhnya Allah ta’ala itu baik, tidak menerima kecuali yang baik. Dan sesungguhnya Allah memerintahkan orang beriman sebagaimana dia memerintahkan para rasul-Nya dengan firmanNya: Wahai Para Rasul makanlah yang baik-baik dan beramal shalihlah. Dan Dia berfirman: Wahai orang-orang yang beriman makanlah yang baik-baik dari apa yang Kami rizkikan kepada kalian. Kemudian beliau menyebutkan ada seseorang melakukan perjalanan jauh dalam keadaan kumal dan berdebu. Dia memanjatkan kedua tangannya ke langit seraya berkata: Yaa Robbku, Ya Robbku, padahal makanannya haram, minumannya haram, pakaiannya haram dan kebutuhannya dipenuhi dari sesuatu yang haram, maka (jika begitu keadaannya) bagaimana doanya akan dikabulkan. (HR. Muslim).

Berdasarkan hadits diatas dijelaskan bahwa makanlah makanan yang halal dan baik. Makanan baik (*thayyib*) mempunyai manfaat terhadap tubuh manusia, seperti halnya sayuran kubis yang memiliki kandungan serat, vitamin dan mineral. Serat bermanfaat untuk meningkatkan proses pencernaan makanan di dalam perut dan mempermudah pembuangan kotoran dan mineral yang terkandung dalam kubis yaitu kalsium, besi, fosfor, dan sulfat. Selain itu tanaman kubis juga dapat dimanfaatkan sebagai obat tradisional. Pada dasarnya sumber makanan yang berasal dari tumbuhan itu halal, namun tidak semua yang halal itu *thayyib*, seperti sayuran kubis yang merupakan sayuran halal, akan tetapi apabila tercemar oleh logam berat timbal (Pb) maka sayuran tersebut tidak baik (*thayyib*) untuk dikonsumsi karena membahayakan tubuh manusia yang mengakibatkan gangguan hipertensi, kerusakan otak, dan hiperaktivitas (Herman, 2006).

Makanan halal dan *thayyib* kini sudah menjadi tuntunan agama yang berkaitan dengan kesehatan tubuh manusia. Sebagaimana yang telah dijelaskan dalam al-quran dan hadits. Untuk menjaga kesehatan jasmani dan rohani diperlukan makanan yang halal dan *thayyib*. Sehingga manusia dapat beribadah dengan sempurna saat kesehatannya sedang di puncak. Jadi makan makanan halal yang seimbang dan bergizi akan membawa berkah dan kebahagiaan di dunia dan akhirat.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Agustus 2023 di Laboratorium Kimia Analitik Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pisau, rafia, kresek merah, spidol, saringan plastik, botol vial, neraca analitik, seperangkat alat gelas, lemari asam, seperangkat alat refluks, kertas saring whatman no. 42, stopwatch, mortar dan alu, kertas label, termometer dan seperangkat alat instrumen Spektroskopi Serapan Atom (SSA) Varian AA 420.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kubis, HNO_3 65% (Merck p.a), H_2SO_4 98% (Merck p.a), larutan standar Pb 1000 ppm dan aquades.

3.3 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang dilaksanakan adalah experimental laboratory, sampel yang digunakan adalah sayuran kubis, pengambilan sampel sayuran kubis sebanyak 6 sampel dengan berbagai jarak dari jalan raya yaitu 10 meter, 20 meter, dan 30 meter dari 3 lahan pertanian setiap Kecamatan Ngantang dan Kecamatan

Pujon. Penelitian ini menggunakan 1 jenis tanaman, 3 jarak dari jalan raya, 4 perlakuan preparasi sampel (tanpa pencucian, pencucian, perendaman, dan perebusan) dan 2 titik sampling. Perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan sehingga jumlah perlakuan sebanyak 72 sampel. Kemudian data dianalisis dengan Metode Uji Varian *Two Way* ANOVA. Kadar Pb dianalisis menggunakan metode destruksi basah tertutup (Refluks) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan menggunakan zat pengoksidasi terbaik yaitu HNO₃ dan H₂SO₄ (3:1).

3.4 Tahapan Kerja

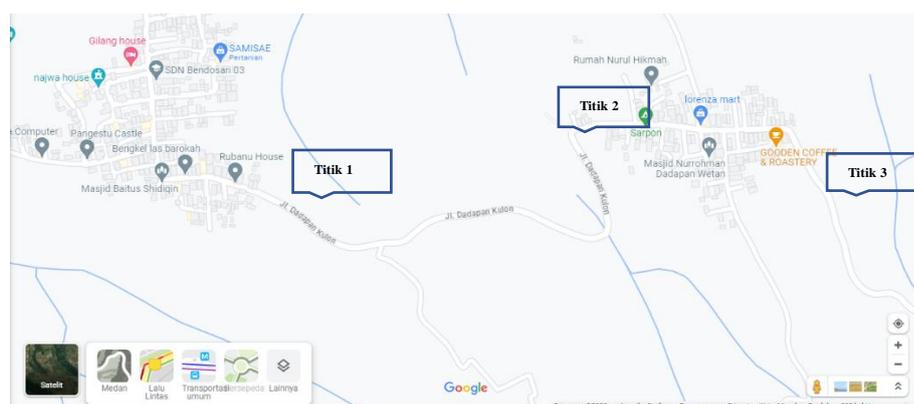
1. Pengambilan Sampel
2. Pengaturan alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA)
3. Pembuatan Kurva Standar timbal (Pb)
4. *Limit of Detection* (LoD)
5. *Limit of Quantitation* (LoQ)
6. Nilai Akurasi
7. Preparasi sampel
8. Penentuan kadar logam timbal (Pb) dalam sampel kubis
9. Analisis Spektroskopi Serapan Atom
10. Analisis *Two Way* ANOVA

3.5 Cara Kerja

3.5.1 Pengambilan Sampel



Gambar 3.1 Denah lokasi pengambilan sampel Kecamatan Ngantang



Gambar 3.2 Denah ilustrasi lokasi pengambilan sampel Kecamatan Pujon

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kubis (*Brassica Oleraceae* L.). Berdasarkan Gambar 3.1 sampel diambil dari sentra Kecamatan Ngantang dan berdasarkan Gambar 3.2 Kecamatan sampel diambil dari sentra Pujon Kabupaten Malang dengan variasi jarak tanaman dari jalan raya 10 meter, 20 meter dan 30 meter dari 3 lahan pertanian. Setiap jarak diambil 1 kubis, sehingga diperoleh 3 kubis setiap lahannya. Bagian luar kubis dibuang dan

diambil bagian kuncupnya dengan berat masing-masing 1,5 Kg. Kubis yang diambil merupakan kubis yang siap panen dan masih segar.

3.5.2 Preparasi Sampel

Satu kubis dipotong menjadi 4 bagian dan untuk menghomogenkan diambil 1 bagian, dipotong kecil-kecil dan dimasukkan kedalam wadah ditutup menggunakan *wrap*, sedangkan 3 bagian disimpan. Maka kubis setiap jarak dari 3 lahan dicampur menjadi satu, sehingga diharapkan dapat mewakili populasi yang lainnya. Kemudian kubis dipreparasi dengan 4 perlakuan yaitu:

1. Perlakuan tanpa pencucian, kubis ditimbang sebanyak 50 gram dan dihaluskan menggunakan mortar dan alu.
2. Perlakuan pencucian, kubis ditimbang sebanyak 50 gram dan dimasukkan kedalam wadah, kemudian dicuci menggunakan aquades sebanyak 100 mL, lalu ditiriskan menggunakan saringan plastik hingga air tidak menetes dan dihaluskan menggunakan mortar dan alu.
3. Perlakuan perendaman, kubis ditimbang sebanyak 50 gram, kemudian dipanaskan aquades sebanyak 100 mL hingga suhu 100 °C menggunakan gelas beaker 250 mL diatas hot plate, setelah mendidih hot plate dimatikan, lalu dimasukkan kubis 50 gram dan direndam selama 5 menit. Selanjutnya ditiriskan menggunakan saringan plastik hingga air tidak menetes dan dihaluskan menggunakan mortar dan alu.
4. Perlakuan perebusan, kubis ditimbang sebanyak 50 gram, kemudian dipanaskan aquades sebanyak 100 mL hingga suhu 100 °C menggunakan gelas beaker 250 mL diatas hotplate, setelah 5 menit dimatikan hot plate.

Lalu dimasukkan 50 gram kubis dan direndam selama 5 menit. Selanjutnya ditiriskan menggunakan saringan plastik hingga air tidak menetes dan dihaluskan menggunakan mortar dan alu.

Sampel ditimbang sebanyak 2 gram setiap perlakuan untuk dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan destruksi basah tertutup (refluks) secara spektroskopi serapan atom dengan panjang gelombang 283,3 nm.

3.5.3 Pengaturan Alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Sederetan larutan standar timbal (Pb) dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) varian spektra AA 240 pada kondisi sebagai berikut: alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) varian spektra AA 240 meliputi: panjang gelombang timbal (Pb) yang digunakan sebesar 283,3 nm, laju alir asetilen 2,0 L/menit, laju alir udara 10,0 L/menit, lebar celah 0,7 nm, kuat arus HCl 10,0 μ A, dan tinggi burner 2,0 mm (Rohman, 2007).

3.5.4 Pembuatan Kurva Standar Timbal (Pb)

Larutan baku standar $(\text{PbNO}_3)_2$ 10 mg/L dibuat dari larutan stok Pb 1000 mg/L dipipet sebanyak 1 mL dan dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL, kemudian ditanda bataskan dengan HNO_3 0,5 M. Larutan standar Pb 0 ppm; 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,8ppm, 1,0 ppm dan 1,2 ppm dibuat dengan cara memipet 0 mL; 1 mL; 2 mL; 4 mL; 5 mL dan 6 mL larutan baku standar 10 mg/L ke dalam labu ukur 50 mL. Kemudian diencerkan dengan HNO_3 0,5 M sampai tanda batas. Selanjutnya dianalisis dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan panjang

gelombang 283,3 nm sehingga diperoleh data absorbansi masing-masing larutan standar (Rohman, 2007).

Data pembuatan kurva standar memiliki hubungan antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A) maka nilai yang dapat diketahui adalah slope dan intersep, kemudian nilai dari konsentrasi timbal Pb dalam sampel dapat diketahui dengan memasukkan ke dalam persamaan regresi linier dengan menggunakan hukum Lambert Beer pada Persamaan 3.1.

$$Y = ax + b \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

Y = Absorbansi sampel

x = Konsentrasi sampel

a = Slope atau kemiringan

b = Intersep atau perpotongan terhadap sumbu y

Sensitivitas diperoleh dari nilai absorbansi yang didapatkan dari hasil pengukuran yang diinterpretasikan dalam persamaan kurva standar dengan y= nilai absorbansi, a= slope, dan b= intersep.

3.5.5 *Limit of Detection (LoD)*

LoD ditentukan untuk mengetahui jumlah analit atau sampel terkecil dalam sampel yang masih memberikan respon signifikan terhadap metode. Batas deteksi merupakan kadar analit yang memberikan respon sebesar tiga kali simpangan baku pengukuran blanko (Harmono, 2020). Perhitungan untuk menentukan nilai LoD menggunakan rumus pada Persamaan 3.2.

$$LoD = \frac{3 \times SD_{x/y}}{a} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana:

SD = Standar Deviasi nilai absorbansi hasil pengukuran

a = *Slope*

3.5.6 *Limit of Quantitation (LoQ)*

LoQ ditentukan untuk mengetahui kadar terkecil atau konsentrasi terkecil analit dalam sampel yang masih dapat dikuantifikasi untuk penentuan akurasi dan presisi. Metode yang sering digunakan adalah menentukan kadar sampel yang menghasilkan rasio signal-to-noise 3:1 untuk LOD dan 10:1 untuk LOQ (Ahuja dan Dong, 2005). Perhitungan untuk menentukan nilai LoD menggunakan rumus pada Persamaan 3.3.

$$\text{LOQ} = \frac{10 \times \text{SD}_{x/y}}{a} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

SD = deviasi standar nilai absorbansi hasil pengukuran
a = *Slope*

3.5.7 Nilai Akurasi

Akurasi merupakan ukuran yang menunjukkan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya yang diterima. Akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*recovery*). Akurasi metode masih dinilai baik jika persentase perolehan kembalinya masih memenuhi rentang yang dipersyaratkan (Ratnawati, 2019). Perhitungan untuk menentukan nilai akurasi menggunakan rumus pada Persamaan 3.4.

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{hasil analisis}}{\text{nilai sebenarnya}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

3.5.8 Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) pada Sampel Kubis

Penelitian dengan metode destruksi basah tertutup (*Refluks*) diambil sebanyak 2 gram sampel kubis dalam labu alas bulat dan ditambahkan zat pengoksidasi terbaik HNO₃ pekat 11,25 mL + H₂SO₄ pekat 3,75 mL (3:1).

Kemudian kondensor refluks dipasang dan dipanaskan pada suhu 100°C selama 3 jam hingga larutan berwarna bening. Setelah itu, didinginkan pada suhu kamar. Hasil destruksi menggunakan refluks yang sudah dingin disaring menggunakan kertas saring whatman No. 42. Kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 20 mL dan diencerkan dengan menggunakan HNO₃ 0,5 M hingga tanda batas. Selanjutnya dilakukan uji kadar timbal (Pb) dengan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 283,3 nm. Dilakukan tiga kali pengulangan yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Perhitungan untuk menentukan kadar sebenarnya dalam sampel kubis dengan menggunakan rumus umum pada Persamaan 3.5.

$$\text{Kadar logam (Pb) (mg/Kg)} = \frac{bxV}{W} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana:

b = Konsentrasi yang terbaca instrumen (mg/L)

V = Volume larutan (L)

W = Berat sampel (Kg)

Tabel 3.1 Hasil analisis kadar logam timbal (Pb) pada sayur kubis dari sentra Kecamatan Ngantang

Jarak sampel	Ulangan	Kadar logam Pb (ppm)		
		Tanpa Pencucian	Pencucian	Perendaman Perebusan
10 meter	I			
	II			
	III			
20 meter	I			
	II			
	III			
30 meter	I			
	II			
	III			

Tabel 3.2 Hasil analisis kadar logam timbal (Pb) pada sayur kubis dari sentra Kecamatan Pujon

Jarak sampel	Pengulangan	Kadar logam Pb (ppm)		
		Tanpa Pencucian	Pencucian	Perendaman Perebusan
10 meter	I			
	II			
	III			
20 meter	I			
	II			
	III			
30 meter	I			
	II			
	III			

3.5.9 Analisis *Two Way* ANOVA

Analisis data dilakukan dengan menggunakan *two way* ANOVA yang bertujuan untuk mengetahui apakah dengan menggunakan variasi jarak penanaman dengan perlakuan sampel memiliki pengaruh dalam pembacaan konsentrasi logam timbal dalam tanaman kubis dengan kesimpulan sebagai berikut:

1. H_0 ditolak apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan nilai $sig < \alpha = 0,05$ maka ada pengaruh variasi jarak penanaman dengan perlakuan sampel terhadap logam timbal dalam tanaman kubis.
2. H_0 diterima apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$ dan nilai $sig > \alpha = 0,05$ maka tidak ada pengaruh variasi jarak penanaman dengan perlakuan sampel terhadap logam timbal dalam tanaman kubis.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Analisis Logam Timbal (Pb) pada Sayuran Kubis (*Brassica Oleraceae* L.) dari Sentra 2 Kecamatan Kabupaten Malang dengan Metode Destruksi Basah Tertutup (Refluks) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)”. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kadar logam Pb pada sayuran kubis yang ditanam dipinggir jalan raya di Kecamatan Ngantang dan Pujon. Adapun tahapan-tahapan pada penelitian ini yaitu pemilihan dan pengambilan sampel kubis, preparasi sampel, pengaturan alat SSA, pembuatan larutan standar timbal (Pb), dan penentuan kadar logam timbal (Pb) dengan variasi jarak tanam dari jalan raya serta variasi perlakuan sampel, dan analisis data hasil penelitian.

4.1 Pengambilan Sampel Kubis Segar di Kecamatan Ngantang dan Pujon

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode purposive. Metode Purposive merupakan metode pengambilan sampel dengan cara melihat kondisi atau keadaan dari daerah penelitian. Sampel yang digunakan dalam penelitian yaitu tanaman kubis segar yang diambil dari 3 lahan yang berbeda setiap Kecamatan Ngantang dan Kecamatan Pujon.

Pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari dalam satu waktu. Pemilihan sampel di Kecamatan Ngantang dan Pujon berdasarkan sumber pencemaran. Pengambilan Sampel di Kecamatan Ngantang diambil dari 3 lahan pertanian yang terletak di pinggir jalan raya, begitupun di Kecamatan Pujon. Akan tetapi, dari

kedua Kecamatan tersebut memiliki beberapa perbedaan pencemaran. Dimana 3 lahan pada Kecamatan Ngantang berbebeda jarak ± 2 km setiap lahannya dan terletak lebih dekat dengan jalan raya utama. Sedangkan 3 lahan pada Kecamatan Pujon berbebeda jarak 2 km setiap lahannya dan 1 lahan terletak di dekata jalan utama sedangkan 2 lahannya terletak jauh dari jalan utama.

Proses pengambilan sampel sayuran kubis pada tiap lahannya diambil jarak 10 meter, 20 meter, dan 30 meter. Setiap jarak diambil 1 kubis. Sehingga setiap lahan terdapat 3 kubis dan setiap Kecamatan diperoleh 9 kubis dengan berat masing-masing kubis 1,5 Kg. Peralatan yang digunakan untuk pengambilan sampel sayuran kubis adalah pisau, kresek, dan spidol. Pisau digunakan untuk mengambil sampel, sehingga lebih mudah dalam pengambilannya. Kresek digunakan untuk wadah sampel sayuran kubis segar. Spidol digunakan untuk menandai kubis dari setiap lahan, jarak dan lokasi.

4.2 Preparasi Sampel

Tiga lahan dari setiap Kecamatan diperoleh 9 sayuran kubis. Kemudian bagian kubis yang diambil adalah kuncupnya dengan berat 1,5 Kg dan dipotong menjadi 4 bagian. Diambil 1 bagian kubis, dipotong kecil-kecil dan dimasukkan kedalam wadah, lalu ditutup menggunakan *wrap*, sedangkan 3 bagian disimpan. Selanjutnya, kubis tiap jarak dari 3 lahan dicampur menjadi satu. Pencampuran bertujuan agar kubis yang diambil benar-benar dapat mewakili populasi lainnya.

Preparasi sampel sayuran kubis diawali dengan penimbangan sampel sebanyak 50 gram. Kemudian dilakukan dengan 4 variasi perlakuan yaitu tanpa pencucian, pencucian, perendaman, dan perebusan. Adapun perbedaan dari keempat perlakuan tersebut yaitu pertama proses tanpa pencucian maka tidak ada perlakuan dalam sampel. Kedua proses pencucian bertujuan untuk menghilangkan kotoran, residu, pestisida dan partikulat logam yang menempel pada kubis, Ketiga proses perendaman bertujuan untuk meminimalisir logam timbal pada kubis yang telah berdifusi (berpindahannya suatu zat dalam pelarut dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah) melalui perendaman aquades panas. Keempat proses perebusan terjadi peningkatan energi akibat proses pemanasan aquades pada suhu cukup tinggi sehingga dapat mempercepat proses difusi, akibatnya logam timbal pada kubis yang telah berdifusi melalui perebusan aquades akan mengalami penurunan kadar logam timbal.

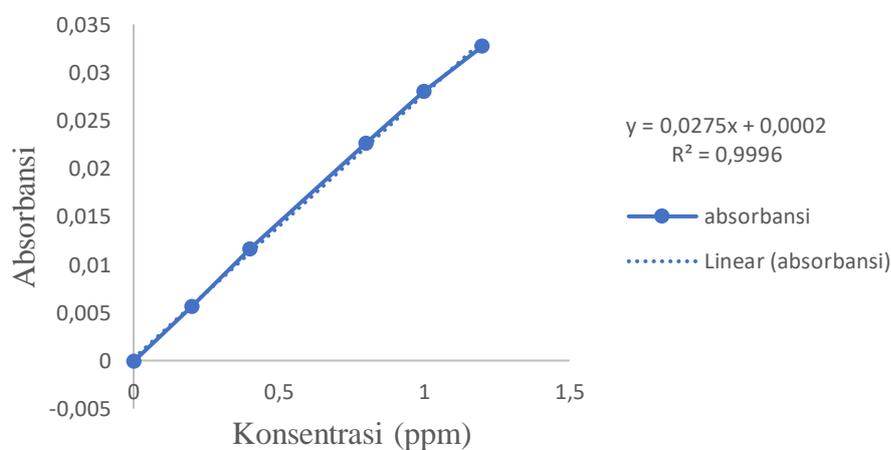
Setelah itu, ditiriskan menggunakan saringan plastik untuk mengurangi air. Dan dihaluskan menggunakan mortar dan alu bertujuan untuk memperluas permukaan sampel dan agar sampel mudah terdestruksi. Selanjutnya sampel ditimbang sebanyak 2 gram setiap perlakuan untuk dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan destruksi basah tertutup (refluks) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 283,3 nm.

4.3 Pembuatan Kurva Standar Timbal (Pb)

Pembuatan larutan standar dilakukan dengan cara dipipet 1 mL larutan stok 1000 ppm kedalam labu ukur 100 mL dan ditanda bataskan menggunakan HNO_3

0,5 M. Sehingga diperoleh larutan timbal dengan konsentrasi 10 ppm. Setelah itu dibuat larutan standar timbal (Pb) 0 ppm, 0,2 ppm, 0,4 ppm, 0,8 ppm, 1,0 ppm dan 1,2 ppm dengan cara memipet larutan stok Pb 10 ppm sebanyak 0 mL, 1 mL, 2 mL, 4 mL, 5 mL dan 6 mL (Rohman, 2007). Pembuatan larutan dengan konsentrasi tersebut bertujuan sebagai *range* pembacaan kadar logam timbal yang akan dianalisis menggunakan instrumen Spektroskopi Serapan Atom (SSA) karena diasumsikan kadar yang terbaca pada instrumen berada diantara 0 ppm - 1,2 ppm

Larutan standar yang telah dibuat lalu dianalisis menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) untuk mengukur absorbasinya. Instrumen yang digunakan adalah Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan tipe AA240 varian Australia dengan panjang gelombang 283,3 nm. Data yang diperoleh yaitu larutan yang telah diketahui konsentrasinya dan absorbansi, dimana konsentrasi terletak pada sumbu x dan absorbansi terletak pada sumbu y yang akan menghasilkan persamaan regresi linier $y = ax \pm b$. Sehingga dapat diperoleh persamaan regresi linear pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kurva standar logam timbal (Pb)

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa grafik yang diperoleh linier, dimana sumbu x berbanding lurus dengan sumbu y sehingga diperoleh persamaan regresi $y = 0,0275x + 0,0002$. Dimana a adalah slop, b adalah intersept, y adalah absorbansi, dan x adalah konsentrasi. Uji linieritas telah memenuhi syarat yang dapat dibuktikan dengan nilai koefisien korelasi (r) R^2 sebesar 0,9996. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran kemampuan hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi mendekati 1 yang didasarkan dengan hukum Lamber-Beer dengan nilai $R^2 > 0,99$, kondisi alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dalam kondisi baik dan korelasi antar keduanya sudah layak digunakan untuk analisis.

4.3.1 Batas Deteksi (LoD)

Limit of Detection merupakan konsentrasi terendah dalam sampel yang masih dapat dideteksi, namun tidak harus dikuantifikasi dan memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blanko (Ratnawati, 2019). Penetapan nilai LOD dilakukan dengan cara pembuatan larutan standar dengan konsentrasi 0 ppm, 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,8 ppm; 1,0 ppm; 1,2 ppm. Berdasarkan hasil pengukuran LOD didapatkan nilai sebesar 0,0425 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa metode ini mampu mendeteksi konsentrasi logam timbal (Pb) sebesar 0,042 mg/L. Apabila konsentrasi sampel berada dibawah 0,0425 mg/L, maka sinyal yang ditangkap oleh alat AAS berasal dari pengganggu (noise) dan tidak dipercaya sebagai analit.

4.3.2 Batas Kuantitasi (LoQ)

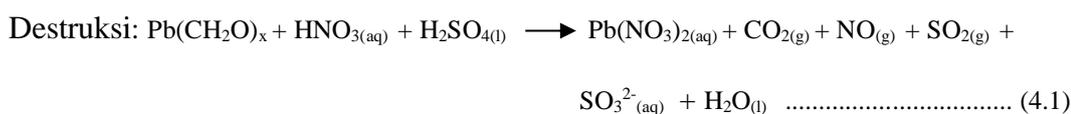
Limit of Quantitation merupakan konsentrasi analit terendah dalam sampel yang dapat ditentukan dengan presisi dan akurasi (Ratnawati, 2019). Penetapan nilai LoQ dilakukan dengan cara pembuatan larutan standar dengan konsentrasi 0 ppm, 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,8 ppm; 1,0 ppm; 1,2 ppm. Berdasarkan hasil pengukuran LoQ didapatkan nilai sebesar 0,1417 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi logam timbal (Pb) yang masih bisa dikuantifikasi secara presisi adalah diatas 0,1417 mg/L. Dari hasil perhitungan nilai LoQ dapat dikatakan baik karena hasil analisis sampel memiliki konsentrasi berada diatas nilai LoQ, sehingga dapat diterima dalam akurasi dan presisi.

4.3.3 Nilai Akurasi

Penentuan nilai akurasi bertujuan untuk mengetahui keakuratan metode yang digunakan dalam analisis. Syarat nilai akurasi yang baik untuk sampel berada dalam range 97%-103% (Asmorowati, 2020). Nilai akurasi dinyatakan dalam % recovery dari kurva standar dengan konsentrasi 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,8 ppm; 1,0 ppm; dan 1,2 ppm berturut-turut yaitu 98,15%; 99,625%; 101,8125%; 101,09%; dan 98,483%. Nilai %recovery tersebut telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan sehingga menunjukkan bahwa metode yang digunakan telah terakurasi dengan baik.

4.4 Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dalam sampel Kubis dengan Variasi jarak Tanaman dari Jalan Raya dan Variasi Perlakuan Sampel

Penentuan kadar logam timbal di Kecamatan Ngantang dan Pujon dengan variasi jarak penanaman yaitu 10 meter, 20 meter, dan 30 meter dengan variasi perlakuan sampel yaitu tanpa pencucian, pencucian, perendaman, dan perebusan. Kubis yang diambil adalah bagian kuncupnya. Kemudian sampel dihaluskan menggunakan mortar dan alu, lalu ditimbang sebanyak 2 gram dan dilakukan destruksi menggunakan refluks dengan zat pengoksidasi HNO₃ 11,25 mL dan H₂SO₄ 3,75 mL (3:1). Berikut reaksi yang terjadi antara sampel dengan zat pengoksidasi (HNO₃ dan H₂SO₄):



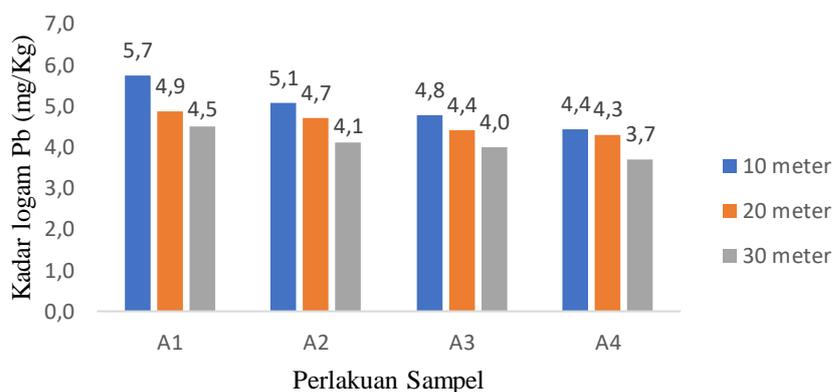
Persamaan 4.1 merupakan reaksi destruksi, dapat dilihat bahwa (CH₂O)_x dianggap sebagai senyawa organik dalam sampel kubis yang akan didekomposisi oleh HNO₃ menghasilkan gas CO₂ dan NO yang ditandai dengan gas berwarna kecoklatan saat proses pemanasan. Proses dekomposisi ini yang menyebabkan terputusnya ikatan logam timbal dari senyawa organik dalam sampel, selanjutnya diubah menjadi Pb(NO₃)₂ atau disebut dengan garam yang mudah larut dalam air. Penambahan HNO₃ bertujuan untuk memutuskan ikatan senyawa organik dengan logam dan berfungsi sebagai pengoksidasi utama karena dapat melarutkan logam

dengan baik. Sedangkan penambahan H_2SO_4 berfungsi sebagai oksidator yang baik pada suhu tinggi, sehingga dapat memaksimalkan proses destruksi dan meminimalisir kehilangan pelarut pada saat proses pemanasan berlangsung.

Proses destruksi basah tertutup menggunakan refluks dengan suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ dilakukan selama 3 jam, dengan penambahan zat pengoksidasi HNO_3 pekat dan H_2SO_4 pekat, dimana titik didih dari zat pengoksidasi HNO_3 sebesar $121\text{ }^\circ\text{C}$ dan H_2SO_4 sebesar $337\text{ }^\circ\text{C}$, kedua zat pengoksidasi tersebut masih berada diatas suhu refluks sehingga tidak terlalu banyak terjadi penguapan pada saat proses destruksi berlangsung dan logam timbal memiliki titik didih sebesar $1740\text{ }^\circ\text{C}$ sehingga memungkinkan bahwa logam timbal masih ada dalam sampel. Proses destruksi dihentikan ketika telah mencapai 3 jam dan larutan berubah menjadi bening kekuningan menandakan bahwa ikatan logam telah terputus dari senyawa organik. Setelah itu, larutan didiamkan pada suhu kamar dan disaring menggunakan kertas whatman No. 42 bertujuan agar tidak ada pengotor yang tertinggal dalam sampel sehingga mengakibatkan pembacaan instrumen kurang optimal dan menyumbat pipa kapiler. Selanjutnya diencerkan menggunakan HNO_3 0,5 M ke dalam labu ukur 20 mL hingga tanda batas dan dihomogenkan. Larutan hasil destruksi dianalisis menggunakan AAS dengan panjang gelombang 283,3 nm. Penggunaan panjang gelombang 283,3 nm karena rasio signal-to-noise yang lebih baik dan interferensi yang lebih rendah dibandingkan pada panjang gelombang lainnya (Yuksel *et al.*, 2017).

Persamaan 4.2 menunjukkan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})}$ masuk dalam nebulizer akan dikabutkan menjadi partikel butiran halus sehingga menjadi $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(\text{s})}$. Persamaan 4.3 menunjukkan analit akan dibawa naik ke burner, dimana

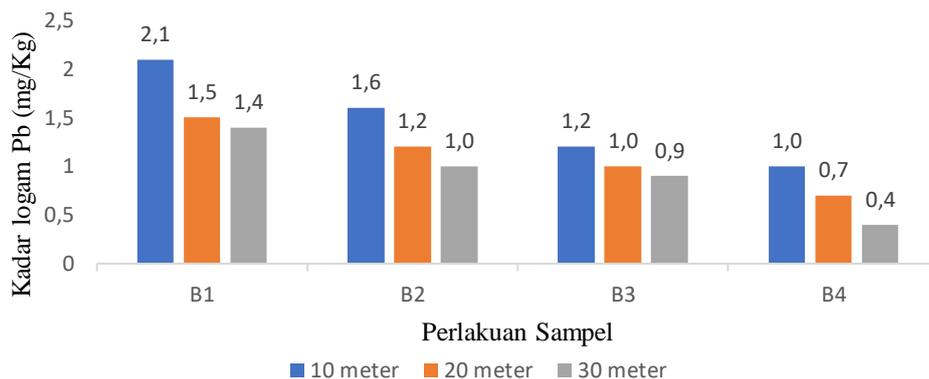
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{s})$ terurai menjadi $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{NO}_3^-(\text{g})$. Ketika tepat pada burner terjadi atomisasi yaitu tempat terjadinya pembentukan atom. Dimana Pb^{2+} akan melepaskan muatannya menjadi atom Pb sebagaimana Persamaan 4.4. Kemudian monokromator akan mengisolasi sinar radiasi dari analit dan memisahkannya dari sinar lain yang berasal dari nyala. Lalu masuk kedalam detektor tempat diterimanya radiasi elektromagnetik dan mengubahnya dalam bentuk energi listrik (data absorbansi), kemudian absorbansi masuk dalam recorder direkam oleh komputer sehingga terbaca data absorbansi sampel. Adapun kadar logam timbal (Pb) dalam kubis ditunjukkan Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Diagram batang kadar logam Pb berdasarkan variasi jarak tanam dan perlakuan sampel kubis di Kecamatan Ngantang

Keterangan:

- A₁ : Tanpa Pencucian
- A₂ : Pencucian
- A₃ : Perendaman
- A₄ : Perebusan



Gambar 4.3 Diagram batang kadar logam Pb berdasarkan variasi jarak tanam dan perlakuan sampel kubis di Kecamatan Pujon

Keterangan:

- B₁ : Tanpa Pencucian
 B₂ : Pencucian
 B₃ : Perendaman
 B₄ : Perebusan

Tabel 4.1 Hasil analisis kadar logam timbal (Pb) pada kubis dari sentra Kecamatan Ngantang

Jarak	Rata-rata (mg/Kg) ± SD			
	Tanpa Pencucian	Pencucian	Perendaman	Perebusan
10 meter	5,7 ± 0,23 ^{A,a}	5,1 ± 0,15 ^{A,b}	4,7 ± 0,11 ^{A,c}	4,4 ± 0,05 ^{A,d}
20 meter	5,0 ± 0,15 ^{B,a}	4,7 ± 0,05 ^{B,b}	4,5 ± 0,05 ^{B,c}	4,3 ± 0,1 ^{B,d}
30 meter	4,5 ± 0,1 ^{C,a}	4,2 ± 0,1 ^{C,b}	4,0 ± 0,05 ^{C,c}	3,7 ± 5,44 ^{C,d}

Notasi subset yang berbeda (A, B, C) untuk jarak tanam dan (a, b, c, d) untuk perlakuan sampel dan pada tiap garis mempunyai perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Tabel 4.2 Hasil analisis kadar logam timbal (Pb) pada kubis dari sentra Kecamatan Pujon

Jarak	Rata-rata (mg/Kg) ± SD			
	Tanpa Pencucian	Pencucian	Perendaman	Perebusan
10 meter	2,1 ± 0,05 ^{A,a}	1,5 ± 0,15 ^{A,b}	1,2 ± 0,0 ^{A,c}	1,0 ± 0,11 ^{A,d}
20 meter	1,5 ± 0,1 ^{B,a}	1,2 ± 0,0 ^{B,b}	1,0 ± 0,05 ^{B,c}	0,7 ± 0,10 ^{B,d}
30 meter	1,4 ± 2,71 ^{C,a}	1,0 ± 0,05 ^{C,b}	0,9 ± 0,05 ^{C,c}	0,4 ± 0,05 ^{C,d}

Notasi subset yang berbeda (A, B, C) untuk jarak tanam dan (a, b, c, d) untuk perlakuan sampel dan pada tiap garis mempunyai perbedaan yang nyata ($P < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 secara uji statistika *Two Way* ANOVA dapat diketahui bahwa variasi perlakuan dan jarak memiliki nilai $sig < 0,05$, hal ini menunjukkan variasi jarak dan perlakuan sampel memiliki perbedaan yang nyata terhadap hasil kadar logam timbal (Pb) pada kubis. Misal, pada variasi jarak diberi notasi subset huruf kapital yang berbeda (A, B, C) dan cara membacanya ke arah bawah. Sedangkan pada variasi perlakuan diberi notasi huruf kecil yang berbeda (a, b, c, d) dan cara membacanya kesamping. Perbedaan notasi tersebut menandakan bahwa variasi jarak dan perlakuan berbeda nyata terhadap kadar logam timbal (Pb).

Gambar 4.2 menunjukkan rata-rata kadar logam timbal pada sayuran kubis di Kecamatan Ngantang dengan variasi jarak 10 meter, 20 meter, dan 30 meter serta variasi perlakuan tanpa pencucian, pencucian, perendaman, dan perebusan berturut-turut yaitu pada jarak 10 meter sebesar 5,7 mg/Kg; 5,1 mg/Kg; 4,7 mg/Kg; dan 4,4 mg/Kg. Jarak 20 meter sebesar 5,0 mg/Kg; 4,7 mg/Kg; 4,5 mg/Kg; dan 4,3 mg/Kg. Jarak 30 meter sebesar 4,5 mg/Kg; 4,2 mg/Kg; 4,0 mg/Kg; dan 3,7 mg/Kg.

Gambar 4.3 menunjukkan rata-rata kadar logam timbal pada sayuran kubis di Kecamatan Pujon dengan variasi jarak 10 meter, 20 meter, dan 30 meter serta variasi perlakuan tanpa pencucian, pencucian, perendaman, dan perebusan berturut-turut yaitu pada jarak 10 meter sebesar 2,1 mg/Kg; 1,6 mg/Kg; 1,2 mg/Kg; dan 1 mg/Kg. Jarak 20 meter sebesar 1,5 mg/Kg; 1,2 mg/Kg; 1,0 mg/Kg; dan 0,7 mg/Kg. Jarak 30 meter sebesar 1,4 mg/Kg; 1,0 mg/Kg; 0,9 mg/Kg; dan 0,4 mg/Kg. Kadar logam Pb yang diperoleh sebagian besar melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh SNI 7387 Tahun 2009 yaitu batasan cemaran

logam berat timbal (Pb) pada sayuran adalah 0,5 mg/kg. Namun terdapat satu sampel memiliki kadar logam Pb dibawah ambang batas yaitu pada Kecamatan Pujon jarak 30 meter dengan perlakuan perebusan sebesar 0,4 mg/Kg.

Berdasarkan lokasi pengambilan sampel dapat diketahui bahwa Kecamatan Ngantang memiliki kadar logam timbal lebih tinggi dibandingkan dengan Kecamatan Pujon. Hal ini dapat terjadi karena pengambilan sampel di Kecamatan Ngantang terletak di lahan pinggir jalan dekat dengan jalan utama (jalan raya) sehingga banyak aktivitas kendaraan bermotor dan aktivitas penduduk, sedangkan pada Kecamatan Pujon pengambilan sampel terletak di lahan pinggir jalan agak jauh dari jalan utama (jalan raya) sehingga aktivitas kendaraan bermotor dan penduduk tidak terlalu tinggi. Kadar logam timbal pada kota yang padat lalu lintasnya bisa mencapai 5-50 kali dibandingkan di pegunungan (Sunu, 2001). Menurut Siregar (2005) faktor lain yang mempengaruhi konsentrasi timbal di udara yaitu (1) waktu, temperatur, kecepatan dari emisi, ukuran, bentuk dan kepadatan timbal, (2) parameter meteorologi seperti kecepatan angin, derajat turbulensi dan kelembapan, dan (3) jarak pengambilan sampel dari sumber pencemar, topografi lokasi.

Berdasarkan jarak penanaman dapat diketahui bahawa semakin jauh jarak penanaman dari jalan raya, maka kadar logam Pb akan semakin kecil. Kadar logam pb pada jarak 10 meter lebih tinggi daripada jarak 20 meter lebih tinggi daripada jarak 30 meter. Hal ini disebabkan karena jarak 10 meter merupakan jarak yang dekat dengan jalan raya sehingga pencemaran logam Pb akan semakin tinggi. Selaras dengan penelitian Sanra, dkk (2015) bahwa semakin dekat jarak sampel dengan sumber pencemar, maka akan semakin tinggi kadar cemaran

timbangan pada sampel. Dan sebaliknya, semakin jauh jarak sampel dari sumber pencemar, maka akan semakin rendah kadar cemaran timbal pada sampel.

Pencemaran tersebut sebagian besar berasal dari gas kendaraan bermotor berupa gas hasil sisa pembakaran dan partikel logam, akibatnya tanaman yang ditanam dekat jalan raya mudah terpapar oleh logam timbal. Meningkatnya aktivitas kendaraan bermotor menyebabkan kandungan logam Pb di udara meningkat. Partikel Pb yang dikeluarkan dari asap kendaraan bermotor dihasilkan dari pembakaran bahan aditif yang digunakan dalam campuran bensin yang terdiri dari *Tetra Ethyl Lead* $/(C_2H_5)_4 Pb$ (TEL) dan *Tetra Methyl Lead* $/(CH_3)_4 Pb$ (TML) yang berfungsi untuk meningkatkan bilangan oktan bahan bakar (Sudarmaji, 2006). Menurut Astawa (2009) dalam Agustin (2014) Faktor pencemaran logam berat berasal dari udara dan air yang dapat mencemari tanah, kemudian tanaman yang tumbuh di atas tanah yang tercemar akan menyerap pada semua bagian akar, batang, dan daun tanaman. Sumber pencemaran logam timbal pada tanah pertanian berasal dari jumlah logam yang ada pada batuan, pupuk yang digunakan, dan beberapa kegiatan industri dan transportasi.

Berdasarkan perlakuan sampel (tanpa pencucian, pencucian, perendaman, perebusan) dapat diketahui bahwa kadar logam timbal (Pb) pada sayuran kubis secara berturut-turut mengalami penurunan. Perlakuan tanpa pencucian dijadikan sebagai kontrol sehingga memiliki kadar logam timbal paling tinggi. Sedangkan perlakuan pencucian mengalami penurunan logam timbal dikarenakan dengan proses pencucian dapat mengurangi cemaran logam timbal yang menempel pada permukaan sayuran. Penelitian Pasaribu (2017) menyatakan bahwa proses pencucian sayuran dapat menurunkan kadar logam timbal (Pb), sehingga logam

Pb pada permukaan sayuran akan terlepas. Sedangkan perlakuan perendaman dengan aquades mendidih suhu ± 100 °C selama 5 menit memiliki kadar logam timbal lebih rendah dari perlakuan pencucian, hal ini disebabkan karena pada proses perendaman pada suhu tersebut dapat menguraikan logam yang ada pada sayuran bersamaan uap air atau kemungkinan juga dapat larut dalam aquades. Sedangkan perlakuan perebusan sayuran dengan aquades mendidih suhu ± 100 °C memiliki kadar logam timbal paling rendah, hal ini disebabkan oleh rusaknya membran plasma dan membran organel pada kubis akibat pemanasan pada saat perebusan sehingga memudahkan senyawa logam yang terakumulasi didalamnya terurai dari jaringan tumbuhan (Kustina, 2006). Hal ini diperkuat oleh Winarno (2004) dalam Budiari (2016) bahwa proses perebusan dapat memecahkan ikatan logam pada jaringan tumbuhan karena suhunya yang cukup tinggi yang mengakibatkan senyawa pengikat logam berat pada tumbuhan dapat melepaskan ikatannya.

Menurut Triani dkk (2012) Perlakuan perebusan sayuran dengan waktu yang lama akan menghilangkan zat gizi pada sayuran, sehingga waktu optimum untuk melakukan perebusan adalah 5 menit dihitung setelah air mendidih. Perebusan selama 5 menit akan merubah tekstur sayuran menjadi lebih lunak dan agak lembut. Menurut Widowati dkk (2021) menganalisis logam Pb dan gizi pada kacang panjang tanpa pengolahan didapatkan kadar Pb 15,68 mg/Kg vitamin C sebesar 29,80 mg/100g; vitamin A sebesar 5152,24 mg/100g, dan protein 4,67%. Sedangkan proses perebusan didapatkan kadar logam vitamin C sebesar 3,63 mg/100g; vitamin A sebesar 156,16 mg/100g, dan protein 1,60%. Proses perebusan dapat meminimalisir adanya logam berat tetapi zat gizi pada sayuran

tersebut banyak hilang akibat pemanasan pada saat perebusan sehingga zat gizi seperti vitamin A, vitamin C, dan protein akan mengalami kerusakan.

Mekanisme masuknya partikel Pb kedalam jaringan daun yaitu melalui stomata daun yang berukuran besar sedangkan ukuran partikel Pb lebih kecil, sehingga partikel Pb dengan mudah masuk kedalam jaringan daun melalui proses penjerapan pasif. Partikel Pb yang menempel pada permukaan daun berasal dari tiga proses, pertama sedimentasi akibat gaya gravitasi, kedua tumbukan akibat turbulensi angin dan ketiga pengendapan akibat air hujan (Saleha, 2013).

4.5 Pengaruh Variasi Jarak Penanaman dan Perlakuan Sampel Kubis Terhadap Kadar Logam Timbal (Pb).

Berdasarkan hasil kadar logam timbal yang diperoleh selanjutnya diuji statistika *Two Way* ANOVA yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jarak tanam dengan perlakuan sampel dalam pembacaan konsentrasi logam timbal dalam tanaman kubis dengan kesimpulan sebagai berikut:

1. Apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan nilai $sig < \alpha = 0,05$ maka ada pengaruh variasi jarak penanaman dengan perlakuan sampel terhadap hasil kadar logam timbal dalam tanaman kubis.
2. Apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$ dan nilai $sig > \alpha = 0,05$ maka tidak ada pengaruh variasi jarak penanaman dengan perlakuan sampel terhadap hasil kadar logam timbal dalam tanaman kubis.

Tabel 4.3 Hasil uji *two way* anova pengaruh variasi jarak penanaman dengan perlakuan sampel Kecamatan Ngantang.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9,434 ^a	11	,858	65,692	,000
Intercept	759,003	1	759,003	58136,362	,000
jarak	4,872	2	2,436	186,574	,000
perlakuan	4,199	3	1,400	107,199	,000
jarak * perlakuan	,364	6	,061	4,645	,003
Error	,313	24	,013		
Total	768,750	36			
Corrected Total	9,748	35			

Berdasarkan Tabel 4.3 hasil uji statistika *Two Way* ANOVA menunjukkan pengaruh dari variasi jarak dan perlakuan terhadap kadar logam timbal dari Kecamatan Ngantang sebagai berikut:

1. Pada variasi jarak didapatkan nilai *sig* $0.000 < 0.005$ dan F_{hitung} sebesar $186.574 > F_{tabel}$ sebesar 3,28, hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh jarak penanaman sampel terhadap hasil kadar logam timbal.
2. Pada variasi perlakuan didapatkan nilai *sig* $0.000 < 0.005$ dan F_{hitung} sebesar $107.199 > F_{tabel}$ sebesar 3,28, hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh perlakuan sampel terhadap hasil kadar logam timbal.
3. Pada variasi jarak dan perlakuan didapatkan nilai *sig* $0.003 < 0.005$ dan F_{hitung} sebesar $4.645 > F_{tabel}$ sebesar 3.28, hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh perlakuan sampel dengan jarak penanaman sampel terhadap hasil kadar logam timbal dalam tanaman kubis.

Tabel 4.4 Hasil uji *two way* anova pengaruh variasi jarak penanaman dengan perlakuan sampel Kecamatan Pujon.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6,170 ^a	11	,561	56,088	,000
Intercept	51,600	1	51,600	5160,028	,000
jarak	1,771	2	,885	88,528	,000
perlakuan	4,128	3	1,376	137,583	,000
jarak * perlakuan	,272	6	,045	4,528	,003
Error	,240	24	,010		
Total	58,010	36			
Corrected Total	6,410	35			

Berdasarkan Tabel 4.4 hasil uji statistika *Two Way* ANOVA menunjukkan pengaruh dari variasi jarak dan perlakuan terhadap kadar logam timbal dari Kecamatan Pujon sebagai berikut:

1. Pada variasi jarak didapatkan nilai *sig* $0.000 < 0.005$ dan F_{hitung} sebesar $88.528 > F_{tabel}$ sebesar 3.28, hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh jarak penanaman sampel terhadap hasil kadar logam timbal.
2. Pada variasi perlakuan didapatkan nilai *sig* $0.000 < 0.005$ dan F_{hitung} sebesar $137.583 > F_{tabel}$ sebesar 3.28, hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh perlakuan sampel terhadap hasil kadar logam timbal.
3. Pada variasi jarak dan perlakuan didapatkan nilai *sig* $0.003 < 0.005$ dan F_{hitung} sebesar $4.528 > F_{tabel}$ sebesar 3.28, hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh perlakuan sampel dengan jarak penanaman sampel terhadap hasil kadar logam timbal dalam tanaman kubis.

Uji tukey (uji beda nyata) kadar logam timbal (Pb) terhadap variasi jarak dan perlakuan sampel. Jika nilai uji tukey terletak pada subset yang sama, maka menandakan variasi jarak dan sampel tidak berbeda nyata. Sebaliknya, Jika nilai uji tukey terletak pada subset yang berbeda, maka menandakan variasi jarak dan sampel berbeda nyata.

Berdasarkan uji tukey, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil tukey variasi jarak terhadap kadar logam Pb

Pada subset 3 terdapat data kadar logam Pb pada sayuran kubis dengan jarak 10 meter berbeda subset dengan jarak 20 meter (subset 2) dan 30 meter (subset 3) yang menandakan bahwa jarak 10 meter mempunyai perbedaan yang signifikan dengan jarak 20 meter dan 30 meter terhadap hasil kadar logam timbal.

2. Hasil tukey variasi perlakuan sampel terhadap kadar logam Pb

Pada subset 4 terdapat data logam Pb pada sayuran kubis dengan perlakuan tanpa pencucian berbeda subset dengan perlakuan pencucian (subset 3), berbeda subset dengan perlakuan perendaman (subset 2), berbeda subset dengan perlakuan perebusan (subset 41), hal ini menandakan bahwa perlakuan tanpa pencucian mempunyai perbedaan signifikan dengan perlakuan pencucian, perendaman, dan perebusan terhadap hasil kadar logam timbal.

4.6 Urgensi Hasil Penelitian Menurut Perspektif Islam

Sayuran kubis merupakan makanan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena memiliki banyak khasiat dan manfaat. Menurut Dalimartha

(2000) sayuran kubis memiliki kasiat dan manfaat untuk mengobati diare, sakit kepala, tuli, dan obat gatal akibat jamur. Selain itu, kubis segar juga mengandung air, protein, lemak, karbohidrat, serat, kalsium, fosfor, besi, natrium, kalium, vitamin, kalsium, dan beta karoten. Maka dari itu kebersihan sayuran kubis patut diwaspadai agar tidak menimbulkan gangguan kesehatan, seperti adanya logam timbal (Pb) yang menyebabkan berbagai penyakit meliputi gangguan fungsi ginjal, keguguran, kelahiran premature masalah kecerdasan dan hipertensi (Adhani & Husnain, 2017).

Logam timbal pada kubis dapat berasal dari asap kendaraan bermotor yang akan terbang ke udara, sebagian akan menempel pada tanaman sayur yang berada di pinggir jalan dan sebagian lagi dengan adanya angin dan hujan akan mengakibatkan debu tersebut jatuh ke permukaan tanah dan jalan raya. Selain itu kandungan logam timbal juga dapat berasal dari tanah (Sudarmadji dkk, 2006). Pupuk fosfat, pupuk kompos, pupuk nitrat, pupuk kandang, dan pupuk kapur (Alloway, 1995). Dan pestisida (Karyadi, 2005). Sehingga perlu di perhatikan cara budidaya, penggunaan pupuk dan kebersihan sebelum dikonsumsi agar sayuran menjadi aman untuk dikonsumsi serta sayuran menjadi halal dan *thayyib*.

Makanan halal dan *thayyib* merupakan makanan yang diperbolehkan oleh syariat islam (bukan jenis makanan yang diharamkan oleh Allah SWT), bergizi, aman (tidak mengandung zat-zat berbahaya bagi tubuh), proposional (tidak berlebihan), dan lezat. Begitupun dengan sayuran kubis merupakan sayuran yang halal, namun belum tentu *thayyib*, dapat dikatakan *thayyib* apabila sesuatu yang tidak mendatangkan bahaya pada tubuh dan akal nya. Dan sebaliknya, apabila makanan tersebut mendatangkan bahaya dan tidak memberi manfaat, maka

makanan tersebut tidak layak untuk dikonsumsi (tidak *thayyib*). Sebagaimana firman Allah SWT dalam QS Al-Baqarah ayat 172:

تَعْبُدُونَ إِيَّاهُ كُنْتُمْ إِنْ لِلَّهِ وَأَشْكُرُوا رَزَقَكُمْ مَا طَيَّبْتُمْ مِنْ كُلُوا ءَامِنُوا الَّذِينَ يَأْتِيهَا

Artinya: "Hai orang-orang yang beriman, makanlah di antara rezeki yang baik-baik yang Kami berikan kepadamu dan bersyukurlah kepada Allah, jika benar-benar kepada-Nya kamu menyembah."

Tafsir Ibnu Katsir, Allah memerintahkan hamba-hamba-Nya yang beriman melalui firman-Nya untuk memakan makanan yang baik dari rizki yang telah Allah berikan kepada mereka, agar mereka senantiasa mensyukuri nikmat-Nya. Salah satu alasan mengapa doa diterima untuk ibadah adalah konsumsi makanan halal. Demikian pula, makanan yang diharamkan membuat doa tidak dikabulkan dan ibadah tidak diterima. Sehingga dapat dijelaskan bahwa manusia diperintahkan untuk memakan makanan yang *thayyib*, yaitu makanan yang baik, aman untuk dikonsumsi dan tidak berbahaya. Seperti halnya tanaman kubis dapat berbahaya jika terdapat zat-zat kimia seperti adanya logam berat timbal.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kadar logam timbal dalam sampel kubis yang dibudidayakan di Kecamatan Ngantang dan Pujon dengan variasi perlakuan sampel (tanpa pencucian, pencucian, perendaman, perebusan) dan variasi jarak (10 meter, 20 meter, 30 meter) memiliki nilai cukup tinggi dan sebagian besar melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh SNI yaitu 0,5 mg/Kg. Hal ini menandakan bahwa sayuran kubis secara syaria'ah merupakan makanan halal, namun tidak layak dikonsumsi dan termasuk dalam makanan tidak *thayyib* karena terdapat zat berbahaya di dalamnya yang dapat merusak kesehatan tubuh. Dengan adanya cara preparasi kubis sebelum dikonsumsi dapat meminimalisir adanya logam Pb pada kubis, sehingga kubis tersebut masih layak

untuk dikonsumsi dan termasuk dalam makanan halal dan *thayyib*. Sebagaimana yang sudah dijelaskan dalam surat Al-Mu-minun ayat 51:

عَلَيْكُمْ تَعْمَلُونَ بِمَا إِنِّي صَالِحًا وَأَعْمَلُوا الطَّيِّبَاتِ مِنْ كُلِّ الرُّسُلِ يَا أَيُّهَا

Artinya: “*Hai rasul-rasul, makanlah dari makanan yang baik-baik, dan kerjakanlah amal yang saleh. Sesungguhnya Aku Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.*”

Berdasarkan tafsir yang dikemukakan oleh Ibnu Katsir ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT memerintahkan hamba-hamba-Nya yang diutus sebagai Rasul untuk memakan makanan yang baik dan halal dan mengerjakan amal shalih. Memakan makanan yang halal dan baik akan menjadikan terkabulnya doa dan diterima ibadahnya. Kriteria dari makanan *thayyib* yaitu pemberian langsung dari Allah, proposional, sehat, enak bagi orang yang memakannya, bermanfaat, dan tidak mudharat pada diri dan agama (Asy-Syaukani, 2007).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan judul Analisis Logam Timbal (Pb) Pada Sayuran Kubis (*Brassica Oleraceae* L.) dari 2 Kecamatan Kabupaten Malang menggunakan Metode Destruksi Basah Tertutup (Refluks) secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kadar logam timbal (Pb) pada sayuran kubis dengan variasi jarak tanam 10 meter, 20 meter dan 30 meter serta variasi perlakuan tanpa pencucian, pencucian, perebusan, dan perendaman di Kecamatan Ngantang berturut-turut jarak 10 meter sebesar 5,7 mg/Kg; 5,1 mg/Kg; 4,7 mg/Kg; dan 4,4 mg/Kg. jarak 20 meter sebesar 5,0 mg/Kg; 4,7 mg/Kg; 4,5 mg/Kg; dan 4,3 mg/Kg. jarak 30 meter sebesar 4,5 mg/Kg; 4,2 mg/Kg; 4,0 mg/Kg; dan 3,7 mg/Kg. Dan di Kecamatan Pujon berturut-turut jarak 10 meter sebesar 2,1 mg/Kg; 1,6 mg/Kg; 1,2 mg/Kg; dan 1 mg/Kg. jarak 20 meter sebesar 1,5 mg/Kg; 1,2 mg/Kg; 1,0 mg/Kg; dan 0,7 mg/Kg. jarak 30 meter sebesar 1,4 mg/Kg; 1,0 mg/Kg; 0,9 mg/Kg; dan 0,4 mg/Kg.
2. Pengaruh variasi jarak penanaman sayuran kubis dan perlakuan sampel terhadap kadar logam timbal (Pb) berdasarkan hasil uji statistika *Two Way* ANOVA didapatkan nilai $sig < 0.005$ dan $F_{hitung} > F_{tabel}$ yang menunjukkan bahwa variasi jarak dan perlakuan sampel berbeda nyata serta berpengaruh secara signifikan terhadap kadar logam timbal (Pb).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yg perlu diperbaiki dan dikembangkan yaitu sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan analisis kadar logam timbal (Pb) yang terdapat dalam tanah.
2. Perlu dilakukan analisis kadar logam timbal (Pb) pada sayur kubis menggunakan variasi lama perebusan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R., Husaini. 2017. *Logam Berat Sekitar Manusia*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Aditya, D. 2009. *Penelitian deskriptif*. Surakarta: Politeknik Kesehatan Surakarta.
- Agustina, T. 2014. Kontaminasi logam berat pada makanan dan dampaknya pada kesehatan. *TEKNOBUGA: Jurnal Teknologi Busana Dan Boga*. 1(1).
- Ahuja, S., dan Dong, M, W, Eds, 2005. *Handbook of Pharmaceutical Analysis by HPLC*. Edidi Pertama. United Kingdom: Elsevier, Inc.
- Ainia, Kurrotul. 2017. Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Kunyit Putih (*Curcuma Mangga Val.*) dengan menggunakan Variasi Jenis Pengoksidasi secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Malnag: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Alloway, B.J. 1995. *Heavy Metal in Soils*. Jhon Willey and Sons Inc., New York.
- American Geological Institute Staff. 1976. *Dictionary of Geological*. Knopf Doubleday Publishing Grup.
- Anshori, Jamaludin Al. 2005. *Spektroskopi Serapan Atom*. Bandung: Universitas Padjajara.
- Asmorowati, D. S., S. S. Sumarti, dan I. I. Kristanti. 2020. Perbandingan Metode Destruksi Basah dan Destruksi Kering untuk Analisis Timbal dalam Tanah di Sekitar Laboratorium Kimia FMIPA UNNES. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 9(3): 169–173.
- Asy-Syaukani. 2007. *Fathu Al-Qadir Fathu AlQadir Al-Jâmi' Baina Fanny Ar-Riwayah Wa Ad-Dirâyah Min 'Ilmi At-Tafsîr*. Beirut: Daru A-Ma'rifah.
- Azizah, Begum, F, dan Diana, C.D. 2007. Penentuan Kadar Timbal Menggunakan Menggunakan Destruksi Ultrasonik Spektroskopi Serapan Atom. *Green Teknologi 3*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Kecamatan Ngantang dan Kecamatan Pujon*. Malang: Badan Pusat Statistik.
- Basset J. dan Mendham. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta : Buku kedokteran EGC.
- Beta, H. (2018). Analisis Kadar Timbal (Pb) dalam Jamu Beras Kencur Cair menggunakan Destruksi Basah Terbuka dan Tertutup secara Spektroskopi

Serapan Atom (SSA). Skripsi. Yogyakarta: Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

BPS. 2017. *Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Semusim Indonesia*. Badan Pusat Statistik

Budiari, A. D. T., Lani, I. G. A., & Triani, A. H. 2015. Pengaruh Frekuensi Pencelupan dan Lama Perebusan terhadap Kadar Logam Berat dan Mutu Sensoris Sawi Hijau (*Brassica rapa* I. Subsp. *Perviridis* Bayley). *Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UNUD*.

Cahyono, B. 2001. *Kubis Bunga dan Brokoli*. Yogyakarta : Kanisius.

Dalimartha, Setiawan. 2000. *Tanaman Berkhasiat Obat di Indonesia*. Jakarta: Pustaka Kartika.

Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.

Day, R. A dan Underwood, A.L. 1989. *Analisis Kimia Kuantitatif. Edisi Keenam*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Faqihuddin, & Ubaydillah, M.I. 2021. Perbandingan metode destruksi kering dan basah menggunakan instrumen spektrofotometri serapan atom (SSA) untuk analisis logam. *Seminar Nasional Hasil Riset dan Pengabdian Ke-III (SNHRP-III 2021) Perbandingan*. 86:121–127.

Fathoni, A.z. 2018. Analisis Kadar Timbal (Pb) dalam Selada (*Lactuca Savita* L.) menggunakan Metode Destruksi Microwave Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Habibi, Y. 2020. Validasi Metoda Destruksi Basah dan Destruksi Kering pada Penentuan Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Tanaman Rumput. *Integrated Lab Journal*. 01(01): 25–31.

Harmita. 2006. *Analisa Fisikokimia*. Jakarta: UI Press.

Harmono, H. D. 2020. Validasi metode analisis logam merkuri (hg) terlarutn pada air permukaan dengan automatic mercury analyzer. *Indonesian Journal Of Laboratory*. 2(3): 11-16.

Hartini, E. 2010. Kadar Plumbum (Pb) dalam darah pada wanita usia subur di daerah Pertanian. *Jurnal Visikes*. 9(2): 70-80.

Hidayat, Y, S. 2015. Penentuan Kadar Timbal (Pb) Pada Coklat Batang menggunakan Varisi Metode Destruksi dan Zat Pengoksidasi Secar Spektrokopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia

fakultas sains dan teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

- Ika, I., Tahril, T., & Said, I. 2012. Analisis Logam Timbal (Pb) Dan Besi (Fe) Dalam Air Laut Di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara (The Analysis of Lead (Pb) and Iron (Fe) Metals in The Sea Water of Coastal Area of Taipa's Ferry Harbor Subdistrict of North Palu). *Jurnal Akademika Kimia*. 1(4): 181-186.
- Istiaroh, P. D., Martuti, N. K. T., & Bodijanto, F. P. M. H. 2014. Uji kandungan timbal (Pb) dalam daun tanaman peneduh di jalan protokol Kota Semarang. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*. 6(1): 60-66.
- Kalaskar, M.M. 2012. Quantitative Analysis of Heavy Metals From Vegetables of Amba Nalain Amravati District. *Der Phama Chemica*. 4 :2373-2377.
- Kartikasari. 2016. Analisis Logam Timbal (Pb) pada Buah Apel (*Pylua Malus L.*) dengan Metode Destruksi Basah Secara SSA. *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Karyadi. 2005. Akumulasi Logam Berat Pb Sebagai Residu Pestisida pada Lahan Pertanian (Studi Kasus pada Lahan Pertanian Bawang Merah di Kecamatan Gemuh Kabupaten Kendal). *Tesis*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Kustina. 2006. Studi Kandungan Logam Kadmium dalam Budidaya Sawi Hijau. *Jurnal Agrisistem BTTP*. (12): 37-41.
- Kihampa, C., Mwegoha, W. J., & Shemdoe, R. S. (2011). Heavy metals concentrations in vegetables grown in the vicinity of the closed dumpsite. *International journal of environmental sciences*. 2(2): 889-895.
- Laporan Badan Lingkungan Hidup (BLH) .2009. *Kualitas Air Sungai Batang Ombilin*.
- Lazarus, V. M., Sekovanic, A., Kljakovic-Gaspic, Z., Orct, T., Jurasovic, J., Kusak, J., Reljic, S., Huber, D. 2013. Cadmium and Lead in Grey Wolf Liver Samples: Optimisation of a Microwave-Assisted Digestion Method. *Scientific Paper*. 395-403. DOI:10.2478/10004-1254-64-2013-2323.
- Low, K. H., Zain, S. M., & Abas, M. R. 2012. Evaluation of microwave-assisted digestion condition for the determination of metals in fish samples by inductively coupled plasma mass spectrometry using experimental designs. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 92(10): 1161-1175.

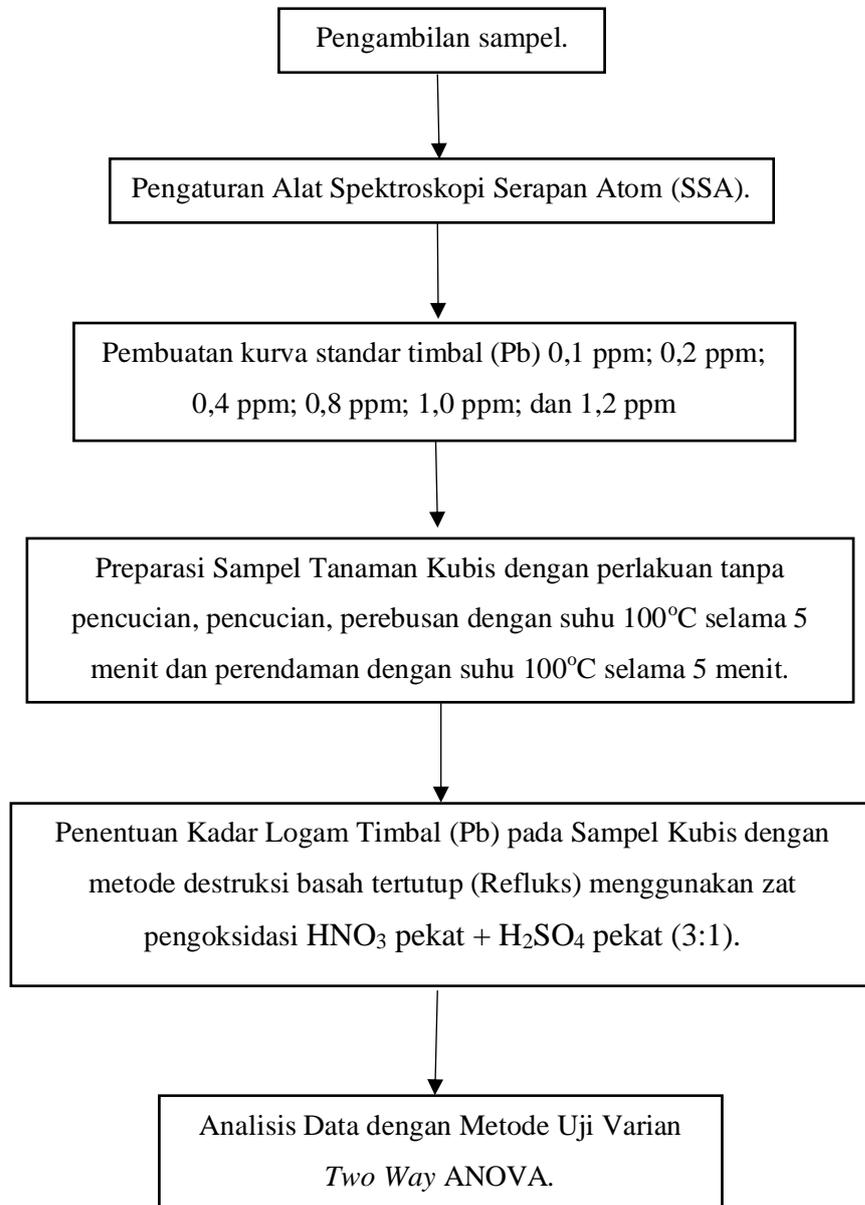
- Martin, S, Griswold, W. 2009. Human health effects of heavy metals. *Environmental Science and Technology Briefsfor Citizens*. (15): 1–6.
- Mukayya, M.N. 2020. Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Dalam Kangkung (*Ipomoea Aquatica*) dari Sungai Kawasan Industri Candi Semarang. *Skripsi*. Semarang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Walisongo
- Mulyani, O. 2007. Studi Perbandingan Cara Destruksi Basah Pada Beberapa Sampel Tanah Asal Aliran Sungai Citarum dengan Metode Konvensional dan Bomb Teflon. *Tesis*. Bandung: ITB.
- Namik, K.A dan Ataman, Y. 2006. *Trace Element Analysis of Food and Diet*. The Royal Society of Chemistry Cambridge: 66-77.
- Nasution, S. B. 2014. Analisa Kadar Timbal Pada Sayur Kubis (*Brassica oleracea* L. var. capitata L) Yang Ditanam di Pinggir Jalan Tanah Karo Berastagi. *Jurnal Ilmiah PANNMED*. 8(3): 291-289.
- Novary, E.W. 1999. *Penanganan dan Pengolahan Sayuran Segar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Novita, L., Asih, E. R., & Aisyah, A. 2017. Analisis Cemaran Logam Timbal (Pb) Pada Buah Pir Yang Dijual Dipinggir Jalan Simpang Empat Lampu Merah Jalan Soekarno Hatta Kota Pekanbaru. *JPK: Jurnal Proteksi Kesehatan*. 6(2).
- Noviyanti, F. 2012. Gambaran Kadar Timbal dalam Urine Pada Pegawai Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Kota Makassar. *Skripsi*. UIN Alauddin.
- 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: F.SAINTEK UIN Maliki Malang.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Pasaribu, C. A., & Marbun, P. 2017. Kandungan Logam Berat Pb Pada Kol dan Tomat di Beberapa Kecamatan Kabupaten Karo. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 5(2): 355-361.
- Pracaya. 1992. *Hama dan Penyakit Tanaman*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ratnawati, N. A., Prasetya, A. T., & Rahayu, E. F. 2019. Validasi Metode Pengujian Logam Berat Timbal (Pb) dengan Destruksi Basah Menggunakan FAAS dalam Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Semarang. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(1), 60-68.

- Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Rizqiah, F. A. 2017. Penentuan kadar Pb dan Cd pada Daun Sirih Merah (*Piper Crocatum*) dengan menggunakan variasi Zat Pengoksidasi secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. UIN Malang.
- Rubatzky, V.E., dan Ma Yamaguchi. 1998. *Sayuran Dunia : Prinsip, Produksi dan Gizi Jilid II*. Bandung: ITB.
- Rurut, S. F., Sumampow, D. M. F., & Rotinsulu, W. 2019. Analisis Konsentrasi Timbal pada Tanaman Kubis (*Brassica Oleraceae L.*) di Kota Tomohon. *In COCOS*. 2(7).
- Saleha, A., & Gunawan, R. 2013. Distribusi Logam Timbal (Pb) Pada Tanaman Wedelia (*Wedelia trilobata (L.) Hitch*) Akibat Emisi Kendaraan Bermotor Di Beberapa Jalan Kota Samarinda. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 10(2).
- Sanra, Y., Hanifah, T. A., & Bali, S. 2015. Analisis Kandungan Logam Timbal pada Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum L.*) yang ditanam di Pinggir Jalan raya Kecamatan Aur Birugo Tigo Baleh Bukittinggi. *JOM FMIPA*. (2): 1.
- Simpson, M. G., 2006. *Plant systematics*. London: Elsevier Academic Press Publivation.
- Siregar EBM. 2005. Pencemaran udara, respon tanaman dan pengaruhnya pada manusia. *Skripsi: Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian USU: Sumatera Utara*.
- Skoog, D.A. 2000. *Principles of Instrumental Analysis*. USA: CSB College Publishing.
- Sudarmadji. 2006. Perubahan Kualitas Airtanah di Sekitar Sumber Pencemar Akibat Gempa Bumi. *Forum Geograf. Skripsi*. Surakarta: Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sudarmaji., Mukono, J dan I.P. Corie, 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan FKM Universitas Erlangga*. 2(2): 129- 142.
- Sumardi. 1981. Metode Destruksi Contoh Secara Kering dalam Analisa Unsur-unsur Fe, Cu, Mn, dan Zn dalam Contoh-contoh Biologis. *Prosiding Seminar Nasional Metode Analisis. Lembaga Kimia Nasional*. Jakarta: LIPI.
- Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 1400*. Jakarta: PT. Gramedia Widia Sarana Indonesia.

- Syahputra. 2004. *Modul Pelantihan Instrumentasi AAS*. Yogyakarta: Laboratorium Instrumentas Terpadu UII.
- Tan. 1995. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Triani, L. Arnanta, I. W. Dan Gunam, I.D. 2012. Identifikasi dan Pengurangan Kandungan Pb dan Cd pada Kangkung. *Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia*.
- Ulfa, S. N., Sukri, A., & Hajiriah, T. L. 2022. Uji Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sayuran Kubis (*Brassica oleraceae*) Yang Ditanam Di Pinggir Jalan Desa Pesanggrahan Kecamatan Montong Gading Kabupaten Lombok Timur Dalam Upaya Pembuatan Brosur Masyarakat. *Pedago Biologi: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi*. 10(1): 245-251.
- Wahab, A. R. B. Z., Makmur, K., & Fakhruddin, A. (2022). Analisis deteksi logam berat (Pb) pada sampel pangan segar asal tumbuhan (PSAT) menggunakan metode GFA AAS. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 2(2): 47-52.
- Winarno F.G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Widyantari, N. P. I., Triani, I. G. A. L., & Gunam, I. B. W. (2015). Pengaruh Perlakuan Pencucian dan Perebusan terhadap Kadar Residu Insektisida dan Karakteristik Sensoris pada Sayuran Kembang Kol (*Brassica oleracea* var. botrytis L). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen. Agoindustri*. 4(3): 130-139.
- Vincent, and Yamaguchi. 1998. *Sayuran Dunia 2 : Prinsip, Produksi dan Gizi*. Edisi 2. Bandung: ITB.
- Yuksel, B., Kaya-Akyuzlu, D., Kayaalti, Z., Ozdemir, F., Soylemez-Gokyer, D., & Soylemezoglu, T. (2017). Study of blood iron vs. blood lead levels in beta-thalassemia patients in Turkey: *An application of analytical toxicology*. 38(2): 71-76.
- Zahro, I. K. (2017). Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Rumpun Bambu (*Lophatherum gracile Brongn*) dengan menggunakan variasi jenis Zat Pengoksidasi secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. UIN Malang.

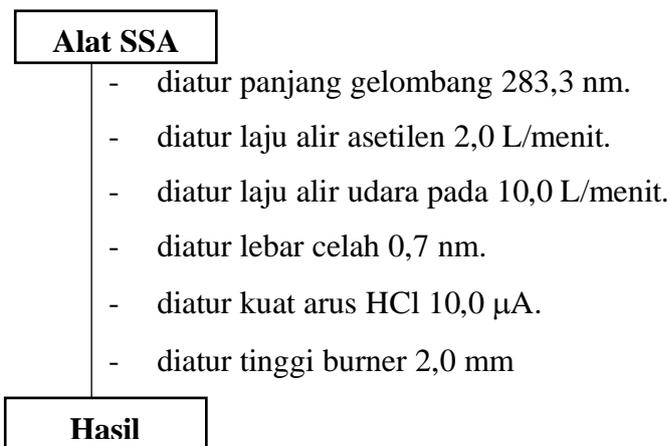
LAMPIRAN

Lampiran 1: Rancangan Penelitian

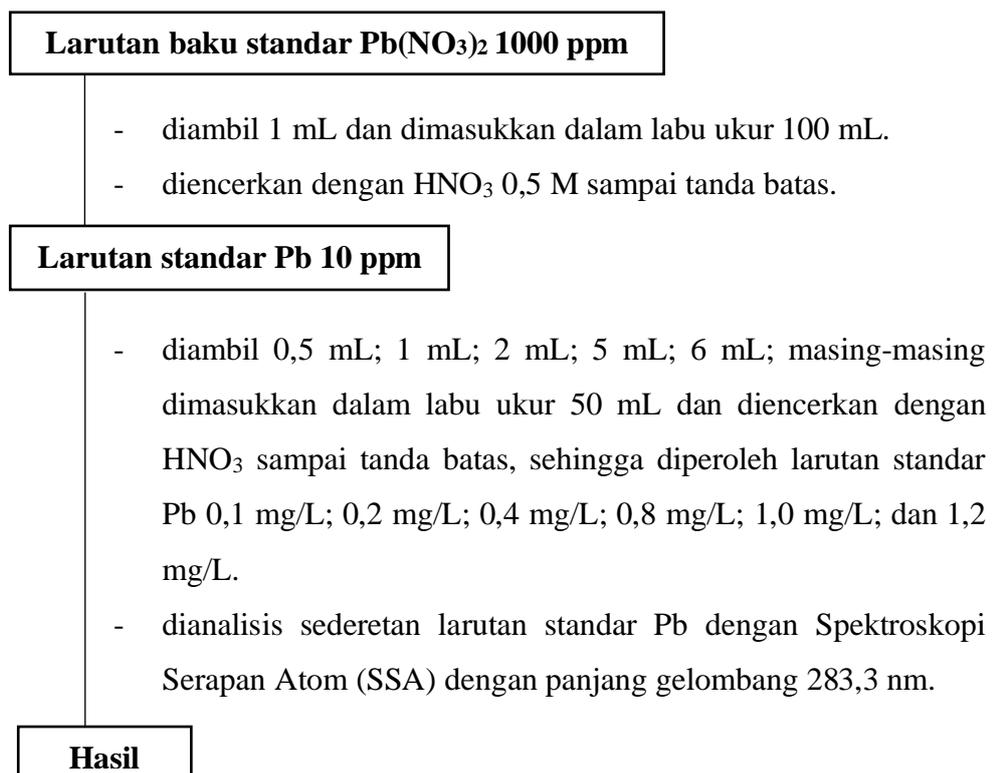


Lampiran 2: Diagram Alir

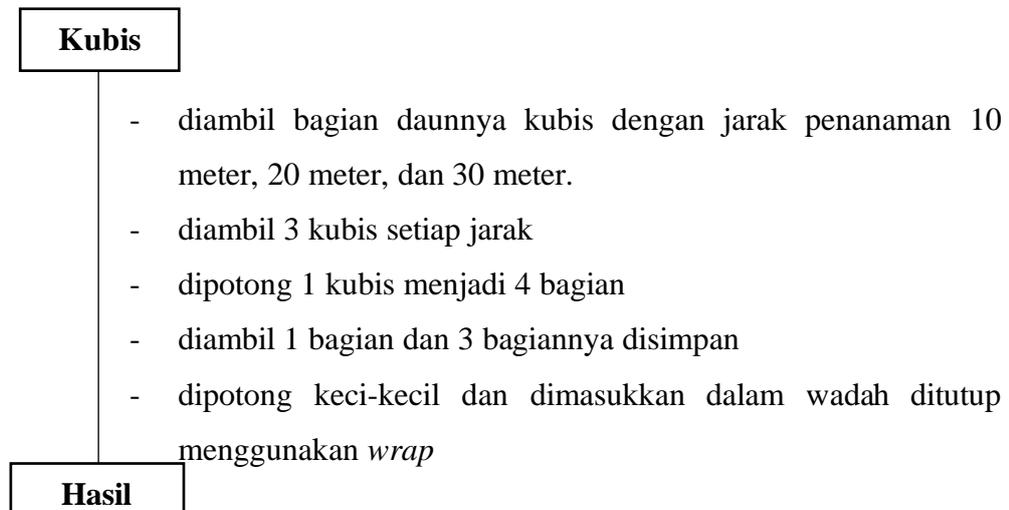
L.2.1 Pengaturan alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA)



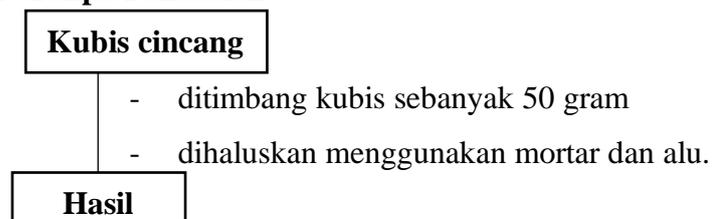
L.2.2 Pembuatan Kurva Standar timbal (Pb)



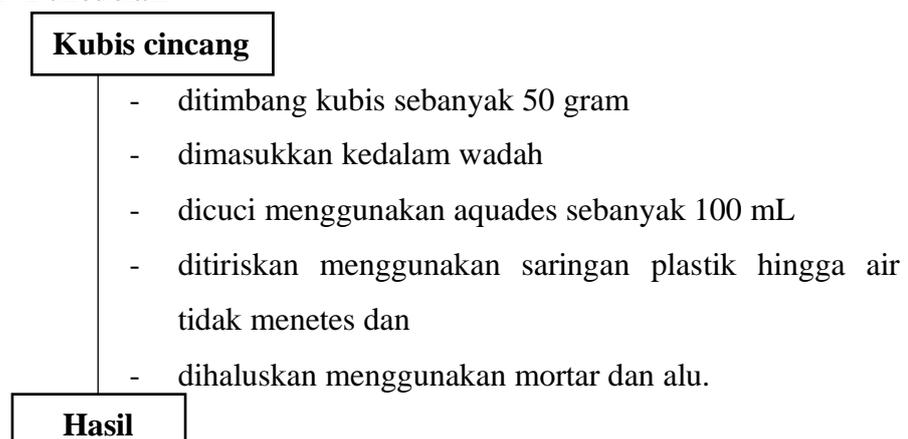
L.2.3 Preparasi Sampel



L.2.3.1 Tanpa Pencucian



L.2.3.2 Pencucian



L.2.3.3 Perebusan

Kubis cincang

- ditimbang kubis sebanyak 50 gram
- dipanaskan aquades sebanyak 100 mL hingga suhu 100 °C selama 5 menit menggunakan gelas beaker 250 mL diatas hot plate,
- dimasukkan kubis 50 gram dan direbus selama 5 menit. ditiriskan menggunakan saringan plastik hingga air tidak menetes.
- dihaluskan menggunakan mortar dan alu.

Hasil

L.2.3.4 Perendaman

Kubis cincang

- ditimbang kubis sebanyak 50 gram
- dipanaskan aquades sebanyak 100 mL hingga suhu 100 °C selama 5 menit menggunakan gelas beaker 250 mL diatas hotplate,
- dimatikan hot plate setelah 5 menit.
- dimasukkan 50 gram kubis dan direndam selama 5 menit.
- ditiriskan menggunakan saringan plastik hingga air tidak menetes.
- dihaluskan menggunakan mortar dan alu

Hasil

L.2.4 Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) pada Sampel Kubis

Sampel kubis

- ditimbang sebanyak 1 gram.
- dimasukkan dalam labu alas bulat.
- didestruksi dengan zat pengoksidasi HNO_3 pekat 11,25 mL + H_2SO_4 pekat 3,75 mL (3:1).
- dipasang kondensor refluks
- dipanaskan sampel pada suhu 100 °C selama 3 jam hingga larutan berwarna bening.
- didinginkan pada suhu kamar.
- disaring menggunakan kertas Whatman No. 42.
- dimasukkan kedalam labu ukur 20 mL
- diencerkan dengan menggunakan HNO_3 0,5 M sampai tanda batas.
- dianalisis logam timbal (Pb) menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 283,3 nm.
- triplo

Hasil

Lampiran 3: Perhitungan

L.3.1 Pembuatan Kurva Standar Timbal (Pb)

a. Pembuatan larutan 1000 ppm menjadi 10 ppm dalam 100 mL

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

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{10 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{1000 \text{ ppm}}$$

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

Jadi larutan standar 10 ppm dibuat dengan cara dipipet 1 mL dari larutan stok 1000 ppm kedalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M hingga tanda batas.

b. Pembuatan larutan standar 0,2 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 0,2 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,2 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 1,0 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 0,2 ppm dibuat dengan cara dipipet 1,0 mL dari larutan stok 10 ppm kedalam labu ukur 50 mL, kemudian diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M hingga tanda batas.

c. Pembuatan larutan standar 0,4 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 0,4 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,4 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 2,0 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 0,4 ppm dibuat dengan cara dipipet 2,0 mL dari larutan stok 10 ppm kedalam labu ukur 50 mL, kemudian diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M hingga tanda batas.

d. Pembuatan larutan standar 0,8 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 0,8 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,8 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 4,0 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 0,8 ppm dibuat dengan cara dipipet 4,0 mL dari larutan stok 10 ppm kedalam labu ukur 50 mL, kemudian diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M hingga tanda batas.

e. Pembuatan larutan standar 1,0 ppm

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

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 1,0 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1,0 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 5,0 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 1,0 ppm dibuat dengan cara dipipet 5,0 mL dari larutan stok 10 ppm kedalam labu ukur 50 mL, kemudian diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M hingga tanda batas.

f. Pembuatan larutan standar 1,2 ppm

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

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

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 1,2 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1,2 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}}{10 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 6,0 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 1,2 ppm dibuat dengan cara dipipet 6 mL dari larutan stok 10 ppm kedalam labu ukur 50 mL, kemudian diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M hingga tanda batas.

L.3.2 Molaritas HNO₃ 65%

$$M = \frac{\% \times \rho}{M_r}$$

$$M = \frac{65\% \times 1,4 \text{ g/cm}^3}{63 \text{ g/mol}}$$

$$M = \frac{0,65 \times 1400 \text{ g/L}}{63 \text{ g/mol}}$$

$$M = 14,4 \text{ mol/L}$$

- Pembuatan HNO₃ 0,5 M

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

$$14,4 \text{ M} \times V_1 = 0,5 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 3,472 \text{ mL}$$

L.3.3 Molaritas H₂SO₄ 98%

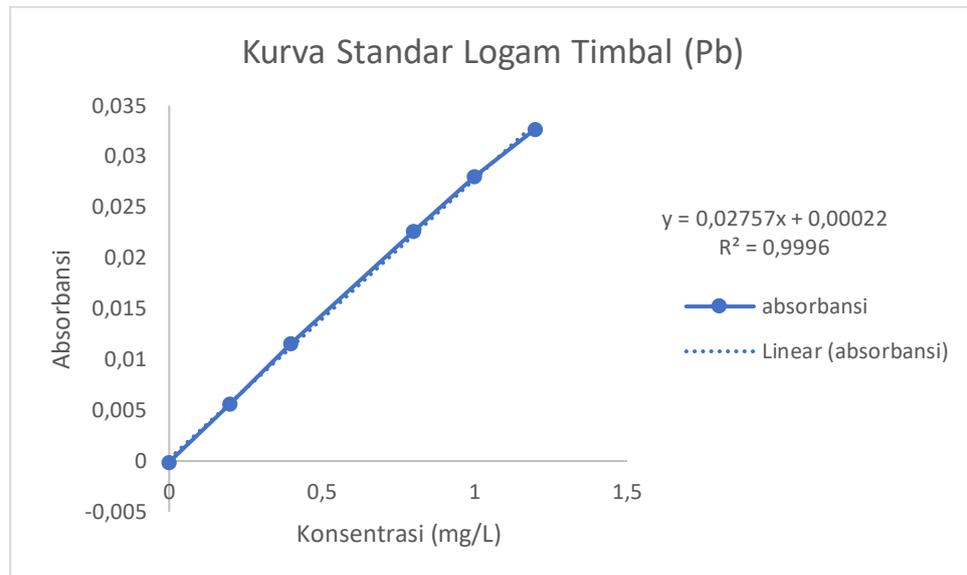
$$M = \frac{\% \times \rho}{M_r}$$

$$M = \frac{98\% \times 1,8 \text{ g/cm}^3}{98 \text{ g/mol}}$$

$$M = \frac{0,98 \times 1800 \text{ g/L}}{98 \text{ g/mol}}$$

$$M = 18 \text{ mol/L}$$

L.3.4 Hasil Uji Linieritas dan Sensitivitas



- Sensitivitas ditunjukkan dengan nilai kemiringan (slope)= 0,0275
- Linieritas ditunjukkan dengan nilai $R^2 = 0,9996$

L.3.5 Hasil Uji Akurasi

a. 0,2 ppm

- $y = 0,0275x + 0,0002$
 $0,0056 = 0,0275x + 0,0002$
 $0,0056 - 0,0002 = 0,0275x$
 $x = 0,1963 \text{ ppm}$
- $\% \text{ recovery} = \frac{0,1963 \text{ ppm}}{0,2 \text{ ppm}} \times 100 \% = 98,15\%$

b. 0,4 ppm

- $y = 0,0275x + 0,0002$
 $0,0116 = 0,0275x + 0,0002$
 $0,0116 - 0,0002 = 0,0275x$
 $x = 0,3985 \text{ ppm}$
- $\% \text{ recovery} = \frac{0,3985 \text{ ppm}}{0,4 \text{ ppm}} \times 100 \% = 99,625\%$

d. 0,8 ppm

- $y = 0,0275x + 0,0002$
 $0,0226 = 0,0275x + 0,0002$
 $0,0226 - 0,0002 = 0,0275x$
 $x = 0,8145 \text{ ppm}$
- $\% \text{ recovery} = \frac{0,8145 \text{ ppm}}{0,8 \text{ ppm}} \times 100 \% = 101,8125\%$

e. 1,0 ppm

- $y = 0,0275x + 0,0002$
 $0,028 = 0,0275x + 0,0002$
 $0,028 - 0,0002 = 0,0275x$
 $x = 1,0109 \text{ ppm}$
- $\% \text{ recovery} = \frac{1,0109 \text{ ppm}}{1,0 \text{ ppm}} \times 100 \% = 101,09\%$

f. 1,2 ppm

- $y = 0,0275x + 0,0002$
 $0,0327 = 0,0275x + 0,0002$
 $0,0327 - 0,0002 = 0,0275x$
 $x = 1,1818 \text{ ppm}$
- $\% \text{ recovery} = \frac{1,1818 \text{ ppm}}{1,2 \text{ ppm}} \times 100 \% = 98,483\%$

L.3.6 Hasil LOD dan LOQ

Sampel	Konsentrasi (ppm)	y	\hat{y}	(y- \hat{y})	(y- \hat{y}) ²
Blanko	0,0	-0,0001	0,0002	-0,0003	0,00000009
Standar 1	0,2	0,0056	0,0057	-0,0001	0,00000001
Standar 2	0,4	0,0116	0,0112	0,0004	0,00000016
Standar 3	0,8	0,0226	0,0222	0,0004	0,00000016
Standar 4	1,0	0,028	0,0277	0,0003	0,00000009
Standar 5	1,2	0,0327	0,0332	-0,0005	0,00000025
				Jumlah	0,00000076
				SD x/y	0,000389872
				LOD	0,042531466
				LOQ	0,141771554

Keterangan:

y = Absorbansi

\hat{y} = yang diregresikan pada garis linier

SD x/y = Standar Deviasi x/y

LOD = Limit Deteksi

LOQ = Limit Kuantitas

$$\begin{aligned} \text{a. SD } x/y &= \sqrt{\sum((y - \hat{y})^2 : (n - 1))} \\ &= \sqrt{(0,00000076) : (6 - 1)} \\ &= 0,000389872 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. LOD} &= \frac{3 \times \text{SD } x/y}{\text{slope}} \\ &= \frac{3 \times 0,000389872}{0,0275} \\ &= 0,042531466 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. LOQ} &= \frac{10 \times \text{SD } x/y}{\text{slope}} \\ &= \frac{10 \times 0,000389872}{0,0275} \\ &= 0,141771554 \end{aligned}$$

L.3.7 Perhitungan Kadar Logam Timbal (Pb) dalam Sampel Kubis

1. Absorbansi Sampel

a. Kecamatan Ngantang

Jarak sampel	Ulangan	Absorbansi sampel			
		Tanpa Pencucian	Pencucian	Perendaman	Perebusan
10 meter	I	0,0238	0,0216	0,0206	0,0197
	II	0,0229	0,0215	0,0201	0,0197
	III	0,0228	0,0209	0,0210	0,0195
20 meter	I	0,0217	0,0206	0,0201	0,0195
	II	0,0210	0,0201	0,0201	0,0190
	III	0,0209	0,0206	0,0197	0,0193
30 meter	I	0,0201	0,0191	0,0186	0,0176
	II	0,0197	0,0189	0,0185	0,0176
	III	0,0195	0,0187	0,0184	0,0177

b. Kecamatan Pujon

Jarak sampel	Ulangan	Absorbansi sampel			
		Tanpa Pencucian	Pencucian	Perendaman	Perebusan
10 meter	I	0,0135	0,0126	0,0107	0,0106
	II	0,0130	0,0111	0,0106	0,0101
	III	0,0131	0,0115	0,0207	0,0101
20 meter	I	0,0111	0,0107	0,0104	0,0090
	II	0,0119	0,0106	0,0104	0,0097
	III	0,0115	0,0101	0,0101	0,0093
30 meter	I	0,0112	0,0104	0,0101	0,0089
	II	0,0113	0,0100	0,0100	0,0089
	III	0,0113	0,0114	0,0102	0,0085

2. Absorbansi zat pengoksidasi (blanko)

Absorbansi zat pengoksidasi = 0,0071

3. Absorbansi Sebenarnya

Absorbansi Sebenarnya = absorbansi sampel – absorbansi blanko

a. Kecamatan Ngantang

Jarak sampel	Ulangan	Absorbansi sampel			
		Tanpa Pencucian	Pencucian	Perendaman	Perebusan
10 meter	I	0,0167	0,0145	0,0135	0,0126
	II	0,0158	0,0144	0,0130	0,0126
	III	0,0157	0,0138	0,0139	0,0124
20 meter	I	0,0146	0,0135	0,0130	0,0124
	II	0,0139	0,013	0,0130	0,0119
	III	0,0138	0,0135	0,0126	0,0122
30 meter	I	0,0130	0,012	0,0115	0,0105
	II	0,0126	0,0118	0,0114	0,0105
	III	0,0124	0,0116	0,0113	0,0106

b. Kecamatan Pujon

Jarak sampel	Ulangan	Absorbansi sampel			
		Tanpa Pencucian	Pencucian	Perendaman	Perebusan
10 meter	I	0,0064	0,0055	0,0036	0,0035
	II	0,0059	0,0040	0,0035	0,0030
	III	0,0060	0,0044	0,0036	0,0030
20 meter	I	0,0040	0,0036	0,0033	0,0019
	II	0,0048	0,0035	0,0033	0,0026
	III	0,0044	0,0030	0,0030	0,0022
30 meter	I	0,0041	0,0033	0,0030	0,0018
	II	0,0042	0,0029	0,0029	0,0018
	III	0,0042	0,0033	0,0031	0,0014

4. Kadar yang terbaca instrumen

a. Kecamatan Ngantang

Jarak sampel	Ulangan	Kadar logam Pb (ppm)			
		Tanpa Pencucian	Pencucian	Perendaman	Perebusan
10 meter	I	0,60	0,52	0,48	0,45
	II	0,56	0,51	0,46	0,45
	III	0,56	0,49	0,48	0,44
20 meter	I	0,52	0,48	0,46	0,44
	II	0,50	0,47	0,46	0,42
	III	0,49	0,48	0,45	0,43
30 meter	I	0,46	0,43	0,41	0,37
	II	0,45	0,42	0,40	0,37
	III	0,44	0,41	0,40	0,37

$$Y = ax + b$$

$$\text{Abs} = 0,02757x + 0,00022$$

• Jarak 10 meter

- Tanpa pencucian

$$\text{NTP11} = \frac{0,0167 - 0,00022}{0,02757} = 0,60 \text{ mg/L}$$

$$\text{NTP12} = \frac{0,0158 - 0,00022}{0,02757} = 0,56 \text{ mg/L}$$

$$\text{NTP13} = \frac{0,0157 - 0,00022}{0,02757} = 0,56 \text{ mg/L}$$

- Pencucian

$$\text{NP11} = \frac{0,0145 - 0,00022}{0,02757} = 0,52 \text{ mg/L}$$

$$\text{NP12} = \frac{0,0144 - 0,00022}{0,02757} = 0,51 \text{ mg/L}$$

$$\text{NP13} = \frac{0,0138 - 0,00022}{0,02757} = 0,49 \text{ mg/L}$$

- Perendaman

$$\text{NPd11} = \frac{0,0135 - 0,00022}{0,02757} = 0,48 \text{ mg/L}$$

$$\text{NPd12} = \frac{0,013 - 0,00022}{0,02757} = 0,46 \text{ mg/L}$$

$$\text{NPd13} = \frac{0,0139 - 0,00022}{0,02757} = 0,48 \text{ mg/L}$$

- Perebusan

$$NPr11 = \frac{0,0126 - 0,00022}{0,02757} = 0,45 \text{ mg/L}$$

$$NPr12 = \frac{0,0126 - 0,00022}{0,02757} = 0,45 \text{ mg/L}$$

$$NPr13 = \frac{0,0124 - 0,00022}{0,02757} = 0,44 \text{ mg/L}$$

- Jarak 20 meter

- Tanpa pencucian

$$NTP21 = \frac{0,0146 - 0,00022}{0,02757} = 0,52 \text{ mg/L}$$

$$NTP22 = \frac{0,0139 - 0,00022}{0,02757} = 0,50 \text{ mg/L}$$

$$NTP23 = \frac{0,0138 - 0,00022}{0,02757} = 0,49 \text{ mg/L}$$

- Pencucian

$$NP21 = \frac{0,0135 - 0,00022}{0,02757} = 0,48 \text{ mg/L}$$

$$NP22 = \frac{0,0130 - 0,00022}{0,02757} = 0,47 \text{ mg/L}$$

$$NP23 = \frac{0,00135 - 0,00022}{0,02757} = 0,48 \text{ mg/L}$$

- Perendaman

$$NPd21 = \frac{0,0130 - 0,00022}{0,02757} = 0,46 \text{ mg/L}$$

$$NPd22 = \frac{0,0130 - 0,00022}{0,02757} = 0,46 \text{ mg/L}$$

$$NPd23 = \frac{0,0126 - 0,00022}{0,02757} = 0,45 \text{ mg/L}$$

- Perebusan

$$NPr21 = \frac{0,0124 - 0,00022}{0,02757} = 0,44 \text{ mg/L}$$

$$NPr22 = \frac{0,0119 - 0,00022}{0,02757} = 0,42 \text{ mg/L}$$

$$NPr23 = \frac{0,0122 - 0,00022}{0,02757} = 0,43 \text{ mg/L}$$

- Jarak 30 meter

- Tanpa pencucian

$$\text{NTP31} = \frac{0,0130 - 0,00022}{0,02757} = 0,46 \text{ mg/L}$$

$$\text{NTP32} = \frac{0,0126 - 0,00022}{0,02757} = 0,45 \text{ mg/L}$$

$$\text{NTP33} = \frac{0,0124 - 0,00022}{0,02757} = 0,44 \text{ mg/L}$$

- Pencucian

$$\text{NP31} = \frac{0,0120 - 0,00022}{0,02757} = 0,43 \text{ mg/L}$$

$$\text{NP32} = \frac{0,0118 - 0,00022}{0,02757} = 0,42 \text{ mg/L}$$

$$\text{NP33} = \frac{0,00116 - 0,00022}{0,02757} = 0,41 \text{ mg/L}$$

- Perendaman

$$\text{NPd31} = \frac{0,0115 - 0,00022}{0,02757} = 0,41 \text{ mg/L}$$

$$\text{NPd32} = \frac{0,0114 - 0,00022}{0,02757} = 0,40 \text{ mg/L}$$

$$\text{NPd33} = \frac{0,0113 - 0,00022}{0,02757} = 0,40 \text{ mg/L}$$

- Perebusan

$$\text{NPr31} = \frac{0,0105 - 0,00022}{0,02757} = 0,37 \text{ mg/L}$$

$$\text{NPr32} = \frac{0,0105 - 0,00022}{0,02757} = 0,37 \text{ mg/L}$$

$$\text{NPr33} = \frac{0,0106 - 0,00022}{0,02757} = 0,37 \text{ mg/L}$$

b. Kecamatan Pujon

Jarak sampel	Ulangan	Kadar logam Pb (ppm)			
		Tanpa Pencucian	Pencucian	Perendaman	Perebusan
10 meter	I	0,23	0,19	0,12	0,12
	II	0,21	0,14	0,12	0,10
	III	0,21	0,15	0,12	0,10
20 meter	I	0,14	0,12	0,11	0,06
	II	0,17	0,12	0,11	0,08
	III	0,15	0,10	0,10	0,07
30 meter	I	0,14	0,11	0,10	0,05
	II	0,14	0,10	0,09	0,05
	III	0,14	0,11	0,10	0,04

- Jarak 10 meter

- Tanpa pencucian

$$PTP11 = \frac{0,0064 - 0,00022}{0,02757} = 0,23 \text{ mg/L}$$

$$PTP12 = \frac{0,004 - 0,00022}{0,02757} = 0,21 \text{ mg/L}$$

$$PTP13 = \frac{0,0044 - 0,00022}{0,02757} = 0,21 \text{ mg/L}$$

- Pencucian

$$PP11 = \frac{0,0055 - 0,00022}{0,02757} = 0,19 \text{ mg/L}$$

$$PP12 = \frac{0,004 - 0,00022}{0,02757} = 0,14 \text{ mg/L}$$

$$PP13 = \frac{0,0044 - 0,00022}{0,02757} = 0,15 \text{ mg/L}$$

- Perendaman

$$PPd11 = \frac{0,0036 - 0,00022}{0,02757} = 0,12 \text{ mg/L}$$

$$PPd12 = \frac{0,0035 - 0,00022}{0,02757} = 0,12 \text{ mg/L}$$

$$PPd13 = \frac{0,0036 - 0,00022}{0,02757} = 0,12 \text{ mg/L}$$

- Perebusan

$$PPr11 = \frac{0,0035 - 0,00022}{0,02757} = 0,12 \text{ mg/L}$$

$$PPr12 = \frac{0,0030 - 0,00022}{0,02757} = 0,1 \text{ mg/L}$$

$$PPr13 = \frac{0,0030 - 0,00022}{0,02757} = 0,1 \text{ mg/L}$$

- Jarak 20 meter

- Tanpa pencucian

$$PTP21 = \frac{0,0040 - 0,00022}{0,02757} = 0,14 \text{ mg/L}$$

$$PTP22 = \frac{0,0048 - 0,00022}{0,02757} = 0,17 \text{ mg/L}$$

$$PTP23 = \frac{0,0044 - 0,00022}{0,02757} = 0,15 \text{ mg/L}$$

- Pencucian

$$PP21 = \frac{0,0036 - 0,00022}{0,02757} = 0,12 \text{ mg/L}$$

$$PP22 = \frac{0,0035 - 0,00022}{0,02757} = 0,12 \text{ mg/L}$$

$$PP23 = \frac{0,0030 - 0,00022}{0,02757} = 0,1 \text{ mg/L}$$

- Perendaman

$$PPd21 = \frac{0,0033 - 0,00022}{0,02757} = 0,11 \text{ mg/L}$$

$$PPd22 = \frac{0,0033 - 0,00022}{0,02757} = 0,11 \text{ mg/L}$$

$$PPd23 = \frac{0,0030 - 0,00022}{0,02757} = 0,1 \text{ mg/L}$$

- Perebusan

$$PPr21 = \frac{0,0019 - 0,00022}{0,02757} = 0,06 \text{ mg/L}$$

$$PPr22 = \frac{0,0026 - 0,00022}{0,02757} = 0,08 \text{ mg/L}$$

$$PPr23 = \frac{0,0022 - 0,00022}{0,02757} = 0,007 \text{ mg/L}$$

- Jarak 30 meter

- Tanpa pencucian

$$PTP31 = \frac{0,0041 - 0,00022}{0,02757} = 0,14 \text{ mg/L}$$

$$PTP32 = \frac{0,0042 - 0,00022}{0,02757} = 0,14 \text{ mg/L}$$

$$PTP33 = \frac{0,0042 - 0,00022}{0,02757} = 0,14 \text{ mg/L}$$

- Pencucian

$$PP31 = \frac{0,0033 - 0,00022}{0,02757} = 0,11 \text{ mg/L}$$

$$PP32 = \frac{0,0029 - 0,00022}{0,02757} = 0,10 \text{ mg/L}$$

$$PP33 = \frac{0,0030 - 0,00022}{0,02757} = 0,11 \text{ mg/L}$$

- Perendaman

$$PPd31 = \frac{0,0030 - 0,00022}{0,02757} = 0,10 \text{ mg/L}$$

$$PPd32 = \frac{0,0029 - 0,00022}{0,02757} = 0,09 \text{ mg/L}$$

$$PPd33 = \frac{0,0033 - 0,00022}{0,02757} = 0,10 \text{ mg/L}$$

- Perebusan

$$PPr31 = \frac{0,0018 - 0,00022}{0,02757} = 0,05 \text{ mg/L}$$

$$PPr32 = \frac{0,0018 - 0,00022}{0,02757} = 0,05 \text{ mg/L}$$

$$PPr33 = \frac{0,0014 - 0,00022}{0,02757} = 0,04 \text{ mg/L}$$

5. Kadar sebenarnya

a. Kecamatan Ngantang

Jarak sampel	Ulangan	Kadar logam Pb (ppm)			
		Tanpa Pencucian	Pencucian	Perendaman	Perebusan
10 meter	I	6	5,2	4,8	4,5
	II	5,6	5,1	4,6	4,5
	III	5,6	4,9	4,8	4,4
20 meter	I	5,2	4,8	4,6	4,4
	II	5,0	4,7	4,6	4,2
	III	4,9	4,8	4,5	4,3
30 meter	I	4,6	4,3	4,1	3,7
	II	4,5	4,2	4,0	3,7
	III	4,4	4,1	4,0	3,7

b. Kecamatan Pujon

Jarak sampel	Ulangan	Kadar logam Pb (ppm)			
		Tanpa Pencucian	Pencucian	Perendaman	Perebusan
10 meter	I	2,2	1,9	1,2	1,2
	II	2,1	1,4	1,2	1,0
	III	2,1	1,5	1,2	1,0
20 meter	I	1,4	1,2	1,1	0,6
	II	1,6	1,2	1,1	0,8
	III	1,5	1,2	1,0	0,7
30 meter	I	1,4	1,1	1,0	0,5
	II	1,4	1,0	0,9	0,5
	III	1,4	1,1	1,0	0,4

$$\text{Kadar sebenarnya} = (b \times V) / (W)$$

Dimana:

b = Konsentrasi yang terbaca instrumen (mg/L)

V = Volume larutan (L)

W = Berat sampel (Kg)

a. Ngantang

• 10 meter

- Tanpa Pencucian

$$\text{NTP11} = \frac{0,60 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 6,0 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NTP12} = \frac{0,56 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 5,6 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NTP13} = \frac{0,56 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 5,6 \text{ mg/Kg}$$

- Pencucian

$$\text{NP11} = \frac{0,52 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 5,2 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NP12} = \frac{0,51 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 5,1 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NP13} = \frac{0,49 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,9 \text{ mg/Kg}$$

- Perendaman

$$\text{NPd11} = \frac{0,48 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,8 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NPd12} = \frac{0,46 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,6 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NPd13} = \frac{0,48 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,8 \text{ mg/Kg}$$

- Perebusan

$$\text{NPr 11} = \frac{0,45 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,5 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NPr12} = \frac{0,45 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,5 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NPr13} = \frac{0,44 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,4 \text{ mg/Kg}$$

- 20 meter

- Tanpa Pencian

$$\text{NTP21} = \frac{0,52 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 5,2 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NTP22} = \frac{0,50 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 5,0 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NTP23} = \frac{0,49 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,9 \text{ mg/Kg}$$

- Pencucian

$$\text{NP21} = \frac{0,48 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,8 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NP22} = \frac{0,47 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,7 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NP23} = \frac{0,48 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,8 \text{ mg/Kg}$$

- Perendaman

$$\text{NPd21} = \frac{0,46 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,6 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NPd22} = \frac{0,46 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,6 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NPd23} = \frac{0,45 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,5 \text{ mg/Kg}$$

- Perebusan

$$\text{NPr 21} = \frac{0,44 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,4 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NPr22} = \frac{0,42 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,2 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NPr23} = \frac{0,43 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,3 \text{ mg/Kg}$$

- 30 meter

- Tanpa Pencian

$$\text{NTP31} = \frac{0,46 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,6 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NTP32} = \frac{0,45 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,5 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NTP33} = \frac{0,44 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,4 \text{ mg/Kg}$$

- Pencucian

$$\text{NP31} = \frac{0,43 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,3 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NP32} = \frac{0,42 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,2 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NP33} = \frac{0,41 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,1 \text{ mg/Kg}$$

- Perendaman

$$\text{NPd31} = \frac{0,41 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,1 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NPd32} = \frac{0,40 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,0 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NPd33} = \frac{0,40 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 4,0 \text{ mg/Kg}$$

- Perebusan

$$\text{NPr 31} = \frac{0,37 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 3,7 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NPr32} = \frac{0,37 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 3,7 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{NPr33} = \frac{0,37 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 3,7 \text{ mg/Kg}$$

b. Pujon

• 10 meter

- Tanpa Pencucian

$$\text{PTP11} = \frac{0,22 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 2,2 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PTP12} = \frac{0,21 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 2,1 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PTP13} = \frac{0,21 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 2,1 \text{ mg/Kg}$$

- Pencucian

$$\text{PP11} = \frac{0,19 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,9 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PP12} = \frac{0,14 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,4 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PP13} = \frac{0,15 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,5 \text{ mg/Kg}$$

- Perendaman

$$\text{PPd11} = \frac{0,12 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,2 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PPd12} = \frac{0,12 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,2 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PPd13} = \frac{0,12 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,2 \text{ mg/Kg}$$

- Perebusan

$$\text{PPr 11} = \frac{0,12 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,2 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PPr12} = \frac{0,10 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,0 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PPr13} = \frac{0,10 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,0 \text{ mg/Kg}$$

- 20 meter

- Tanpa Pencian

$$\text{PTP21} = \frac{0,14 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,4 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PTP22} = \frac{0,16 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,7 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PTP23} = \frac{0,15 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,5 \text{ mg/Kg}$$

- Pencucian

$$\text{PP21} = \frac{0,12 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,2 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PP22} = \frac{0,12 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,2 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PP23} = \frac{0,10 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,0 \text{ mg/Kg}$$

- Perendaman

$$\text{PPd21} = \frac{0,11 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,1 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PPd22} = \frac{0,11 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,1 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PPd23} = \frac{0,10 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,0 \text{ mg/Kg}$$

- Perebusan

$$\text{PPr 21} = \frac{0,06 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 0,6 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PPr22} = \frac{0,08 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 0,8 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PPr23} = \frac{0,07 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 0,7 \text{ mg/Kg}$$

- 30 meter

- Tanpa Pencian

$$\text{PTP31} = \frac{0,14 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,4 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PTP32} = \frac{0,14 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,4 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PTP33} = \frac{0,14 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,4 \text{ mg/Kg}$$

- Pencucian

$$\text{PP31} = \frac{0,11 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,1 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PP32} = \frac{0,10 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,0 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PP33} = \frac{0,11 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,1 \text{ mg/Kg}$$

- Perendaman

$$\text{PPd31} = \frac{0,10 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,0 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PPd32} = \frac{0,09 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 0,9 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PPd33} = \frac{0,10 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 1,0 \text{ mg/Kg}$$

- Perebusan

$$\text{PPr 31} = \frac{0,05 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 0,5 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PPr32} = \frac{0,05 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 0,5 \text{ mg/Kg}$$

$$\text{PPr33} = \frac{0,04 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0,02 \text{ L}}{0,002 \text{ Kg}} = 0,4 \text{ mg/Kg}$$

Lampiran 4: Dokumentasi



Lahan 1 Kecamatan
Ngantang



Lahan 2 Kecamatan
Ngantang



Lahan 3 Kecamatan
Ngantang



Lahan 1 Kecamatan
Pujon



Lahan 2 Kecamatan
Pujon



Lahan 3 Kecamatan
Pujon



Sampel kubis

PROSES TANPA PENCUCIAN



Penimbangan sampel



Penghalusan

PROSES PENCUCIAN



Penimbangan



Pencucian



Penyaringan



Penghalusan

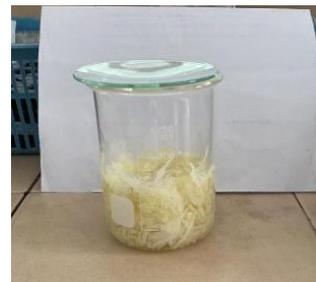
PROSES PERENDAMAN



Penimbangan



Pemanasan aquades



Perebusan sampel



Penyaringan



Penghalusan

PROSES PEREBUSAN

Penimbangan



Pemanasan aquades



Perebusan sampel



Penyaringan



Penghalusan



Refluks



Hasil refluks



Penyaringan

Pengenceran dengan
 HNO_3 0,5 MProses analisis dengan
AAS

Lampiran 5. Hasil uji statistika *Two Way ANOVA*

Uji kadar logam Pb pada kubis di Kecamatan Ngantang

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kadar logam Pb

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9,434 ^a	11	,858	65,692	,000
Intercept	759,003	1	759,003	58136,362	,000
jarak	4,872	2	2,436	186,574	,000
perlakuan	4,199	3	1,400	107,199	,000
jarak * perlakuan	,364	6	,061	4,645	,003
Error	,313	24	,013		
Total	768,750	36			
Corrected Total	9,748	35			

a. R Squared = ,968 (Adjusted R Squared = ,953)

kadar logam Pb

	jarak tanam	N	Subset		
			1	2	3
Tukey	30,00	12	4,1083		
HSD ^{a,b}	20,00	12		4,6667	
	10,00	12			5,0000
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,013.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b. Alpha = ,05.

kadar logam Pb

	perlakuan sampel	N	Subset			
			1	2	3	4
Tukey HSD ^{a,b}	pr	9	4,1556			
	pd	9		4,4444		
	p	9			4,6778	
	tp	9				5,0889
	Sig.			1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,013.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

Uji kadar logam Pb pada kubis di Kecamatan Pujon**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: kadar logam Pb

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6,170 ^a	11	,561	56,088	,000
Intercept	51,600	1	51,600	5160,028	,000
jarak	1,771	2	,885	88,528	,000
perlakuan	4,128	3	1,376	137,583	,000
jarak *	,272	6	,045	4,528	,003
perlakuan					
Error	,240	24	,010		
Total	58,010	36			
Corrected Total	6,410	35			

a. R Squared = ,963 (Adjusted R Squared = ,945)

kadar logam Pb

	jarak tanam	N	Subset		
			1	2	3
Tukey	30,00	12	,9750 ^C		
HSD ^{a,b}	20,00	12		1,1167 ^B	
	10,00	12			1,5000 ^A
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,010.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b. Alpha = ,05.

kadar logam Pb

	perlakuan sampel	N	Subset			
			1	2	3	4
Tukey	pr	9	,7444 ^d			
HSD ^{a,b}	pd	9		1,0778 ^c		
	p	9			1,2889 ^b	
	tp	9				1,6778 ^a
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,010.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.