

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT (Pb, Cu, Cd, dan Hg) PADA AIR MINUM ISI ULANG DI KOTA MALANG BERBASIS SPEKTROKOPI SERAPAN ATOM MENGGUNAKAN METODE PCA

SKRIPSI

Oleh:

SILVI NADYA MARGARETA

NIM. 15640013



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

HALAMAN PENGANTAR

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT (Pb, Cu, Cd, dan Hg) PADA AIR MINUM ISI ULANG DI KOTA MALANG BERBASIS SPEKTROKOPI SERAPAN ATOM MENGGUNAKAN METODE PCA

SKRIPSI

Diajukan kepada:

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

Oleh:

**SILVI NADYA MARGARETA
NIM. 15640013**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK
IBRAHIM MALANG
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT (Pb, Cu, Cd, dan Hg) PADA AIR MINUM ISI ULANG DI KOTA MALANG BERBASIS SPEKTROSKOPI SERAPAN ATOM MENGGUNAKAN METODE PCA

SKRIPSI

Oleh:
Silvi Nadya Margareta
NIM. 15640013

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada tanggal 30 Oktober 2019

Pembimbing I



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

Pembimbing II



Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

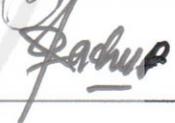
HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT (Pb, Cu, Cd, dan Hg) PADA AIR MINUM ISI ULANG DI KOTA MALANG BERBASIS SPEKTROKOPI SERAPAN ATOM MENGGUNAKAN METODE PCA

SKRIPSI

Oleh:
Silvi Nadya Margareta
NIM. 15640013

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si) Tanggal 5 November 2019

Penguji Utama	: <u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua Penguji	: <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Sekretaris Penguji	: <u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Anggota Penguji	: <u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika




Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Silvi Nadya Margareta
NIM : 15640013
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada Air Minum Isi Ulang di Kota Malang Berbasis Spektroskopi Serapan Atom Menggunakan Metode PCA

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

Malang, 28 Oktober 2019
Yang Membuat Pernyataan,



Silvi Nadya Margareta
NIM. 15640013

MOTTO

Ikhtiyar, Doa, dan Tawakkal



HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya Jamin Nuriyanto dan Badiatul Rohmah. Terima kasih karena selalu mendoakan dan memberi dukungan sehingga saya bisa sampai pada titik ini. Berkah doa Ayah dan Mama semoga selalu diijabah.



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini tidak lupa juga penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang memberikan banyak kesabaran, tenaga, waktu, dan ilmu dalam membimbing penulis agar skripsi ini tersusun dengan baik dan benar.
5. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan Al-Qur'an serta Hadits.
6. Bapak Farid Samsu Hananto, M.T dan Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Penguji Utama dan Ketua Penguji, yang bersedia meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan pengarahan serta masukan.
7. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan dan pengarahan.
8. Kedua orangtua dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga.
9. Teman-teman Fisika angkatan 2015 yang selalu memberikan dukungan serta motivasi.
10. Tim Sensor yang selalu rame dan solid, terima kasih atas kerjasamanya.

11. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan motivasi dalam penulisan skripsi ini. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis sangat menyadari masih ada banyak kekurangan dan kekeliruan dikarenakan keterbatasan kemampuan.

Malang, 28 Oktober 2019

Penulis



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, keinginan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan hasil ini dengan baik. Skripsi yang telah penulis susun ini berjudul “**Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada Air Minum Isi Ulang di Kota Malang Berbasis Spektroskopi Serapan Atom Menggunakan Metode PCA**”. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang, yang penuh dengan ilmu pengetahuan luar biasa saat ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan penulisan skripsi ini. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun secara tidak langsung demi kesuksesan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat banyak kesalahan. Oleh karena itu, penulis juga mohon maaf apabila dalam penyusunan skripsi ini ada beberapa kekurangan dan kesalahan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Malang, 28 Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Air Minum	9
2.2 Air Minum Isi Ulang	11
2.3 Sumber Air Minum	12
2.4 Persyaratan Kualitas Air Minum	14
2.5 Logam Berat	18
2.5.1 Timbal (Pb)	19
2.5.2 Tembaga (Cu)	20
2.5.3 Kadmium (Cd)	22
2.5.4 Merkuri (Hg)	23
2.6 Spektroskopi Serapan Atom	24
2.6.1 Teori Spektroskopi Serapan Atom	24
2.6.2 Instrumentasi Spektroskopi Serapan Atom	27
2.6.3 Gangguan dalam Spektroskopi Serapan Atom	30
2.7 PCA (<i>Principal Component Analysis</i>)	31
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Jenis Penelitian	34
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	34
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	34
3.3.1 Alat Penelitian	34
3.3.2 Bahan Penelitian	35
3.4 Prosedur Penelitian	35
3.4.1 Preparasi Sampel	36
3.4.2 Pengujian dengan Spektroskopi Serapan Atom	38
3.4.3 Analisis Data	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Data Hasil Penelitian.....	43
4.1.1 Kadar Logam Pb dalam Sampel.....	46
4.1.2 Kadar Logam Cu dalam Sampel.....	49
4.1.3 Kadar Logam Cd dalam Sampel.....	51
4.1.4 Kadar Logam Hg dalam Sampel.....	53
4.1.5 Kualitas Air Minum Isi Ulang Berdasarkan Standar Menkes.....	55
4.1.6 Pengolahan Data Hasil Menggunakan PCA.....	60
4.2 Pembahasan.....	65
4.3 Kajian Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam.....	70
BAB V PENUTUP.....	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Umum Komponen Spektroskopi Serapan Atom.....	27
Gambar 2.2	Diagram Skematik <i>Hallow Cathode Lamp</i>	28
Gambar 2.3	<i>Photomultiplier Tube</i>	29
Gambar 2.4	Hasil Analisis Menggunakan Metode PCA	33
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 4.1	Sampel Air Minum Isi Ulang	41
Gambar 4.2	Grafik Kadar Logam Pb dalam Sampel.....	47
Gambar 4.3	Grafik Kadar Logam Cu dalam Sampel.....	50
Gambar 4.4	Grafik Kadar Logam Cd dalam Sampel.....	52
Gambar 4.5	Grafik Kadar Logam Hg dalam Sampel	54
Gambar 4.6	Grafik Kadar Logam Pb Beserta Standar Menkes.....	56
Gambar 4.7	Grafik Kadar Logam Cu Beserta Standar Menkes	57
Gambar 4.8	Grafik Kadar Logam Cd Beserta Standar Menkes	58
Gambar 4.9	Grafik Kadar Logam Hg Beserta Standar Menkes	59
Gambar 4.10	<i>Scree Plot</i> Kadar Logam Berat dalam Sampel.....	61
Gambar 4.11	<i>Loading Plot</i> Kadar Logam Berat dalam Sampel.....	63
Gambar 4.12	<i>Score Plot</i> Kadar Logam Berat dalam Sampel.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Logam Berat dan Kadar Maksimum.....	19
Tabel 4.1	Kadar Logam Berat dalam Sampel	43
Tabel 4.2	Kadar Logam Pb dalam Sampel.....	46
Tabel 4.3	Kadar Logam Cu dalam Sampel	49
Tabel 4.4	Kadar Logam Cd dalam Sampel	51
Tabel 4.5	Kadar Logam Hg dalam Sampel	53
Tabel 4.6	Kadar Logam Berat dalam Sampel Beserta Standar Menkes	56
Tabel 4.7	Nilai Eigen, Proporsi, dan Kumulatif Hasil PCA.....	61



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Data Hasil Penelitian



ABSTRAK

Margareta, Silvi Nadya. 2019. **Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada Air Minum Isi Ulang di Kota Malang Berbasis Spektroskopi Serapan Atom Menggunakan Metode PCA**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Imam Tazi, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Kata Kunci: Logam Berat, Air Minum Isi Ulang, Spektroskopi Serapan Atom, PCA

Air minum isi ulang dipilih sebagai alternatif pengganti air minum dalam kemasan karena harganya yang lebih murah. Air minum memiliki manfaat yang banyak bagi tubuh, tetapi jika kadar logam berat yang terkandung melebihi standar yang telah ditetapkan oleh Menkes tentang persyaratan kualitas air minum, maka akan berdampak buruk bagi kesehatan tubuh. Pada penelitian ini dilakukan analisis kadar logam berat dalam air minum isi ulang dengan tujuan untuk mengetahui kualitas air minum isi ulang tersebut jika ditinjau dari kadar logam berat. Spektroskopi serapan atom digunakan untuk menguji kadar logam berat pada sampel. Data hasil penelitian menunjukkan sampel air minum isi ulang A1, A2, A3, A4, dan A5 mengandung logam berat dengan kadar yang melebihi standar yang telah ditetapkan oleh Menkes. PC1 dan PC2 memiliki nilai eigen yang paling tinggi. Proporsi PC1 64,6% dan PC2 24,8%, kedua PC memiliki proporsi kumulatif sebesar 89,4% dan dianggap mampu untuk mewakili keseluruhan data. Pb dan Cd merupakan variabel yang memiliki garis resultan paling panjang, hal tersebut menunjukkan bahwa kedua variabel mempunyai kontribusi yang besar terhadap pembentukan variabel baru. Ketiga sampel data sekunder A6, A7, dan A8 merupakan sampel kontrol. Sampel tersebut mengandung kadar logam berat Cu di bawah standar yang telah ditetapkan oleh Menkes dan tidak mengandung logam berat Pb, Cd, dan Hg sehingga dapat disimpulkan kualitas air minum tersebut baik. Sampel air minum isi ulang yang hampir mendekati kontrol yaitu sampel A1, A4, dan A5, sampel A2 dan A3 sangat jauh dari kontrol. Sampel yang semakin jauh dari kontrol maka kualitasnya semakin menurun.

ABSTRACT

Margareta, Silvi Nadya. 2019. **Analysis of Heavy Metal Content (Pb, Cu, Cd, and Hg) in Refill Drinking Water in Malang City Based on Atomic Absorption Spectroscopy Using the PCA Method.** Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisors: (I) Dr. Imam Tazi, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Keyword: Heavy Metal, Refill Drinking Water, Atomic Absorption Spectroscopy, PCA

Refill drinking water is chosen as an alternative to bottled water because it is cheaper. Drinking water has many benefits for the body, but if the content of heavy metals contained exceeds the standards set by the Minister of Health regarding drinking water quality requirements, it will adversely affect the health of the body. In this research, an analysis of heavy metal content in refill drinking water is carried out in order to find out the quality of refill drinking water viewed from heavy metal content. Atomic absorption spectroscopy is used to test the levels of heavy metals in the sample. The research data shows that refill drinking water A1, A2, A3, A4, and A5 contain heavy metals with levels that exceed the standards set by the Minister of Health. PC1 and PC2 have the highest eigenvalues. The proportion of PC1 is 64.6% and PC2 is 24.8%, both PCs have a cumulative proportion of 89.4% and are considered capable of representing the entire data. Pb and Cd are the variables that have the longest resultant lines, it shows that both variables have a large contribution to the formation of new variables. The third secondary data sample A6, A7, and A8 is a control sample. This sample contains heavy metal Cu content below the standards set by the Minister of Health and does not contain heavy metals Pb, Cd, and Hg so that it can be concluded that the water quality is good. Refill drinking water samples that are almost close to control, namely samples A1, A4, and A5, samples A2 and A3 are very far from control. Samples that are farther from the control the quality is decreased.

ملخص

مارغاريتا، سلفي ناديا. 2019. تحليل إقتناع المعادن الثقيلة (Pb, Cu, Cd, dan Hg) في عبوة مياه الشرب في مدينة مالانج بناء على المطياف الإمتصاص الذري يستخدم الطريقة (PCA). البحث العلمي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجية، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (I) الدكتور إمام تازي الماجستير (II) أحمد عبطاخي الماجستير.

الكلمات المفتاحيات: المعادن الثقيلة، عبوة مياه الشرب، المطياف الإمتصاص الذري، (PCA).

يختار عبوة مياه الشرب البديل المياه الشرب في الكومة لأنّ ثمنها أرخص. يملك المياه الشرب المنافع للجسم. بل، عندما قياس المعادن الثقيلة أكثر من معيار وزير الصحة فيأثر السوء لصحة الجسم. في هذا البحث، يفعل التحليل قياس المعادن الثقيلة في عبوة مياه الشرب بالهدف لمعرفة تلك جودة عبوة مياه الشرب إذا يتحرى من قياس المعادن الثقيلة. يستخدم المطياف الإمتصاص الذري لإختبار قياس المعادن الثقيلة في النموذج. يدل البيانات من حاصل البحث أنّ نموذج عبوة مياه الشرب (A1، A2، A3، A4، وA5) يقتنع المعادن الثقيلة بالقياس أكثر من معيار وزير الصحة. يملك (PC1 و PC2) القيم الذاتية الأعلى. نسبة (PC1) 64,6% و (PC2) 24,8%، هما يملك النسبة التراكمية 89,4% ويظنّ ان يستطيع ليوكّل جميع البيانات. (Pb و Cd) هو المتغير الذي يملك خط الناتجة أطول، يدل ذلك الشأن أنّ كلا المتغير يملك المساهمة الكبيرة لتشكيل المتغير الجديد. الثلاثة المتغيرات البيانات الثانوية (A6، A7، و A8) هي المتغير التحكم. يقتنع هذا المتغير قياس المعادن الثقيلة (Cu) تحت معيار وزير الصحة ولايتمتع المعادن الثقيلة (Pb، Cd، و Hg) حتى يستطيع ان يستنتج تلك جودة المياه جيدة. النموذج من عبوة مياه الشرب الذي يقارب التحكم هو المتغير (A1، A4، و A5)، المتغير (A2 و A3) بعيد جدا من التحكم. المتغير بعيد جدا من التحكم فكفؤه سينقص.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu zat yang paling penting dalam kehidupan makhluk hidup setelah udara. Air memiliki banyak manfaat selain dikonsumsi sebagai air minum diantaranya digunakan untuk mandi, mencuci, memasak, keperluan industri, pertanian, transportasi, serta sebagai sumber kehidupan bagi tanaman dan juga hewan. Secara sederhana air merupakan sumber kebutuhan bagi semua makhluk hidup.

Setiap hari manusia tidak luput dari mengonsumsi air minum, karena manusia membutuhkan air untuk tubuhnya sekitar 70-80%. Kekurangan cairan dalam tubuh akan berakibat buruk terhadap proses metabolisme tubuh manusia. Cairan pada tubuh sebagian besar berasal dari air yang diminum, oleh karena itu air minum memerlukan perlakuan yang ketat dan harus berkualitas. Bila air minum berkualitas tidak baik atau tidak memenuhi standar maka akan mengganggu kesehatan.

Banyak masyarakat yang memenuhi kebutuhan air minum dengan mengonsumsi air minum dalam kemasan. Hal ini dilakukan karena air minum dalam kemasan lebih praktis sehingga dapat dibawa kemana saja dan dapat dikonsumsi kapan saja. Akan tetapi secara ekonomis air minum dalam kemasan lebih mahal dalam mencukupi kebutuhan masyarakat sehari-hari terutama bagi kalangan mahasiswa yang sedang merantau. Sehingga sebagai alternatif beberapa

masyarakat memilih untuk mengkonsumsi air minum isi ulang yang dari sisi harga lebih murah sekitar 1/3 dari harga air minum dalam kemasan.

Air minum isi ulang diperoleh dari depot air minum isi ulang. Depot tersebut merupakan badan usaha yang bergerak dibidang pengelolaan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Dalam pengelolaannya tidak semua depot air minum isi ulang dikelola dengan baik terutama tentang kualitas air minum yang aman bagi kesehatan seperti yang dijelaskan dalam peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492 Tahun 2010. Kualitas air minum yang sehat dan layak dikonsumsi apabila memenuhi syarat fisika, mikrobiologi, kimiawi, dan radioaktif. Beberapa parameter kualitas air minum yang perlu diperhatikan adalah kandungan logam berat (Menkes RI, 2010).

Logam berat termasuk unsur penting yang dibutuhkan oleh tubuh dalam kadar yang tidak berlebihan. Hal ini dikenal dalam istilah *trace element* yaitu elemen kimia yang dibutuhkan oleh organisme hidup dalam jumlah yang sangat kecil atau kurang dari 0,1% dari volume. Logam berat esensial seperti tembaga (Cu), besi (Fe), selenium (Se), dan zink (Zn) dibutuhkan dalam kadar yang tidak berlebihan untuk menjaga metabolisme tubuh. Sebaliknya logam berat non esensial tidak mempunyai fungsi di dalam tubuh manusia, bahkan sangat berbahaya sehingga dapat menyebabkan keracunan. Logam berat non esensial diantaranya yaitu timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) (Adhani dan Husaini, 2017).

Kadar maksimum logam berat yang diperbolehkan dalam air minum untuk timbal 0,01 mg/L, tembaga 2 mg/L, merkuri 0,001 mg/L, dan kadmium 0,003 mg/L (Menkes RI, 2010). Kontaminasi logam non esensial dalam konsentrasi tinggi dapat

menimbulkan resiko terhadap kesehatan dan mengganggu sistem metabolisme tubuh. Timbal yang masuk ke dalam tubuh akan menyebabkan beberapa gejala seperti muntah-muntah, garis hitam pada gusi, kelumpuhan, kebutaan, dan pada tingkat keracunan akut akan terjadi meningitis, stupor, dan kematian (Said, 2010).

Beberapa logam lain seperti tembaga (Cu) dalam jumlah besar dapat menyebabkan rasa tidak enak pada lidah dan dapat menyebabkan kerusakan pada hati. Tembaga dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis, pada keracunan akut ditandai dengan gejala rasa terbakar pada *epigastum*. Selain itu akan timbul rasa mual dan muntah secara berulang-ulang (Irianti dkk., 2018). Dalam buku yang ditulis oleh Adhani dan Husaini (2017) menjelaskan bahwa merkuri yang masuk ke dalam tubuh akan menyebabkan sakit kepala, kelelahan, diare, ruam kulit, muntah, dan peningkatan tekanan darah. Sedangkan kadmium sangat beracun dan mengganggu sistem kinerja ginjal dan terakumulasi dalam sel tubulus proksimal dalam konsentrasi yang lebih tinggi. Kadmium dan senyawanya sangat larut dalam air dibandingkan dengan logam berat lain.

Logam berat yang masuk dalam sistem metabolisme tubuh dalam jumlah yang berlebih akan berbahaya. Menurut ajaran Islam dianjurkan untuk mengkonsumsi makanan dan minuman dari sesuatu yang halal dan baik. Makanan dan minuman yang baik berkaitan dengan kesehatan, hal ini sesuai dengan QS. al-Baqarah [2]: 168 yang berbunyi:

يَأْتِيهَا النَّاسُ كُلُّوْا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُّبِينٌ ﴿١٦٨﴾

“Hai sekalian manusia, makanlah dari (makanan) yang halal dan baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah setan;

karena sesungguhnya setan itu adalah musuh yang nyata bagimu” (QS. al-Baqarah [2]: 168).

Berdasarkan tafsir Ibnu Katsir, dijelaskan dalam surat al-Baqarah ayat 168 bahwa Allah memerintahkan kepada manusia untuk mengkonsumsi segala yang ada di bumi yaitu makanan yang halal, baik, dan bermanfaat bagi dirinya sendiri serta yang tidak membahayakan bagi tubuh dan akal pikirannya. Segala sesuatu yang akan dikonsumsi baik makanan maupun minuman harus mendapat standar kelayakan, standar itu adalah halal dan baik. Sebagaimana firman Allah “Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi”. “Hai sekalian manusia” dijelaskan dalam ilmu al-Qur’an bahwa ayat *nida’* seperti kata *an-Nas* menunjukkan arti umum. Secara lafaz pada ayat tersebut ditunjukkan kepada semua manusia akan tetapi secara makna lebih ditekankan kepada kaum muslim (Ghoffar, 2004).

Maksud dari kata *kuluu* secara bahasa artinya memakan, akan tetapi dalam ayat tersebut tidak hanya berarti makan atau memakan melainkan ditafsirkan dengan makna lebih luas yaitu mengkonsumsi, sesuatu yang biasa dikonsumsi oleh manusia baik itu makanan maupun minuman. Oleh karena itu jika dimaknai memakan maka akan memiliki arti yang lebih sempit. Makna *thayyiban* adalah lawan dari *khabitsan* atau menjijikkan. Perkara yang baik adalah yang menurut akal dan fitrah dianggap baik, yaitu yang tidak membahayakan bagi tubuh dan akal (Ghoffar, 2004).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Kahfi (2018) yaitu menganalisis kandungan logam berat timbal pada air siap minum di Kota Malang. Sampel yang digunakan diperoleh dari enam tempat air siap minum di Kota Malang. Penelitian

dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan, selanjutnya dilakukan preparasi sampel dengan menambahkan aquades, asam nitrat, dan tahap akhir adalah pengujian menggunakan spektroskopi serapan atom. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dari eman sampel yang diuji kadar timbal masih di bawah standar, atau dalam artian sehat untuk dikonsumsi.

Penelitian yang dilakukan oleh Subardi (2012) menjelaskan bahwa air minum isi ulang di Pekanbaru mengandung logam berat sangat tinggi yakni timbal berkisar antara 0,11-1,87 ppm dan kadmium berkisar antara 0,44-0,54 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan logam timbal dan kadmium melebihi standar yang ditetapkan. Peningkatan kadar timbal dalam air minum kemungkinan karena proses pengolahannya, serta air juga dapat terkontaminasi ketika mengalir melalui pipa atau keran kuningan yang mengandung timbal. Untuk menentukan kadar timbal dan kadmium sampel diawetkan dengan NHO_3 pekat sampai $\text{pH} < 2$. Setelah sampel siap maka dilakukan pengujian menggunakan spektroskopi serapan atom pada panjang gelombang 283,0 nm untuk timbal dan 228,8 nm untuk kadmium dan dilakukan sampai tiga kali perulangan.

Penelitian untuk mengetahui kadar timbal, besi, dan mangan dari beberapa depot air minum isi ulang di Kota Palu telah dilakukan oleh Nuraini., dkk (2015). Penentuan besarnya konsentrasi kandungan logam dianalisis menggunakan spektroskopi serapan atom. Sampel yang digunakan sebagai subjek penelitian adalah air minum isi ulang dari tiga depot. Sampel yang akan dianalisis diawetkan dengan larutan NHO_3 pekat sebanyak 5 tetes kemudian dipanaskan menggunakan

hot plate dengan temperatur 100°C. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa logam mangan dalam air minum isi ulang melebihi batas ambang.

Peneliti yang lain yaitu Ismayanti., dkk (2019) menganalisis logam besi, krom, kadmium, dan timbal dalam air minum isi ulang kemasan menggunakan spektroskopi serapan atom. Parameter dari penelitian tersebut menggunakan parameter fisika yang meliputi bau, rasa, warna, suhu, dan pH. Sedangkan parameter kimia meliputi besi, krom, kadmium, dan timbal. Besi diuji sesuai dengan SNI 6989.4-2009, timbal diuji dengan cara kerja analisis sesuai dengan SNI 06-6989.9-2004, krom diuji dengan cara kerja analisis sesuai dengan SNI 06-6989.17-2004, dan kadmium diuji dengan cara kerja analisis sesuai dengan SNI 06-6989.16-2004. Hasil penelitiannya menunjukkan adanya parameter besi, timbal, dan krom yang melebihi standar kualitas air minum. Kadar logam yang melebihi standar air minum yang telah ditentukan akan mengganggu kesehatan manusia, terutama bila dikonsumsi dalam jangka panjang.

Penelitian kali ini menggunakan parameter logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) yang merupakan jenis logam berat paling berbahaya terhadap kesehatan manusia. Penggunaan parameter tersebut diharapkan agar sampel yang diuji benar-benar layak untuk dikonsumsi, serta pada tahap analisis data ditambahkan metode PCA sebagai analisis lanjutan. Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul “Analisis kandungan logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada air minum isi ulang di Kota Malang berbasis spektroskopi serapan atom menggunakan metode PCA”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah air minum isi ulang di Kota Malang mengandung logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg)?
2. Berapa kadar logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada air minum isi ulang di Kota Malang?
3. Bagaimana kualitas air minum isi ulang berdasarkan standar Menteri Kesehatan RI No. 429 Tahun 2010?
4. Bagaimana hasil analisis menggunakan metode PCA?

1.3 Tujuan Penelitian

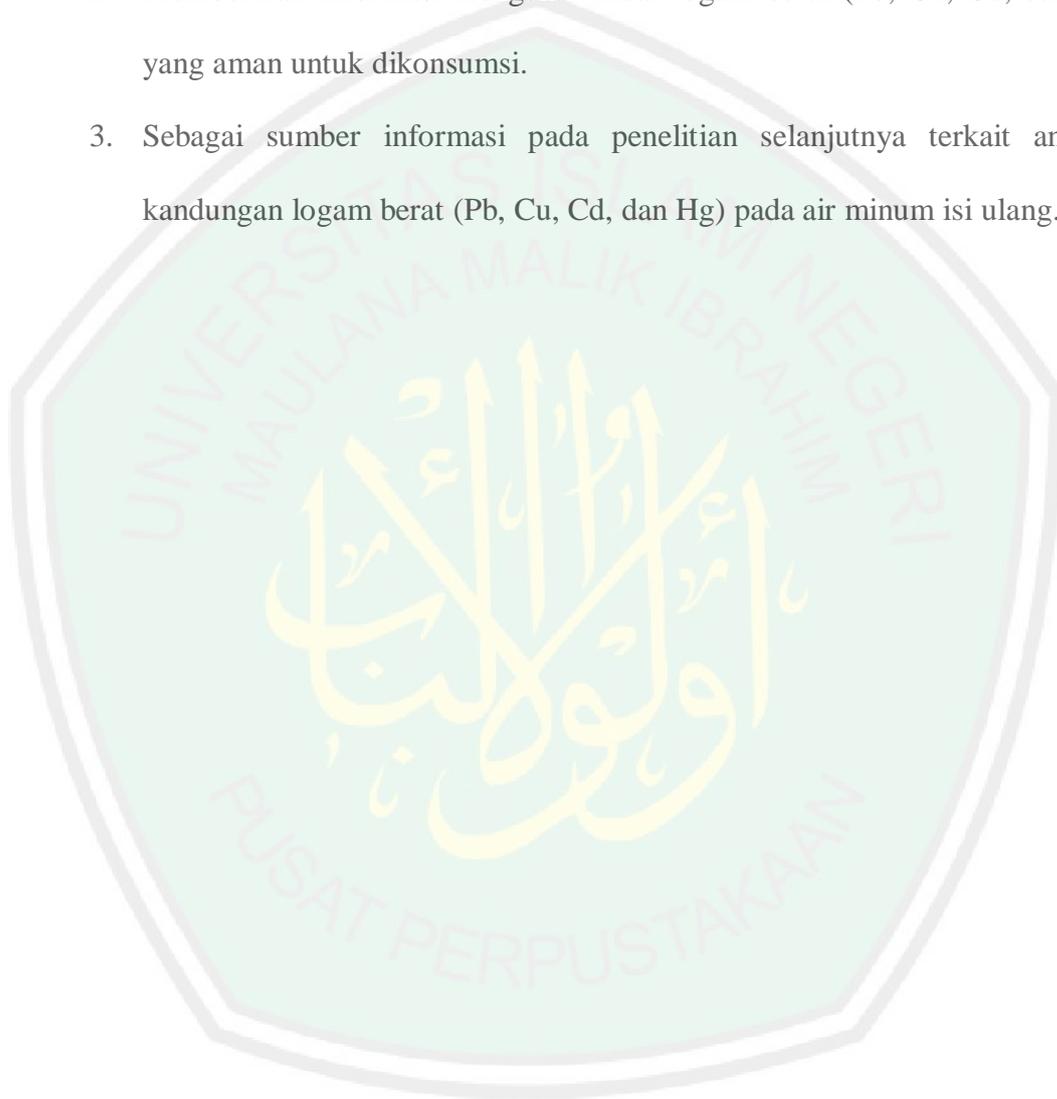
1. Untuk mengetahui kandungan logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada air minum isi ulang di Kota Malang.
2. Untuk mengetahui kadar logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada air minum isi ulang di Kota Malang.
3. Untuk mengetahui kualitas air minum isi ulang berdasarkan standar Menteri Kesehatan RI No. 429 Tahun 2010.
4. Untuk mengetahui hasil analisis menggunakan metode PCA.

1.4 Batasan Masalah

1. Air minum isi ulang yang diuji diperoleh di Kota Malang.
2. Parameter yang digunakan hanya logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg).
3. Standar yang digunakan merupakan standar Menteri Kesehatan RI No. 429 Tahun 2010.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi terkait kandungan logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada air minum isi ulang di Kota Malang.
2. Memberikan informasi mengenai kadar logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) yang aman untuk dikonsumsi.
3. Sebagai sumber informasi pada penelitian selanjutnya terkait analisis kandungan logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada air minum isi ulang.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Minum

Air minum adalah air yang memenuhi syarat kesehatan dengan adanya proses pengolahan maupun tanpa melalui proses pengolahan dan dapat langsung dikonsumsi (Menkes RI, 2010). Air minum merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting oleh karena itu manusia harus memenuhi kebutuhan air minum dengan jumlah dan kualitas yang baik. Air minum yang dikonsumsi sesuai dengan syarat dan standar yang sesuai mampu meningkatkan kesejahteraan hidup dilihat dari segi kesehatan.

Sekitar 65-70% berat total tubuh manusia terdiri dari air. Kehilangan 1-2% air akan menyebabkan rasa haus, apabila kehilangan 5% air akan menyebabkan halusinasi dan kehilangan 10-15% air di dalam tubuh dapat berakibat fatal. Manusia dapat bertahan hidup selama beberapa hari tanpa makan, tetapi manusia hanya dapat bertahan hidup satu atau dua hari tanpa minum. Dengan demikian air sangat penting bagi tubuh manusia (Prihatini, 2012).

Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492 Tahun 2010 terdapat beberapa jenis air yang dapat dijadikan sebagai sumber air minum yaitu air minum kemasan, air minum isi ulang, air minum yang didistribusikan melalui pipa untuk keperluan rumah tangga, dan air minum yang didistribusikan melalui tangki air. Semua jenis air tersebut harus memenuhi syarat kesehatan dan kelayakan sebagai air minum (Prihatini, 2012).

Semua jenis air adalah rezeki dari Allah yang sangat melimpah dan tidak ada habisnya. Allah SWT menurunkan air untuk memenuhi kebutuhan semua makhluk hidup, manusia, tumbuhan, dan hewan sebagaimana firman Allah dalam surat QS. al-Furqan [25]: 48-49 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا ﴿٤٨﴾ لِنَحْيِي بِهِ بَلَدَةً مَيِّتًا وَنُسْقِيَهُ مِمَّا خَلَقْنَا أَنْعَمًا وَأُنَاسِيًا كَثِيرًا ﴿٤٩﴾

“Dialah yang meniupkan angin (sebagai) pembawa kabar gembira dekat sebelum kedatangan rahmat-Nya (hujan); dan Kami turunkan dari langit air yang amat bersih. Agar Kami menghidupkan dengan air itu negeri (tanah) yang mati, dan agar Kami memberi minum dengan air itu sebagian besar dari makhluk Kami, binatang-binatang ternak dan manusia yang banyak” (QS. al-Furqan [25]: 48-49).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah yang meniupkan angin sebagai pembawa kabar gembira. Angin memiliki sifat yang bermacam-macam salah satunya adalah angin yang membuahi awan untuk menurunkan hujan, yakni sebagai sarana untuk bersuci. Setiap tetes air yang diturunkan Allah dari langit dapat menumbuhkan dan menghidupkan tumbuhan di muka bumi. Sesuai firman Allah *“Agar Kami menghidupkan dengan air itu negeri (tanah) yang mati”*. Tanah yang pada awalnya gersang dan tandus tidak ada tumbuhan dan pohon, setelah turun hujan akan hidup dan subur kembali serta memiliki bunga yang beraneka warna (Ghoffar, 2004).

Selain tumbuhan Allah menurunkan air agar dapat dimanfaatkan oleh semua makhluk hidup, yaitu manusia dan hewan yang sangat membutuhkan. Seperti firman Allah *“Dan agar Kami memberi minum dengan air itu sebagian besar dari makhluk kami, binatang-binatang ternak dan manusia yang banyak”*. Semua makhluk hidup membutuhkan air untuk kelangsungan hidupnya, oleh karena itu

harus banyak bersyukur atas rezeki Allah berupa air yang sangat melimpah (Ghoffar, 2004).

2.2 Air Minum Isi Ulang

Air minum isi ulang merupakan salah satu jenis air minum yang dapat langsung diminum tanpa dimasak terlebih dahulu karena telah mengalami proses pemurnian. Untuk memperoleh air minum dengan kualitas tinggi maka perlu dilakukan pengolahan dan pemurnian. Proses pengolahan air minum bergantung pada kualitas air baku dan peralatan yang digunakan. Prinsip pengolahan air minum isi ulang yaitu menghilangkan bau, rasa, warna, dan bahan kimia berbahaya serta menghilangkan mikroorganisme (Triwuri, 2017).

Terdapat tiga cara desinfektan pada air minum isi ulang yaitu (Triwuri, 2017):

1. Ozon

Ozon merupakan oksidator kuat yang bereaksi cepat dengan semua zat organik. Oksidator adalah zat yang mengoksidasi zat lain dalam suatu reaksi redoks. Ozon bersifat bakterisida, algasida, dan virusida yang artinya dapat membunuh bakteri, alga, dan virus. Selain itu ozon juga dapat mengubah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana.

2. Sinar ultraviolet

Radiasi sinar ultraviolet dapat membunuh bakteri tanpa meninggalkan sisa-sisa radiasi pada air. Desinfektan yang menggunakan sinar ultraviolet memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan ozon diantaranya yaitu tanpa bahan kimia, tanpa rasa atau bau, sangat efektif dalam membunuh bakteri patogen, tidak

mengandung efek samping yang membahayakan, tidak bergantung pada pH, mudah dalam pengoperasiannya, dan dapat menentukan dosis dengan tepat.

3. *Reverse osmosis*

Reverse osmosis adalah salah satu unit pengolahan air dengan menggunakan membran semipermeabel. Membran ini merupakan suatu jenis membran polimer biologis yang memungkinkan suatu molekul atau ion tertentu melewatinya dengan difusi atau transpor aktif. Laju pelewatan molekul atau ion dipengaruhi oleh tekanan, suhu, dan konsentrasi dari molekul terlarut, serta permeabilitas membran pada masing-masing zat terlarut. Sistem ini mampu mereduksi logam dan garam yang berlebih seperti sodium (S), potasium (P), timbal (Pb), arsen (As), dan kadmium (Cd) hingga 98%. Selain itu *reverse osmosis* dapat mereduksi senyawa organik, virus, bakteri, jamur, dan pestisida yang tercemar.

2.3 Sumber Air Minum

Sumber air minum merupakan salah satu faktor penting yang menentukan air minum tersebut layak atau tidak untuk dikonsumsi, aman dan tidaknya bagi kesehatan. Air yang aman bagi kesehatan bila tidak mengandung parameter fisika, kimia, mikrobiologi, dan radioaktif dalam jumlah yang berlebihan. Sumber air minum secara umum dibagi menjadi dua yaitu air tanah dan air permukaan (Parulian, 2009).

1. Air Tanah

Air tanah berasal dari air hujan yang meresap ke dalam tanah. Pada proses peresapan tersebut, air tanah mengalami penyaringan oleh lapisan-lapisan yang ada di dalam tanah sehingga air tanah lebih jernih jika dibandingkan dengan air

permukaan. Air tanah mengandung mineral yang cukup tinggi. Kandungan mineral dan sifat air tanah dipengaruhi oleh lapisan tanah yang dilewatinya. Kandungan mineral pada air tanah meliputi Na, Mg, Fe, O₂, dan Ca (Parulian, 2009).

Keadaan tanah yang berkapur menyebabkan tingkat kesadahan air tanah relatif tinggi. Air tanah yang berada di daerah berkapur mengandung ion mg²⁺ dan Ca²⁺ yang cukup tinggi. Keadaan tanah yang mengandung batu granit akan menyebabkan air tanah memiliki tingkat kesadahan yang rendah karena terdapat unsur mineral HCO₃ dan CO₂. Air tanah digolongkan menjadi tiga yang berkaitan dengan kualitas, kuantitas, dan mineral yang terkandung diantaranya yaitu air tanah dangkal, air tanah dalam, dan mata air (Parulian, 2009).

2. Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang terdapat di permukaan tanah, diantaranya yaitu air sumur, rawa, sungai, dan danau. Air permukaan berasal dari air hujan yang meresap dan membentuk mata air di sebuah gunung atau hutan kemudian mengalir di permukaan bumi dan berkumpul pada suatu permukaan cekung yang membentuk danau, rawa, dan lainnya. Pada umumnya air permukaan terlihat kotor dan berwarna hal itu dikarenakan pasir, kotoran, dan lumpur ikut terbawa oleh air. Air permukaan digunakan dalam berbagai keperluan seperti irigasi, kebutuhan rumah tangga, pembangkit listrik, industri, dan dikonsumsi sebagai air minum. Agar dapat diminum air yang bersumber dari air permukaan diolah terlebih dahulu dengan cara direbus maupun melalui proses desinfektan (Parulian, 2009).

2.4 Persyaratan Kualitas Air Minum

Air minum yang aman bagi kesehatan adalah air yang memenuhi empat syarat parameter yaitu parameter fisika, mikrobiologi, kimiawi, dan radioaktif. Persyaratan tersebut sesuai dengan keputusan pemerintah pada peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492 Tahun 2010. Penjelasan lebih lanjut mengenai parameter tersebut dijelaskan sebagai berikut (Menkes RI, 2010):

1. Parameter Fisika

Air minum berdasarkan parameter fisika harus jernih, tidak berwarna, tidak bau, dan tidak berasa. Syarat lain yang harus terpenuhi yaitu suhu. Berikut penjelasan berdasarkan parameter fisika (Joko, 2010):

a. Bau

Bau disebabkan karena adanya senyawa lain yang terkandung di dalam air seperti gas H_2S , NH_3 , senyawa klorofenol, fenol, dan yang lain. Pengukuran biologis senyawa organik akan menghasilkan bau pada zat cair dan gas. Bau yang disebabkan oleh senyawa organik dapat mengganggu dari segi estetika selain itu beberapa senyawanya juga dapat bersifat karsinogenik.

b. Warna

Air minum yang aman yaitu tidak berwarna, jernih, dan bening. Pada dasarnya warna air dibedakan menjadi dua yaitu warna semu yang disebabkan oleh unsur tersuspensi dan warna sejati yang disebabkan oleh zat organik dan zat koloidal.

c. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh kandungan *total suspended solid* baik yang bersifat organik maupun anorganik. Zat organik dapat berasal dari lapukan hewan dan tumbuhan, sedangkan zat anorganik berasal dari lapukan batuan dan logam.

d. Rasa

Syarat air minum yang lain yaitu tidak boleh berasa. Air yang berasa menunjukkan adanya zat lain yang dapat membahayakan kesehatan. Seperti contoh rasa asam dapat disebabkan oleh asam organik atau anorganik dan rasa asin dapat disebabkan oleh garam yang terlarut di dalam air.

e. Suhu

Suhu air standarnya sama dengan suhu udara yaitu 25°C dan batas toleransi yang diperbolehkan yaitu 25°C hingga kurang lebih 3°C. Air pada suhu normal mencegah terjadinya pelarutan zat kimia.

2. Parameter Mikrobiologi

Air minum tidak boleh mengandung bakteri-bakteri patogen dan parasit seperti tifus, disentri, kolera, dan gastroenteritis. Untuk mengetahui adanya bakteri patogen tersebut maka perlu dilakukan pengamatan ada tidaknya bakteri patogen. Bakteri patogen yang ada pada air bersih salah satunya yaitu *Escherichia Coli*, bakteri tersebut merupakan indikator pencemaran air. Air yang tercemar oleh bakteri dapat menyebabkan gangguan pada tubuh manusia yaitu diare. Proses penghilangan bakteri dilakukan dengan desinfeksi (Joko, 2010).

3. Parameter Kimia

Air minum yang sesuai standar kesehatan tidak mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah tertentu yang tidak melampaui batas. Beberapa persyaratan dalam parameter kimia antara lain (Joko, 2010):

a. pH

pH merupakan faktor penting pada air minum, pH air minum antara $< 6,5$ dan $> 8,5$.

b. Zat organik sebagai KMnO_4

Zat organik dalam air dapat berasal dari alam (tumbuhan, gula, selulosa, dan pati), sintesis (proses produksi), dan fermentasi. Zat organik yang berlebihan akan menimbulkan bau yang tidak sedap pada air.

c. Kesadahan

Kesadahan adalah sifat air yang disebabkan karena adanya ion-ion (kation) logam valensi, misalnya Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^+ , dan Fe^+ . Air sadah mempunyai titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan air biasa.

d. Besi

Besi dalam air bersifat terlarut, air menjadi merah kekuningan, menimbulkan bau amis, dan membentuk lapisan minyak.

e. Mangan

Mangan dalam air biasanya membentuk MnO_2 dan bersifat terlarut. Adanya mangan yang berlebihan akan menimbulkan rasa dan menyebabkan warna ungu atau hitam pada air, serta mangan juga bersifat toksik.

f. Tembaga

Tembaga pada kadar yang lebih dari 2 mg/L akan menyebabkan rasa tidak enak pada lidah dan dapat menyebabkan gejala muntaber, ginjal, pusing, dan dapat menyebabkan kerusakan pada hati.

g. Seng

Tubuh membutuhkan seng untuk proses metabolisme, tetapi pada dosis tinggi dapat bersifat sebagai racun. Kelebihan kadar $Zn > 3$ mg/L dalam air minum akan menyebabkan rasa pahit dan bila dimasak akan timbul endapan seperti pasir.

h. Klorida

Klorida memiliki tingkat toksisitas yang bergantung pada gugus senyawanya. Klor biasanya digunakan sebagai desinfektan dalam penyediaan air minum. Kadar klor yang melebihi 250 mg/L akan menyebabkan rasa asin dan korosif pada logam.

i. Nitrit

Nitrit dapat menyebabkan *methemoglobinemia* terutama pada bayi yang minum minuman yang mengandung nitrit.

j. Fluorida

Kadar fluorida < 2 mg/L dapat menyebabkan kerusakan pada gigi dan bila terlalu banyak akan menyebabkan gigi berwarna kecoklatan.

k. Logam berat (Pb, As, Cd, Hg, Cn, dan Se)

Adanya logam berat dalam air minum akan menyebabkan gangguan pada jaringan syaraf, pencernaan, dan kanker.

4. Parameter Radioaktif

Air minum yang aman adalah yang terhindar dari kontaminasi zat berbahaya seperti radioaktif. Radioaktif dapat menimbulkan kerusakan sel dalam tubuh yang kemudian akan menyebabkan perubahan komposisi genetika. Komposisi genetika yang berubah akan menimbulkan penyakit seperti mutasi sel dan kanker.

2.5 Logam Berat

Logam dikelompokkan dalam dua jenis, yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat adalah logam dengan berat lebih dari 5 g/cm^3 dan dikategorikan sebagai logam esensial dan non esensial. Sedangkan logam ringan adalah logam dengan berat kurang dari 5 g/cm^3 . Logam berat merupakan komponen alami yang ada di dalam tanah. Komponen tersebut tidak dapat didegradasi (*Non degradable*) maupun dihancurkan. Senyawa ini dapat masuk ke dalam tubuh melalui air minum, makanan, dan udara (Irianti dkk., 2018).

Pada kadar rendah logam berat diperlukan oleh makhluk hidup untuk pengaturan fungsi kimia dan fisiologi tubuh. Hal ini dikenal dengan nama *trace element*, yaitu elemen kimia yang dibutuhkan oleh organisme hidup dalam jumlah yang sangat kecil (kurang dari 0,1% dari volume). Sebagai *trace element* beberapa logam berat seperti selenium (Se), tembaga (Cu), besi (Fe), dan zink (Zn) sangat penting untuk tubuh. Logam berat dapat menjadi berbahaya atau beracun bagi tubuh ketika memiliki kadar yang berlebihan dalam tubuh (Irianti dkk., 2018).

Timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) adalah jenis logam berat yang masuk dalam kategori logam yang tidak mempunyai fungsi dalam tubuh manusia serta berbahaya dan beracun bagi kehidupan makhluk hidup. Beberapa logam lain

yang cukup berbahaya bagi tubuh yaitu kromium (Cr) dan aluminium (Al). Logam berat non esensial dapat bersenyawa dengan protein sehingga senyawa tersebut disebut metalotionin yang dapat menyebabkan toksik (Nasution, 2009).

Logam berat merupakan parameter kimia. Ketentuan kadar maksimum logam berat yang diperbolehkan dalam air minum berdasarkan persyaratan Menteri Kesehatan RI No. 492 Tahun 2010 dapat dilihat pada tabel 2.1 (Menkes RI, 2010).

Tabel 2.1 Parameter Logam Berat dan Kadar Maksimum (Menkes RI, 2010).

No.	Parameter Logam Berat	Kadar Maksimum
1	Timbal (Pb)	0,01 mg/L
2	Tembaga (Cu)	2 mg/L
3	Kadmium (Cd)	0,003 mg/L
4	Merkuri (Hg)	0,001 mg/L

2.5.1 Timbal (Pb)

Timbal adalah logam berkilau yang berwarna putih kebiruan atau kelabu keperakan. Logam ini memiliki nomor atom 82, berat atom 207,20 g/mol, titik leleh 327°C, dan titik didih 1755°C. Beberapa sifat khusus logam timbal yaitu sangat lunak sehingga dapat dipotong menggunakan pisau atau tangan, sangat lembut sehingga dapat dibentuk dengan mudah, tahan terhadap korosi atau karat sehingga sering digunakan sebagai bahan *coating*. Timbal merupakan konduktor listrik lemah yang memiliki kerapatan lebih besar dibandingkan dengan logam biasa kecuali emas dan merkuri (Irianti dkk., 2018).

Timbal banyak digunakan dalam pembuatan gelas, cat minyak, penstabil senyawa-senyawa PVC, zat pengoksidasi, bahan bakar, dan pestisida. Dalam ruang

lingkup industri baterai kendaraan bermotor, timbal metalik dan komponennya digunakan sebagai *grid* yang merupakan suatu persenyawaan dengan logam berat. Timbal juga digunakan untuk produk-produk logam seperti pelapis kabel, pipa, solder, dan amunisi. Timbal juga bermanfaat sebagai campuran dalam pembuatan pelapis keramik yang disebut glasir (silika) dengan oksida lainnya. Komponen timbal (PbO) ditambahkan pada proses pembuatan glasir untuk membentuk sifat yang mengkilap (Irianti dkk., 2018).

Dampak timbal bagi tubuh manusia sangat banyak terutama pada anak-anak yaitu dapat menyebabkan gangguan pada fase awal pertumbuhan fisik dan mental yang kemudian akan berakibat pada fungsi kemampuan akademik dan kecerdasan. Dalam jangka panjang timbal terakumulasi pada gigi, tulang, dan gusi. Jika konsentrasi timbal bertambah akan menyebabkan anemia dan kerusakan fungsi otak serta kegagalan fungsi ginjal (Nuraini dkk., 2015).

Kadar logam timbal (Pb) dapat hitung dengan menggunakan persamaan (BSN, 2004):

$$\text{Pb (mg/L)} = C \times \text{fp} \quad (2.1)$$

dimana C adalah kadar yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L) dan fp adalah faktor pengenceran.

2.5.2 Tembaga (Cu)

Tembaga memiliki nomor atom 29, berat atom 63,546 g/mol, titik leleh 1083°C, titik didih 2595°C. Tembaga merupakan logam transisi golongan I B berwarna kemerahan, mudah regang, dan mudah ditempa. Logam ini dapat memantulkan cahaya merah dan oranye serta dapat menyerap cahaya frekuensi lain

pada spektrum tampak. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang sangat baik, selain itu tembaga memiliki reaktifitas kimia rendah. Logam ini akan membentuk permukaan film kehijauan secara perlahan pada udara lembab. Permukaan film tersebut disebut patina (Irianti dkk., 2018).

Logam tembaga termasuk logam berat esensial, meskipun beracun tetapi tetap dibutuhkan bagi tubuh manusia dalam jumlah kecil. Dalam konsentrasi rendah tembaga dapat merangsang pertumbuhan organisme, sebaliknya bila dalam konsentrasi tinggi tembaga berubah menjadi penghambat. Dalam jumlah yang besar tembaga menyebabkan rasa tidak enak pada lidah dan dapat menyebabkan kerusakan pada hati (Irianti dkk., 2018).

Keracunan akut karena tembaga (Cu) dapat dilihat dengan timbulnya penyakit Wilson dan Kinsky. Gejala dari penyakit Wilson yaitu kerusakan pada otak serta terjadi penurunan kerja ginjal dan pengendapan tembaga dalam kornea mata. Penumpukan tembaga di kornea mata dapat menyebabkan katarak, selain itu tanda khas dari penyakit Wilson adalah ditemukannya *Kayser-Fleischer rings*. Hal ini terjadi akibat penumpukan tembaga di kornea mata sehingga tampak seperti cincin berwarna gelap (Irianti dkk., 2018).

Gejala klinis keracunan akut logam tembaga antara lain kolik abdomen, muntah-muntah, gastroenteritis diikuti diare, serta feses berwarna hijau kebiruan. Gejala lain yang terjadi yaitu syok berat, denyut nadi meningkat, dan suhu tubuh turun drastis. Penderita akan mengalami kematian setelah 24 jam semenjak munculnya gejala-gejala tersebut (Irianti dkk., 2018).

Kadar logam tembaga (Cu) dapat hitung dengan menggunakan persamaan (BSN, 2009):

$$\text{Cu (mg/L)} = C \times fp \quad (2.2)$$

dimana C adalah kadar yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L) dan fp adalah faktor pengenceran.

2.5.3 Kadmium (Cd)

Kadmium memiliki nomor atom 48, berat atom 112,41 g/mol, berat jenis 8,642 g/cm³ pada suhu 20°C, titik leleh 320,9°C, titik didih 767°C, dan tekanan uap 0,013 Pa pada suhu 180°C. Kadmium merupakan logam alami yang ada di dalam kerak bumi. Kadmium yang murni berbentuk logam lunak berwarna putih perak, akan tetapi kadmium murni sampai saat ini belum ditemukan. Kadmium yang ada saat ini biasa ditemukan sebagai mineral yang terikat dengan unsur lain seperti oksigen, sulfur, dan klorin. Logam ini berada pada urutan ke 7 sebagai logam berat tertoksik (Irianti dkk., 2018).

Kadmium merupakan komponen campuran logam yang memiliki titik lebur rendah. Logam ini biasa digunakan dalam aplikasi sepuhan listrik. Kadmium metalik banyak digunakan sebagai suatu agen anti korosif. Pada saat ini kadmium digunakan pada baterai isi ulang dan pada produksi logam campur. Tiga per empat kadmium berfungsi sebagai komponen elektroda pada baterai alkalin, dan selebihnya digunakan pada pelapisan dan penstabil plastik. Senyawa kadmium digunakan sebagai fosfor tabung TV hitam putih dan fosfor hijau pada TV berwarna (Irianti dkk., 2018).

Tubuh manusia tidak memerlukan kadmium dalam fungsi pertumbuhannya, karena kadmium merupakan logam yang sangat beracun bagi manusia. Keracunan akut karena kadmium akan menyebabkan gejala gastroenteritis dan penyakit ginjal. Gejala keracunan kadmium sangat mirip dengan penyakit glomerulonefritis. Pada fase lanjut dari keracunan kadmium ditemukan pelunakan dan patah pada tulang punggung. Gejala yang muncul adalah sakit pinggang, patah tulang, tekanan darah tinggi, gejala influenza, dan kerusakan ginjal (Said, 2010).

Kadar logam kadmium (Cd) dapat hitung dengan menggunakan persamaan (BSN, 2009):

$$\text{Cd (mg/L)} = C \times \text{fp} \quad (2.3)$$

dimana C adalah kadar yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L) dan fp adalah faktor pengenceran.

2.5.4 Merkuri (Hg)

Merkuri atau air raksa memiliki nomor atom 80, berat atom 200,59 g/mol, berat jenis 13,55 g/cm³, titik leleh -38,90°C, titik didih 357,30°C, tekanan uap 163x10⁻³ Pa, kelarutan dalam air 60 µg/L pada suhu 20°C, dan 250 µg/L pada suhu 50°C dengan faktor konversi 1 mg/kg sama dengan 8,34 mg/m³ serta 1 mg/m³ sama dengan 0,12 mg/kg. Merkuri adalah satu-satunya logam berbentuk cairan pada temperatur normal. Merkuri disebut sebagai *quicksilver* karena berwarna putih keperakan serta mengkilap (Irianti dkk., 2018).

Logam merkuri memiliki banyak kegunaan, karena memiliki kerapatan yang tinggi merkuri digunakan dalam barometer dan manometer. Penggunaan merkuri juga diterapkan pada termometer karena ekspansi panas tinggi yang cukup konstan

pada rentang temperatur luas. Banyak industri menggunakan logam merkuri sebagai cairan elektroda dan sodium hidroksida melalui elektrolisis garam. Merkuri biasanya digunakan pada peralatan listrik seperti saklar (Irianti dkk., 2018).

Merkuri dibagi menjadi tiga jenis yaitu merkuri metalik, merkuri anorganik, dan merkuri organik. Merkuri metalik adalah logam murni yang berbentuk cair pada suhu kamar 25°C dan mudah menguap. Uap merkuri menyebabkan efek samping yang sangat merugikan kesehatan dan berbahaya. Hal ini disebabkan karena uap merkuri tidak terlihat dan mudah terhisap pernafasan. Merkuri anorganik biasanya digunakan sebagai desinfektan. Sedangkan contoh dari senyawa merkuri organik adalah alkil merkuri. Sekitar 80% keracunan bersumber dari alkil merkuri (Irianti dkk., 2018).

Kadar logam merkuri (Hg) dapat hitung dengan menggunakan persamaan (BSN, 2011):

$$\text{Hg } (\mu\text{g/L}) = C \times \text{fp} \quad (2.4)$$

dimana C adalah kadar yang didapat dari hasil pengukuran ($\mu\text{g/L}$) dan fp adalah faktor pengenceran.

2.6 Spektroskopi Serapan Atom

2.6.1 Teori Spektroskopi Serapan Atom

Spektroskopi merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyak radiasi yang dihasilkan atau diserap oleh atom atau molekul. Salah satu macam dari spektroskopi adalah spektroskopi serapan atom. Prinsip dasar spektroskopi serapan atom yaitu interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. Spektroskopi jenis ini merupakan metode yang

sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini adalah teknik yang paling umum digunakan untuk analisis unsur (Al Anshori, 2005).

Cara kerja spektroskopi serapan atom berdasarkan penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi sebuah atom bebas. Atom tersebut akan mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda yang mengandung unsur tertentu. Banyaknya radiasi yang diserap kemudian akan diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Nasution, 2009).

Pada metode spektroskopi serapan atom, sampel harus diubah ke dalam bentuk uap atom. Proses perubahan ini dikenal dengan istilah atomisasi, pada proses ini sampel diuapkan dan didekomposisi untuk membentuk suatu atom dalam bentuk uap. Secara umum pembentukan atom bebas dalam wujud gas melalui tahap-tahap berikut (Al Anshori, 2005):

1. Pengisatan pelarut, pada tahap ini pelarut akan teruapkan dan meninggalkan residu padat.
2. Penguapan zat padat, zat padat akan terdisosiasi menjadi atom-atom penyusun yang pada mulanya akan berada dalam keadaan dasar.
3. Beberapa atom akan mengalami eksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi dan akan mencapai kondisi dimana atom tersebut mampu memancarkan energi.

Sebuah radiasi elektromagnet yang dikenakan pada suatu atom, maka akan terjadi eksitasi elektron dari tingkat dasar ke tingkat energi tereksitasi. Setiap panjang gelombang mempunyai energi yang spesifik untuk dapat tereksitasi ke

tingkat yang lebih tinggi. Besarnya energi dari tiap gelombang dapat dihitung menggunakan persamaan (Nasution, 2009):

$$E = h \frac{c}{\lambda} \quad (2.5)$$

dimana:

E = Energi (Joule)

h = Tetapan Planck ($6,63 \times 10^{-34}$ J.s)

c = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

λ = Panjang gelombang (nm)

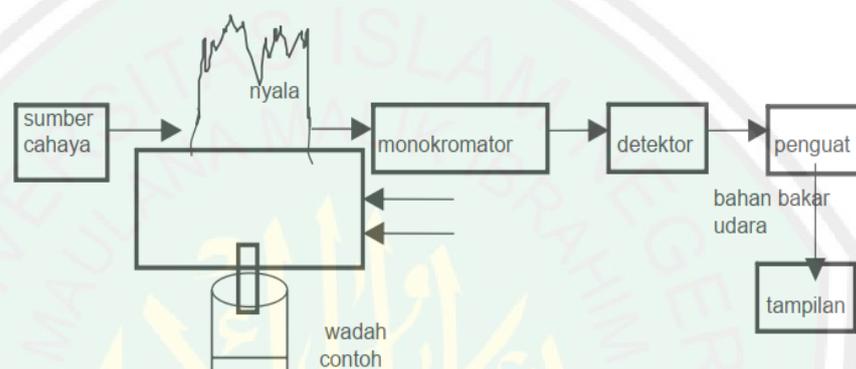
Cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas, maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerap berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas yang berada di dalam sel. Absorpsi pada spektroskopi ini mengikuti hukum Lambert-Beer, dimana absorpsi berbanding lurus dengan panjang *flame* yang dilalui sinar dan konsentrasi uap atom dalam *flame*. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi dijelaskan pada (Al Anshori, 2005):

1. Hukum Lambert : Ketika sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan akan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.
2. Hukum Beer : Intensitas sinar yang diteruskan akan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Absorptivitas (a) dan absorptivitas molar (ϵ) adalah suatu konstanta yang nilainya spesifik pada jenis zat dan panjang gelombang tertentu, sedangkan tebal

sel tetap. Dengan demikian absorbansi suatu zat berupa fungsi linier dari konsentrasi, sehingga dengan mengukur absorbansi suatu zat maka konsentrasinya dapat ditentukan dengan membandingkannya dengan konsentrasi larutan standar (Nasution, 2009).

2.6.2 Instrumentasi Spektroskopi Serapan Atom



Gambar 2.1 Skema Umum Komponen Spektroskopi Serapan Atom (Al Anshori, 2005).

Instrumentasi spektroskopi serapan atom terdiri dari (Al Anshori, 2005):

1. Sel atom

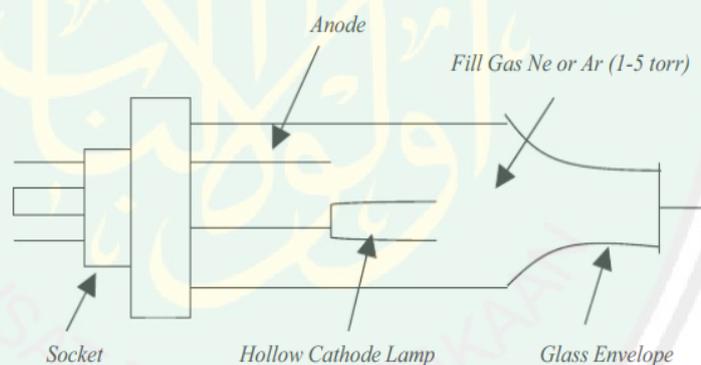
Terdapat dua tahap utama yang terjadi di dalam sel atom pada alat spektroskopi serapan atom dengan atomisasi *flame*. Yang pertama tahap nebulisasi untuk menghasilkan suatu bentuk aerosol yang halus dari larutan. Yang kedua disosiasi analit menjadi atom-atom bebas dalam keadaan gas. Berdasarkan sumber panas yang digunakan, terdapat dua metode atomisasi yang dapat digunakan dalam spektroskopi serapan atom yaitu atomisasi menggunakan *flame* dan atomisasi tanpa menggunakan *flame*.

Atomisasi menggunakan *flame*, menggunakan gas pembakar untuk memperoleh energi kalor. Sedangkan pada atomisasi tanpa *flame* menggunakan

energi listrik seperti pada atomisasi tungku grafit. *Flame* dibutuhkan dengan suhu tinggi untuk menghasilkan atom bebas. Pada spektroskopi serapan atom dengan sistem atomisasi *flame* diperlukan campuran gas asetilena udara atau campuran asetilena N_2O .

2. Sumber cahaya

Sumber cahaya spektroskopi serapan atom adalah HCL (*Hallow Cathode Lamp*). Lampu ini terdiri dari anoda dan katoda yang terletak dalam suatu silinder gelas berongga yang terbuat dari kuarsa. Katoda terbuat dari logam silinder yang 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.



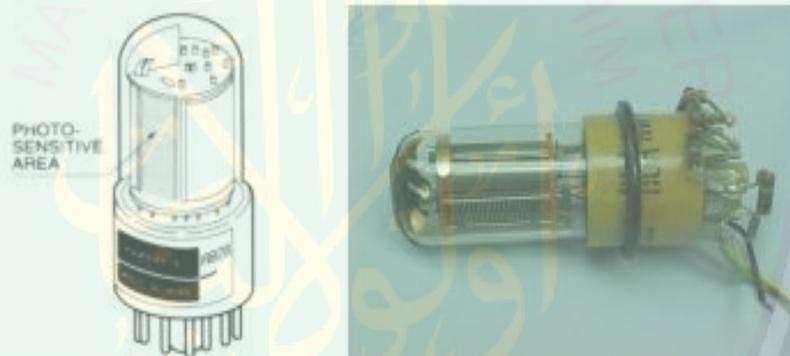
Gambar 2.2 Diagram Skematik *Hallow Cathode Lamp* (Azis, 2007).

3. Monokromator dan sistem optik

Berkas cahaya dari lampu katoda berongga melalui celah sempit dan difokuskan menggunakan cermin menuju monokromator. Monokromator pada alat spektroskopi serapan atom akan memisahkan, mengisolasi, dan mengontrol intensitas energi yang diteruskan ke detektor. Monokromator yang biasa digunakan yaitu monokromator kisi difraksi.

4. Detektor dan sistem elektronik

Energi yang diteruskan dari sel atom harus diubah kedalam bentuk sinyal listrik untuk diperkuat dan diukur oleh sistem pemroses data. Proses perubahan ini terjadi pada detektor. Detektor yang biasa digunakan yaitu tabung pengganda foton atau *photomultiplier tube* (Gambar 2.3) yang terdiri dari katoda yang dilapisi senyawa dan bersifat peka terhadap cahaya. Ketika foton menumbuk anoda dan katoda terdapat dinoda-dinoda yang dapat menggandakan elektron, sehingga intensitas elektron yang menuju anoda akan besar dan akhirnya dapat dibaca sebagai sinyal listrik.



Gambar 2.3 *Photomultiplier Tube* (Al Anshori, 2005).

5. Sistem pengolah

Sistem ini berfungsi untuk mengolah arus dari detektor menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam sistem pembacaan.

6. Sistem pembacaan

Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu data berupa angka atau gambar.

2.6.3 Gangguan dalam Spektroskopi Serapan Atom

Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi pancaran *flame* suatu unsur dan menyebabkan gangguan pada penetapan konsentrasi unsur diantaranya yaitu (Azis, 2007):

1. Gangguan akibat pembentukan senyawa refraktori

Gangguan ini diakibatkan oleh reaksi antara analit dengan senyawa kimia. Adanya anion di dalam larutan sampel menyebabkan terbentuknya senyawa yang tahan panas. Contohnya fosfat akan bereaksi dengan kalsium dalam *flame* dan menghasilkan pirofosfat ($\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$). Hal ini menyebabkan absorpsi dan emisi atom kalsium dalam *flame* menjadi berkurang.

Gangguan akibat pembentukan senyawa refraktori dapat diatasi atau dicegah dengan menambahkan strontium klorida atau lantanum nitrat ke dalam larutan. Karena kedua logam tersebut sangat mudah bereaksi dengan fosfat dibandingkan dengan kalsium, sehingga reaksi antara kalsium dengan fosfat dapat dicegah atau diminimalkan.

2. Gangguan ionisasi

Gangguan ionisasi bisa terjadi pada unsur alkali tanah dan beberapa unsur yang lain. Hal ini karena unsur-unsur tersebut mudah terionisasi dalam *flame*. Pada analisis menggunakan spektroskopi serapan atom yang diukur adalah emisi dan serapan atom yang tidak terionisasi. Oleh karena itu dengan adanya atom-atom yang terionisasi dalam *flame* akan mengakibatkan sinyal yang ditangkap detektor akan berkurang. Karena adanya gangguan ini sensitivitas dan linearitas akan terganggu. Gangguan ini dapat diatasi dengan menambahkan unsur-unsur

yang mudah terionisasi ke dalam sampel, sehingga akan menahan proses ionisasi dari unsur yang dianalisis.

3. Gangguan fisik alat

Gangguan fisik alat merupakan gangguan pada semua parameter sehingga dapat mempengaruhi kecepatan sampel untuk sampai ke *flame*. Parameter-parameter tersebut diantaranya yaitu kecepatan alir gas dan berubahnya viskositas sampel akibat temperatur *flame*. Gangguan ini biasanya diatasi dengan membuat kalibrasi atau standarisasi.

2.7 PCA (*Principal Component Analysis*)

PCA (*Principal Component Analysis*) adalah suatu cara untuk mengidentifikasi pola pada data yang kemudian data tersebut ditampilkan dalam bentuk lain untuk menunjukkan persamaan dan perbedaan antar pola. Tujuan dari PCA adalah untuk mereduksi dimensi yang besar dari ruang data (*Observed variables*) menjadi dimensi yang lebih kecil dari ruang fitur (*Independent variable*) yang dibutuhkan untuk mendeskripsikan data menjadi lebih sederhana (Pratiwi dan Harjoko, 2013).

Menurut Man., dkk (2011) PCA memproyeksikan data asli pada dimensi tereduksi yang ditentukan oleh komponen utama (*Principal component*). Jumlah variabel dalam matriks dikurangi untuk menghasilkan variabel baru dengan tetap mempertahankan sebanyak mungkin variasi yang ada pada data. Variabel baru yang dihasilkan berupa komponen utama. Seperti contoh ketika terdapat dua data, data ke 1 dan data ke 2 memiliki kemiripan maka dengan menggunakan PCA data tersebut akan tereduksi dan menjadi satu data.

Proporsi yang dapat dijelaskan oleh variabel baru (PC) bergantung pada kontribusinya. Berdasarkan nilai eigen pada masing-masing variabel baru, variasi PC dapat dihitung menggunakan persamaan (Johnson dan Wichern, 2007):

$$\text{Proporsi PC ke-}k = \frac{\lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_p} \times 100\% \quad (2.6)$$

dimana $k = 1, 2, 3, \dots, p$ dan λ adalah nilai eigen.

Terdapat beberapa cara untuk menentukan komponen utama yang dapat digunakan untuk analisis selanjutnya yaitu (Kurniawan, 2008):

1. Berdasarkan jumlah proporsi masing-masing komponen, jumlah proporsi yang dapat digunakan yaitu diatas 80%.
2. Berdasarkan nilai eigen, hanya faktor dengan nilai eigen lebih dari 1 yang dapat digunakan, faktor lainnya yang bernilai kurang dari 1 tidak dimasukkan dalam analisis selanjutnya.
3. Berdasarkan *scree plot* dengan melihat jarak masing-masing *plot*, jika terdapat beberapa jarak antar *plot* yang curam maka dapat dikatakan adanya perbedaan faktor yang dihasilkan. Dan jika *plot* memiliki jarak yang berdekatan dan melandai maka masing-masing *plot* digabungkan dalam faktor yang sama.

Data pada analisa PCA dipresentasikan dalam format matriks, dimana baris mempresentasikan contoh yang dianalisa dan kolom mempresentasikan variabel. Komponen utama pertama atau PC1 dapat mendeskripsikan data dengan presentase paling besar, sedangkan komponen utama kedua atau PC2 mempresentasikan porsi terbesar kedua (Jolliffe, 2002).



Gambar 2.4 Hasil Analisis Menggunakan Metode PCA (Man dkk., 2011).

Keuntungan penggunaan metode PCA yaitu (Soemartini, 2008):

1. Menghilangkan korelasi secara bersih (korelasi = 0).
2. Dapat digunakan untuk segala macam penelitian dan berbagai macam kondisi data.
3. Dapat digunakan tanpa mengurangi jumlah variabel asal.
4. Kesimpulan yang diberikan lebih akurat dibandingkan metode lain.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimen yaitu untuk mengetahui kandungan logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada air minum isi ulang berbasis spektroskopi serapan atom menggunakan metode PCA.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Agustus 2019 di Unit Analisis dan Pengukuran FMIPA Universitas Brawijaya dan di Laboratorium Sensor Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

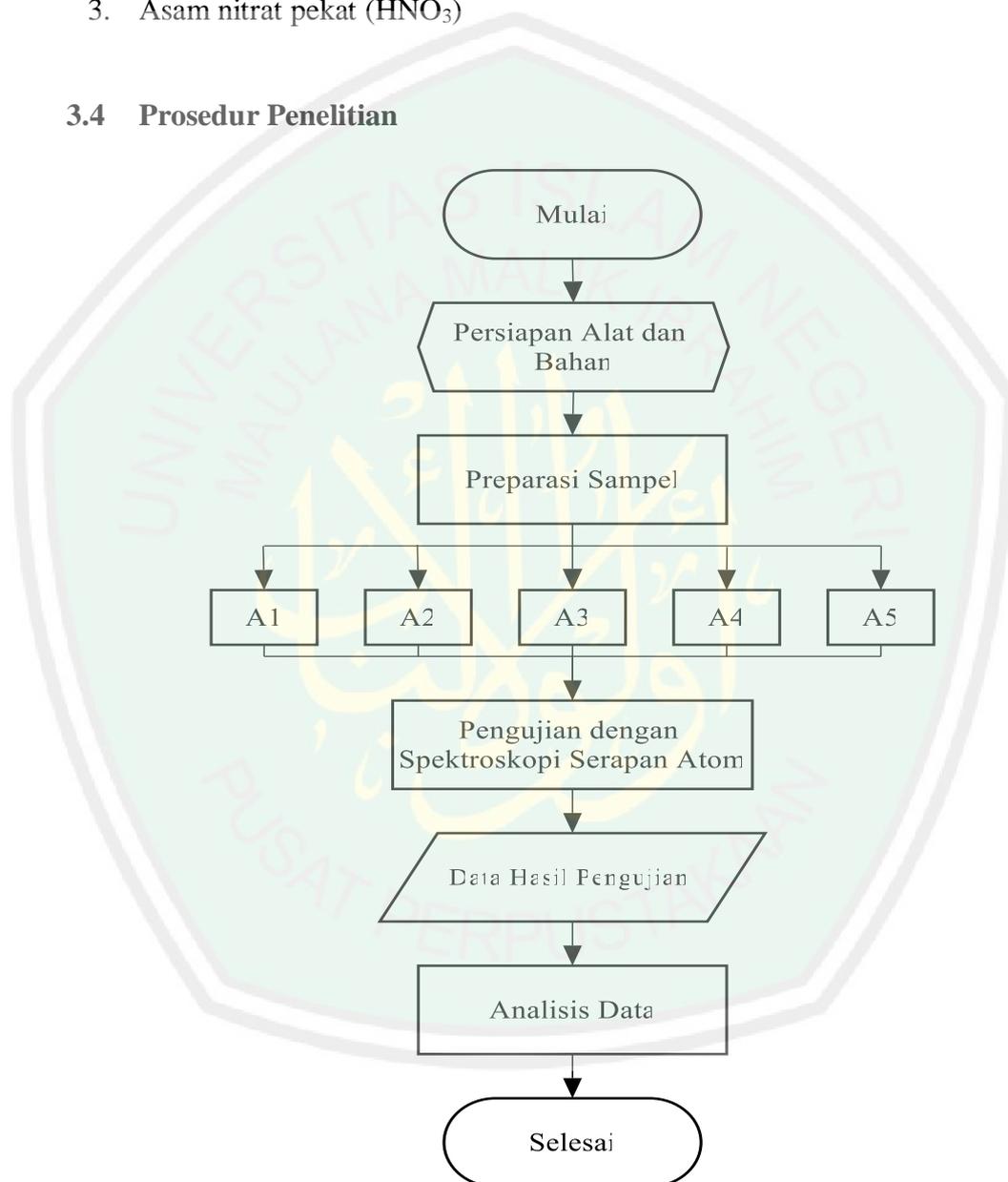
3.3.1 Alat penelitian

1. *Beaker glass*
2. Labu ukur
3. Pipet ukur
4. Labu *Erlenmeyer*
5. Batang pengaduk
6. Gelas arloji
7. Kertas saring
8. Kompor listrik
9. Spektroskopi serapan atom

3.3.2 Bahan Penelitian

1. Air minum isi ulang
2. Aquades
3. Asam nitrat pekat (HNO_3)

3.4 Prosedur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 3.1 dijelaskan bahwa penelitian dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan, dilanjutkan dengan preparasi pada masing-masing sampel. Agar

mudah dalam penyebutan maka nama sampel diganti dengan nama A1, A2, A3, A4, dan A5 dimana A1 (Air minum isi ulang 1), A2 (Air minum isi ulang 2), A3 (Air minum isi ulang 3), A4 (Air minum isi ulang 4), dan A5 (Air minum isi ulang 5). Setelah sampel siap maka masing-masing sampel diuji menggunakan spektroskopi serapan atom dengan parameter uji yaitu logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg). Hasil pengujian berupa kadar logam berat, kemudian data kadar logam berat tersebut akan diolah menggunakan metode PCA.

3.4.1 Preparasi Sampel

Preparasi sampel berbeda-beda pada setiap parameter yang akan diuji. Pada penelitian kali ini parameter yang digunakan yaitu logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg). Preparasi sampel dilakukan sesuaikan dengan SNI (Standar Nasional Indonesia).

1. Preparasi sampel dengan parameter timbal (Pb)
 - a. Masukkan 100 mL sampel yang sudah dikocok sampai homogen ke dalam *beaker glass*.
 - b. Tambahkan 5 mL asam nitrat pekat.
 - c. Panaskan di kompor listrik hingga larutan sampel yang akan diuji hampir kering.
 - d. Tambahkan 50 mL aquades, selanjutnya masukkan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring sampai pada volume 100 mL.
2. Preparasi sampel dengan parameter tembaga (Cu)
 - a. Sampel uji dihomogenkan terlebih dahulu, kemudian masukkan sampel sebanyak 50 mL ke dalam *beaker glass* 100 mL.

- b. Tambahkan 5 mL asam nitrat pekat dan panaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15 mL.
- c. Tambahkan lagi 5 mL asam nitrat pekat, kemudian tutup *beaker glass* dengan gelas arloji dan panaskan lagi.
- d. Tambahkan asam nitrat pekat dan lakukan pemanasan sampai semua logam larut, hal ini ditandai dengan warna endapan pada sampel menjadi agak putih atau sampel tersebut menjadi jernih.
- e. Bilas gelas arloji dan masukkan air bilasan ke dalam *beaker glass*.
- f. Pindahkan sampel ke dalam labu ukur 50 mL dan tambahkan aquades sampai tepat pada tanda batas.
- g. Sampel siap diukur.

3. Preparasi sampel dengan parameter kadmium (Cd)

Pada sampel kadmium terlarut maka siapkan sampel yang telah disaring dengan saringan berpori 0,45 μm dan diawetkan, sampel siap diuji. Sedangkan pada sampel kadmium total maka preparasi sampel sebagai berikut:

- a. Sampel uji dihomogenkan terlebih dahulu kemudian masukkan sampel sebanyak 50 mL ke dalam *beaker glass* 100 mL.
- b. Tambahkan 5 mL asam nitrat pekat.
- c. Panaskan perlahan sampai sisa volumenya 15 – 20 mL.
- d. Jika sampel mengalami destruksi belum sempurna, maka tambahkan lagi 5 mL asam nitrat pekat kemudian di tutup dengan gelas arloji. Proses ini dilakukan berulang-ulang sampai logam larut dan yang terlihat dari warna endapan berubah menjadi jernih.

4. Preparasi sampel dengan parameter merkuri (Hg)

Pada preparasi sampel dengan parameter merkuri (Hg), terdapat tiga macam pembuatan larutan diantaranya yaitu:

- a. Pembuatan larutan baku logam merkuri 10 mg Hg/L, masukkan larutan merkuri 100 mg Hg/L ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda batas.
- b. Pembuatan larutan baku logam merkuri 1,0 mg Hg/L, masukkan larutan merkuri 10 mg Hg/L ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda batas.
- c. Pembuatan larutan baku logam merkuri 0,1 mg Hg/L, masukkan larutan merkuri 1,0 mg Hg/L ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda batas.

3.4.2 Pengujian dengan Spektroskopi Serapan Atom

Semua sampel yang telah siap selanjutnya diuji menggunakan spektroskopi serapan atom. Setiap sampel yang diuji memiliki perbedaan pada pengujian sampel, bergantung pada parameter yang diuji dan disesuaikan dengan SNI (Standar Nasional Indonesia), pada penelitian kali ini menggunakan parameter logam berat timbal, tembaga, kadmium, dan merkuri. Tahap pengujian sampel dijelaskan sebagaimana berikut:

1. Pengujian sampel dengan parameter timbal (Pb)
 - a. Aspirasikan sampel ke dalam spektroskopi serapan atom kemudian ukur absorbansinya pada panjang gelombang 283,3 nm.
 - b. Catat hasil pengukuran.

2. Pengujian sampel dengan parameter tembaga (Cu)
 - a. Aspirasikan sampel ke dalam spektroskopi serapan atom kemudian ukur absorbansinya pada panjang gelombang 324,7 nm.
 - a. Catat hasil pengukuran.
3. Pengujian sampel dengan parameter kadmium (Cd)
 - a. Aspirasikan sampel ke dalam spektroskopi serapan atom kemudian ukur absorbansinya pada panjang gelombang 283,3 nm.
 - b. Catat hasil pengukuran.
4. Pengujian sampel dengan parameter merkuri (Hg)
 - a. Masukkan 100 mL sampel atau sampel yang sudah diencerkan dan berada dalam rentang pengukuran labu *Erlenmeyer* 250 mL.
 - b. Tambahkan 5 mL H_2SO_4 pekat labu *Erlenmeyer* 250 mL.
 - c. Tambahkan 2,5 mL HNO_3 pekat pada labu *Erlenmeyer* 250 mL.
 - d. Tambahkan 15 mL larutan KMnO_4 dan tunggu sampai 15 menit.
 - e. Tambahkan 8 mL $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ dan panaskan dalam pemanas air selama 2 jam pada suhu 95°C .
 - f. Dinginkan pada suhu kamar.
 - g. Tambahkan secukupnya larutan *hidroksilamin* NaCl untuk mereduksi kelebihan KMnO_4 .
 - h. Tambahkan 5 mL SnCl_2 dan ukur serapannya menggunakan spektroskopi serapan atom uap dingin.

3.4.3 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil uji menggunakan spektroskopi serapan atom selanjutnya dianalisis menggunakan analisis kuantitatif berupa hasil kalkulasi kadar logam berat dalam satuan mg/L. Data kadar logam pada masing-masing sampel kemudian diolah menggunakan metode PCA. Kualitas air minum disesuaikan dengan standar dan syarat ambang batas yang telah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan RI No. 429 Tahun 2010. Pada penelitian kali ini parameter yang digunakan yaitu logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg).



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dengan judul analisis kandungan logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada air minum isi ulang di Kota Malang berbasis spektroskopi serapan atom menggunakan metode PCA memiliki tujuan untuk mengetahui kandungan dan kadar logam berat pada air minum isi ulang, untuk mengetahui kualitas air minum isi ulang berdasarkan standar Menteri Kesehatan RI No. 429 Tahun 2010, serta untuk mengetahui hasil analisis menggunakan metode PCA. Parameter logam berat yang digunakan yaitu (Pb, Cu, Cd, dan Hg).

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu spektroskopi serapan atom. Cara kerja spektroskopi serapan atom berdasarkan penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi sebuah atom bebas. Atom tersebut akan mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda yang mengandung unsur tertentu. Banyaknya radiasi yang diserap kemudian akan diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Nasution, 2009).



Gambar 4.1 Sampel Air Minum Isi Ulang

Air minum isi ulang yang diuji (Gambar 4.1) diperoleh dari 5 tempat berbeda yang berada di sekitar Kota Malang. Terdapat beberapa air minum isi ulang yang berasal dari air permukaan tanah, yaitu air sumur. Air permukaan tanah berasal dari air hujan yang meresap dan membentuk mata air disebuah gunung atau hutan kemudian mengalir di permukaan bumi dan berkumpul pada suatu permukaan cekung yang membentuk danau, rawa, dan lainnya.

Air hujan turun dari langit kemudian air tersebut tersimpan di dalam bumi, sebagaimana firman Allah dalam surat QS. az-Zumar [39] yang berbunyi:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعٌ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهِيجُ فَتَرَاهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطًّا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿٢١﴾

“Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal” (QS. az-Zumar [39]: 21).

Allah menceritakan kepada makhluknya di dalam ayat tersebut bahwa asal mula air yang ada di bumi berasal dari langit. Apabila telah diturunkan air dari langit maka air itu tersimpan di dalam bumi, lalu Allah mengalirkannya ke berbagai bagian bumi menurut apa yang dikehendaki-Nya, dan Allah mengatur sumber air menjadi mata air-mata air diantaranya ada yang besar dan ada yang kecil sesuai kebutuhan. Sesungguhnya tidak ada satupun air di dalam bumi melainkan berasal dari air yang diturunkan dari langit (Ghoffar, 2004).

4.1 Data Hasil Penelitian

Hasil pengujian air minum isi ulang menunjukkan adanya kandungan logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) pada sampel A1, A2, A3, A4, dan A5 yang disajikan dalam bentuk tabel. Data hasil sampel A6, A7, dan A8 merupakan data sekunder yang diperoleh dari hasil penelitian Amelia dan Rahmi (2017). Hasil dari pengujian mengenai kandungan logam adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Kadar Logam Berat dalam Sampel

Sampel	Kadar (mg/L)			
	Pb	Cu	Cd	Hg
A1	0,15	0,003	0,17	0
A2	0,21	0,005	0,52	0,14
A3	0,18	0,011	0,48	0
A4	0	0,006	0,32	0
A5	0,12	0,003	0,15	0
A6	0	0,005	0	0
A7	0	0,003	0	0
A8	0	0,005	0	0

Tabel 4.1 menunjukkan kadar logam berat pada sampel. Pada sampel A1 kadar logam berat Pb 0,15 mg/L, Cu 0,003 mg/L, Cd 0,17 mg/L, dan Hg 0 mg/L atau tidak terdeteksi. Sampel A2 kadar Pb 0,21 mg/L, Cu 0,005 mg/L, Cd 0,52 mg/L, dan Hg 0,14 mg/L. Sampel air minum isi ulang A3 kadar logam berat Pb 0,18 mg/L, Cu 0,011 mg/L, Cd 0,48 mg/L, dan Hg 0 mg/L atau tidak terdeteksi. Sampel A4 kadar Pb 0 mg/L dengan artian Pb tidak terdeteksi dalam sampel, Cu 0,006 mg/L, Cd 0,32 mg/L, dan Hg 0 mg/L atau tidak terdeteksi. Pada sampel A5 kadar Pb 0,12 mg/L, Cu 0,003 mg/L, Cd 0,15 mg/L, dan Hg 0 mg/L atau tidak

terdeteksi. Sampel A6 kadar Pb 0 mg/L, Cu 0,005 mg/L, Cd 0 mg/L, dan Hg 0 mg/L. Sampel A7 kadar Pb 0 mg/L, Cu 0,003 mg/L, Cd 0 mg/L, dan Hg 0 mg/L. Dan pada sampel A8 kadar Pb 0 mg/L, Cu 0,005 mg/L, Cd 0 mg/L, dan Hg 0 mg/L.

Kadar logam berat tertinggi pada air isi ulang sampel A1 adalah Cd yaitu sebesar 0,17 mg/L. Pada sampel A2 Cd menjadi kadar logam berat tertinggi yaitu 0,52 mg/L. Cd 0,48 mg/L menjadi kadar tertinggi dalam sampel A3. Pada sampel A4 dan A5 Cd juga memiliki kadar logam berat tertinggi yaitu 0,32 mg/L dan 0,15 mg/L. Dari pengujian lima sampel air minum isi ulang Cd menjadi kadar logam berat tertinggi. Pada sampel A6, A7, dan A8 Cu menjadi kadar logam berat tertinggi. Kadmium merupakan produk sampingan dari produksi seng. Tanah, batuan, batu bara, mineral, pupuk mengandung beberapa jumlah kadmium. Air dapat juga tercemar ketika air mengalir melewati tanah yang mengandung kadmium, disamping itu logam kadmium mudah larut dalam air.

Adanya logam berat dalam air minum isi ulang dapat disebabkan karena beberapa hal diantaranya yaitu air baku, mesin produksi dan peralatan produksi, proses produksi, serta pengelolaan depot air minum isi ulang itu sendiri. Air baku yang mengandung logam berat berlebih dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi yang mengkonsumsi. Mesin produksi dan peralatan produksi, peralatan produksi yang tidak memenuhi standar dapat menyebabkan proses produksi tidak optimal sehingga kualitas dari air yang diolah tidak memenuhi standar air minum. Adanya logam berat dalam air minum isi ulang juga dapat berasal dari desain dan konstruksi depot, kondisi depot harus layak dan bersih (Sampulawa dan Tumanan, 2016).

Air baku yang digunakan pada air minum isi ulang dapat berasal dari air tanah maupun air permukaan. Syarat dari air baku yaitu sumber air harus terlindungi dari cemaran zat-zat kimia, logam berat, dan mikrobiologi yang bersifat merusak atau mengganggu kesehatan. Air baku harus diperiksa dengan parameter standar yaitu fisika, kimia, mikrobiologi, dan zat radioaktif secara berkala.

Mesin yang digunakan dalam proses pengolahan air minum isi ulang harus terbuat dari bahan yang aman, tahan korosi, dan tahan terhadap zat kimia. Mesin dan peralatan produksi sekurang-kurangnya terdiri dari bak atau tanki penampung air, unit pengolahan air, dan alat pengisian. Unit pengolahan air terdiri dari pre filter untuk menyaring partikel kasar, karbon filter untuk menyerap bau dan bahan organik, filter lain yang berfungsi sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 mikron, dan alat desinfektan (Sampulawa dan Tumanan, 2016).

Proses produksi air minum isi ulang harus sesuai urutan, yang dimulai dari air baku yang berasal dari tanki sampai pada pengisian pada wadah konsumen yang pada umumnya menggunakan galon. Dalam proses filtrasi sebagian depot isi ulang melakukan 3 tahap yang pertama filter yang berisi media pasir, yang kedua yaitu mangan zeolit, dan ketiga berisi media karbon aktif. Setiap filter memiliki fungsi yang berbeda. Proses selanjutnya yaitu desinfektasi atau sterilisasi, pada proses ini tujuannya untuk membunuh kuman dan bakteri. Proses sterilisasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu dengan pemanasan hingga titik didih air, klorinasi, ozonisasi atau menggunakan sinar ultraviolet (Yudo dan Rahardjo, 2005).

Selain air baku, peralatan, dan proses, tempat pengolahan air minum isi ulang atau yang biasa disebut dengan depot juga harus diperhatikan. Tempat harus

terbebas dari debu, jauh dari tempat pembuangan kotoran atau sampah, tempat penumpukan barang bekas, serta terlindung dari hal-hal yang dapat mengakibatkan pencemaran. Ruang proses produksi dan tempat pengisian harus dibersihkan secara rutin. Penerangan di area proses produksi harus cukup terang untuk mengetahui jika terdapat kontaminasi fisik. Ventilasi harus cukup untuk meminimalkan bau, gas, atau uap berbahaya dalam ruang produksi (Sampulawa dan Tumanan, 2016).

4.1.1 Kadar Logam Pb dalam Sampel

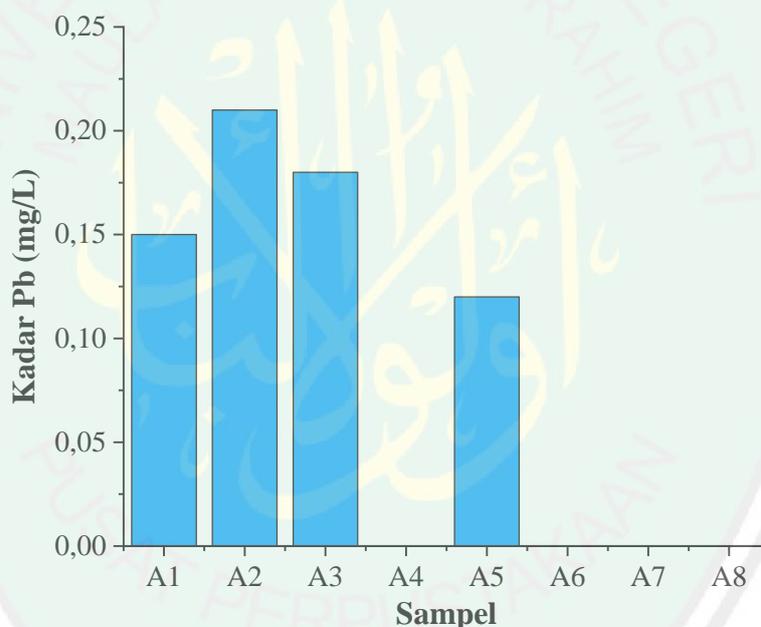
Berdasarkan hasil pengujian kandungan logam berat dalam air minum isi ulang, diperoleh data kadar Pb dalam masing-masing sampel sebagai berikut:

Tabel 4.2 Kadar Logam Pb dalam Sampel

Sampel	Kadar Pb (mg/L)
A1	0,15
A2	0,21
A3	0,18
A4	0
A5	0,12
A6	0
A7	0
A8	0

Berdasarkan data pada tabel 4.2 dapat diketahui bahwa kadar logam Pb tertinggi yaitu pada sampel A2 dengan 0,21 mg/L. Tertinggi kedua pada sampel A3 dengan 0,18 mg/L, dan tertinggi ketiga pada sampel A1 dengan 0,15 mg/L. Data pada tabel 4.2 disajikan lebih ringkas dalam bentuk diagram batang seperti pada gambar 4.2. Gambar 4.2 memperlihatkan adanya perbedaan kadar timbal pada setiap sampel yang diuji.

Gambar 4.2 menunjukkan adanya perbedaan kadar timbal pada sampel air minum isi ulang, pada sampel A2 kadar Pb lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang lain. Salah satu penyebab adanya kandungan logam dalam air minum isi ulang bisa berasal dari pengolahan air minum isi ulang yang kurang baik dimana sumber air yang digunakan telah mengandung logam berat. Menurut Amelia dan Rahmi (2017) faktor lain yang mempengaruhi adanya logam berat dalam air yaitu dikarenakan jenis, waktu penggantian, dan kepatuhan pengelola dalam mengganti filter.



Gambar 4.2 Grafik Kadar Logam Pb dalam Sampel

Adanya timbal dalam air minum bisa disebabkan karena penggunaan timbal yang sudah menyebar luas, baik digunakan secara individu seperti pada pipa yang digunakan untuk mengalirkan air maupun penggunaan di pabrik-pabrik. Penggunaan timbal yang sudah tersebar luas menyebabkan kontaminasi pada

lingkungan sehingga mengakibatkan timbulnya masalah kesehatan di berbagai tempat.

Menurut Irianti., dkk (2018) timbal dapat digunakan untuk produk-produk logam seperti amunisi, bahan kimia, pelapis kabel, solder, dan juga pipa. Dalam proses pengolahan air minum isi ulang pipa digunakan untuk mengalirkan air dari sumbernya ke tempat penampungan air, mengalirkan air dari tanki satu ke tanki yang lain serta mengalirkan air pada tabung pengisian.

Timbal secara alami terbentuk di alam, akan tetapi aktivitas manusia juga menyumbang kadar timbal di lingkungan. Akibat penggunaan timbal pada bahan bakar, siklus timbal buatan telah terbentuk. Pada mesin kendaraan timbal dibakar yang kemudian terbentuk garam timbal, garam timbal ini kemudian masuk ke dalam lingkungan melalui asap kendaraan. Partikel yang berukuran besar akan jatuh ke tanah, mengalir ke dalam air dan mencemarinya. Oleh karena itu, paparan timbal pada tubuh manusia dapat disebabkan oleh makanan dan air minum (Irianti dkk., 2018).

Keracunan akibat timbal dapat terjadi karena masuknya senyawa tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya timbal dapat melalui beberapa cara, salah satunya yaitu melalui makanan atau minuman yang kemudian masuk ke saluran pencernaan dan masuk ke dalam aliran darah. Gejala keracunan akut akibat timbal yaitu sakit kepala, sakit perut, dan beberapa gejala lain terkait sistem saraf. Seseorang yang telah terpapar timbal dalam waktu yang lama dapat membahayakan kesehatan, karena dapat menyebabkan seseorang akan mengalami penurunan daya ingat dan anemia (Irianti dkk., 2018).

4.1.2 Kadar Logam Cu dalam Sampel

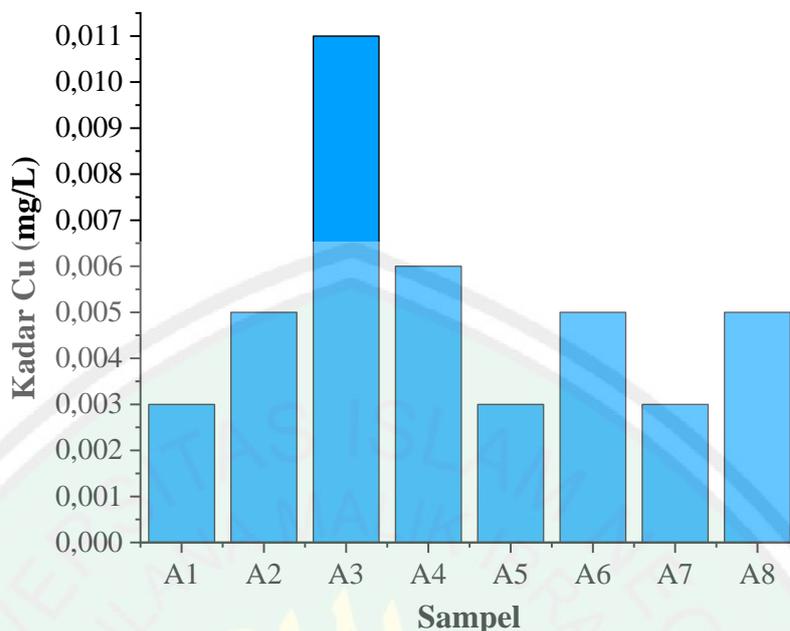
Logam dalam air minum pada kadar tertentu dibutuhkan oleh manusia seperti contoh logam tembaga, namun dalam kadar berlebih dapat merugikan kesehatan. Logam tembaga (Cu), kandungan tembaga dalam jumlah kecil diperlukan oleh tubuh untuk metabolisme, dalam kadar yang tinggi dapat menyebabkan keracunan kronis.

Hasil pengujian kadar logam tembaga dalam air minum isi ulang dapat dilihat pada tabel 4.3:

Tabel 4.3 Kadar Logam Cu dalam Sampel

Sampel	Kadar Cu (mg/L)
A1	0,003
A2	0,005
A3	0,011
A4	0,006
A5	0,003
A6	0,005
A7	0,003
A8	0,005

Tabel 4.3 pada sampel A1, A2, A3, A4, dan A5 menunjukkan perbedaan kadar logam berat Pb dalam air minum isi ulang, kadar logam berat Pb tertinggi pada sampel A3 yaitu 0,011 mg/L, sampel A1 0,003 mg/L, kadar logam berat Pb pada sampel A2 0,005 mg/L, pada sampel A4 0,006 mg/L, pada sampel A5 yaitu 0,003 mg/L. Pada data standar sampel A6 yaitu 0,005 mg/L, pada sampel A7 yaitu 0,003 mg/L, pada sampel A8 yaitu 0,005 mg/L. Kadar Cu dalam sampel lebih jelasnya disajikan dalam gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Kadar Logam Cu dalam Sampel

Gambar 4.3 memperlihatkan kadar logam Cu pada masing-masing sampel. Kadar Cu tertinggi pada sampel A3 yaitu 0,011 mg/L. Logam Cu termasuk logam berat beracun tetapi tetap dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah kecil. Sebagian besar Cu digunakan untuk peralatan listrik, digunakan juga pada konstruksi seperti atap dan pipa. Tingginya produksi tembaga menandakan bahwa semakin banyak tembaga yang berakhir di lingkungan.

Tembaga masuk ke dalam udara melalui pelepasan selama pembakaran bahan bakar fosil. Tembaga di udara akan menetap dalam jangka waktu yang lama sampai hujan turun. Kemudian logam tersebut akan tersimpan di dalam tanah, sehingga tanah juga akan mengandung tembaga dalam jumlah besar. Tembaga paling banyak ditemukan sebagai endapan, di endapan air atau partikel tanah. Bentuk komponen tembaga terlarut menjadi ancaman bagi kesehatan manusia. Secara alamiah

tembaga masuk ke dalam perairan dari peristiwa erosi, pengikisan batuan atau atmosfer, dan air hujan.

Kadar logam berat dalam jumlah besar dapat menyebabkan rasa tidak enak di lidah yang dapat menyebabkan kerusakan pada hati. Tembaga akan diserap melalui usus dan dialirkan ke pembuluh darah menuju hati. Dalam sel hati sebagian tembaga akan dibuang ke sirkulasi empedu. Sebagian yang lain akan berikatan dengan protein *ceruloplasmin* dan dialirkan ke pembuluh darah sistemik (Irianti dkk., 2018).

Keracunan kronis Cu pada manusia dapat dilihat dengan timbulnya penyakit Wilson dan Kinsky. Gejala dari penyakit ini adalah terjadinya *hepatic cirrhosis*, kerusakan pada otak, dan *demyelination* serta terjadi penurunan kerja ginjal dan pengendapan Cu dalam kornea. Penumpukan tembaga di kornea mata dapat menyebabkan katarak (Irianti dkk., 2018).

4.1.3 Kadar Logam Cd dalam Sampel

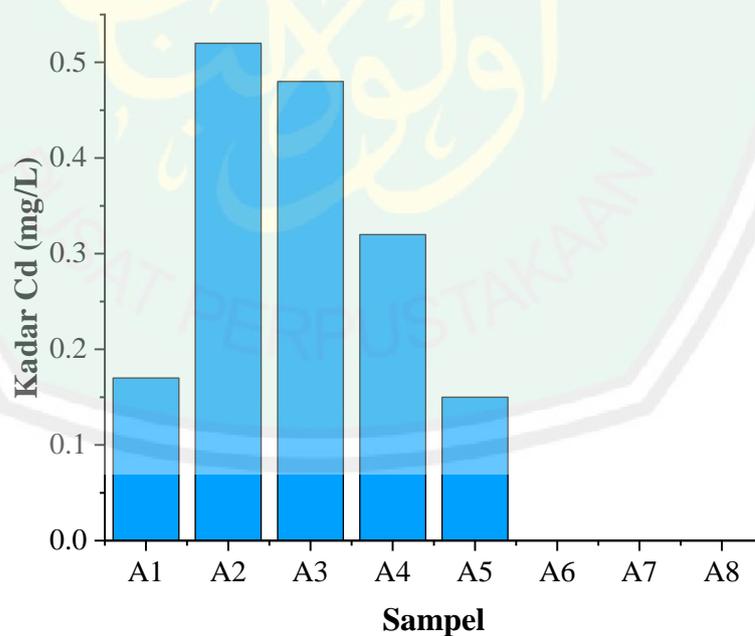
Berdasarkan data hasil pengujian, kadar kadmium (Cd) dalam air minum isi ulang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Kadar Logam Cd dalam Sampel

Sampel	Kadar Cd (mg/L)
A1	0,17
A2	0,52
A3	0,48
A4	0,32
A5	0,15
A6	0
A7	0
A8	0

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa kadar Cd tertinggi pada sampel A2 yaitu 0,52 mg/L, kadar Cd pada sampel A1 0,17 mg/L, pada sampel A3 kadar Cd yang terkandung sebesar 0,48 mg/L, sampel A4 memiliki kadar Cd 0,32 mg/L, sampel A5 kadar Cd menunjukkan pada nilai 0,15 mg/L, pada sampel A6 kadar Cd yang terkandung 0 mg/L, sampel A7 kadar Cd yang terkandung 0 mg/L, dan pada sampel A8 kadar Cd yang terkandung 0 mg/L. Untuk mempermudah dalam membaca data maka disajikan dalam bentuk diagram batang seperti pada gambar 4.4.

Gambar 4.4 memperlihatkan bahwa grafik diagram batang paling tinggi merupakan kadar logam Cd tertinggi 0,52 mg/L yaitu pada sampel A1. Dilanjutkan dengan sampel A3 yang mengandung kadar Cd sebesar 0,48 mg/L. Diagram batang paling rendah pada sampel A6, A7, dan A8. Ketiga sampel tersebut menunjukkan bahwa tidak ada kadar Cd dalam sampel.



Gambar 4.4 Grafik Kadar Logam Cd dalam Sampel

Kadmium merupakan produk sampingan dari produksi seng. Tanah, batuan, batu bara, mineral pupuk mengandung beberapa jumlah kadmium. Air dapat juga tercemar ketika air mengalir melewati tanah yang mengandung kadmium. Disamping itu logam kadmium mudah larut dalam air, sehingga semakin mudah logam kadmium mengalir dalam air. Kadmium banyak diaplikasikan dalam banyak aplikasi diantaranya yaitu pada baterai, plastik, *coating* logam, dan secara luas digunakan dalam elektroplating (Adhani dan Husaini, 2017).

Kadmium sangat beracun, keracunan kadmium ringan dapat menyebabkan perut mual, muntah-muntah, diare, dan gagal ginjal. Sedangkan keracunan berat dapat menyebabkan sakit ginjal, liver, tulang rapuh, dan menyebabkan kerusakan pada sel-sel darah. Terakumulasinya logam berat dalam organ tubuh dapat menyebabkan kerusakan organ reproduksi, anemia, dan lain-lain (Amelia dan Rahmi, 2017).

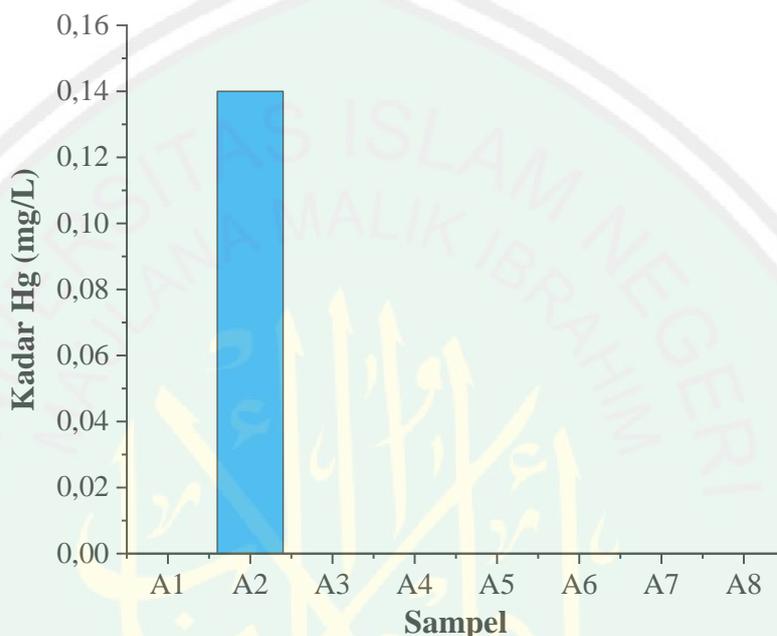
4.1.4 Kadar Logam Hg dalam Sampel

Berdasarkan data hasil pengujian kadar merkuri dalam air minum isi ulang dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kadar Logam Hg dalam Sampel

Sampel	Kadar Hg (mg/L)
A1	0
A2	0,14
A3	0
A4	0
A5	0
A6	0
A7	0
A8	0

Merkuri dapat bersifat kronis, tergantung dari kadar yang masuk ke dalam tubuh. Kadar Hg tertinggi dalam tabel 4.5 yaitu pada sampel A2 sebesar 0,14 mg/L, sedangkan pada sampel A1, A3, A4, A5, A6, A7, dan A8 kadar Hg tidak terdeteksi. Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk diagram seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Kadar Logam Hg dalam Sampel

Merkuri merupakan satu-satunya logam yang berbentuk cair dalam suhu normal, terkadang merkuri disebut sebagai *quicksilver*. Dalam buku logam berat dan kesehatan dijelaskan bahwa merkuri dibagi menjadi 3 bentuk utama yaitu elemen-elemen metalik, garam organik, dan senyawa organik. Setiap bentuk merkuri memiliki toksisitas dan bioavailabilitas yang berbeda. Bentuk tersebut menyebar luas di sumber daya air seperti danau, sungai, dan laut. Air minum yang bersumber dari air permukaan tidak menutup kemungkinan akan terkontaminasi oleh Hg. Tersebaranya Hg di dalam tanah, perairan, atau udara dapat melalui

berbagai jalur seperti pembuangan limbah industri, baik limbah cair maupun padat (Irianti dkk., 2018).

Masuknya merkuri ke dalam tubuh pada dosis tertentu, dalam waktu yang singkat dapat menimbulkan dampak yang akut seperti kerusakan paru-paru, mual, muntah, peningkatan tekanan darah, ruam pada kuku, iritasi mata, dan diare. Uap merkuri dapat menyebabkan masalah saluran pernafasan, bronkitis, dan asma (Irianti dkk., 2018).

4.1.5 Kualitas Air Minum Isi Ulang Berdasarkan Standar Menkes

Sesuai peraturan Menkes RI (2010) tentang persyaratan kualitas air minum, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Salah satu air minum yang aman bagi kesehatan yaitu terhindar dari kandungan logam berat. Beberapa logam berat dalam kadar yang rendah masih diperlukan oleh tubuh, salah satunya Cu atau tembaga. Akan tetapi terdapat juga logam berat yang sama sekali tidak memiliki manfaat bagi tubuh seperti logam berat Pb, Cd, dan Hg.

Berikut jenis air minum yang sesuai dengan peraturan Menteri Kesehatan yaitu:

- a) Air yang didistribusikan melalui pipa untuk keperluan rumah tangga
- b) Air yang didistribusikan melalui tanki air
- c) Air kemasan
- d) Air yang digunakan untuk produksi bahan makanan dan minuman yang disajikan kepada masyarakat harus memenuhi syarat kesehatan air minum

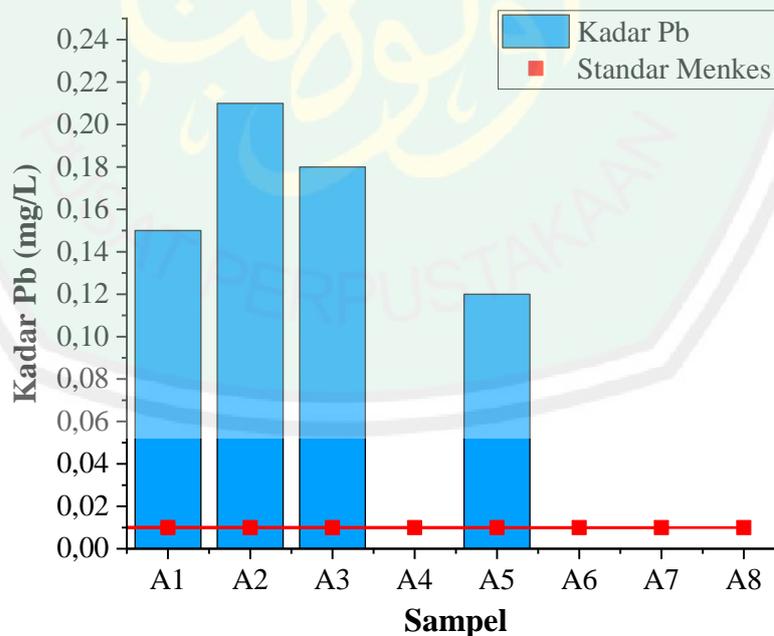
Tabel 4.6 Kadar Logam Berat dalam Sampel Beserta Standar Menkes.

Logam Berat	Kadar (mg/L)				Standar Menkes (mg/L)
	A1	A2	A3	A4	
Pb	0,15	0,21	0,18	0	0,01
Cu	0,003	0,005	0,011	0,006	2
Cd	0,17	0,52	0,48	0,32	0,003
Hg	0	0,14	0	0	0,001

Logam Berat	Kadar (mg/L)				Standar Menkes (mg/L)
	A5	A6	A7	A8	
Pb	0,12	0	0	0	0,01
Cu	0,003	0,005	0,003	0,005	2
Cd	0,15	0	0	0	0,003
Hg	0	0	0	0	0,001

Kadar logam yang tinggi tidak memiliki manfaat bagi tubuh, akan tetapi membahayakan bagi tubuh.

1. Kadar Logam Pb dalam Sampel Beserta Standar Menkes

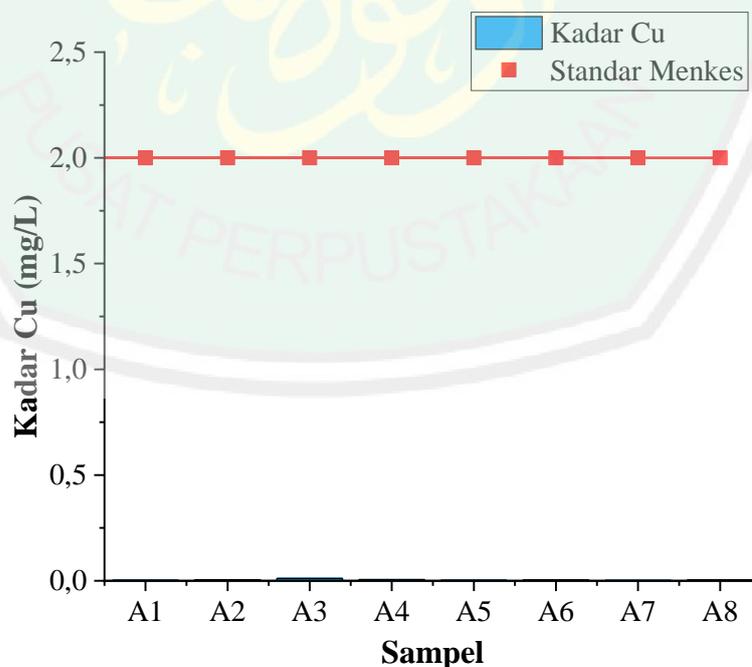


Gambar 4.6 Grafik Kadar Logam Pb Beserta Standar Menkes

Hasil pengujian kadar logam berat pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa kadar Pb dalam 4 sampel melebihi standar yang telah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan RI No. 429 Tahun 2010 tentang kualitas air minum yaitu pada sampel A1, A2, A3, dan A5 sedangkan pada sampel A4, A6, A7, dan A8 logam Pb tidak terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa keempat sampel belum memenuhi standar yang ditetapkan oleh Menkes.

Kadar logam yang melebihi standar yang telah ditetapkan dapat membahayakan bagi kesehatan tubuh. Seperti contoh gejala keracunan akut akibat timbal ditandai dengan gejala sakit kepala, sakit perut, dan beberapa gejala lain terkait sistem saraf yang sangat berbahaya bagi kesehatan. Seseorang yang telah terpapar timbal dalam waktu yang lama akan mengalami penurunan daya ingat dan anemia (Irianti dkk., 2018).

2. Kadar Logam Cu dalam Sampel Beserta Standar Menkes

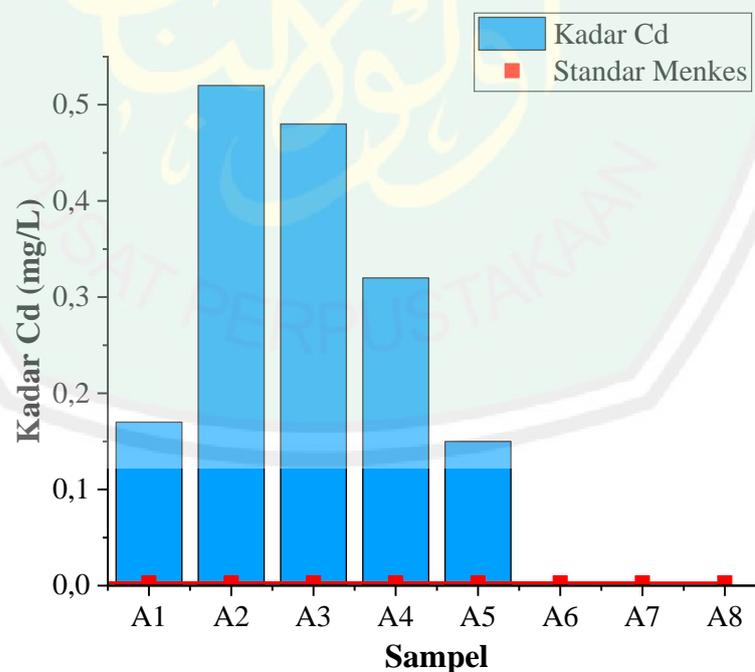


Gambar 4.7 Grafik Kadar Logam Cu Beserta Standar Menkes

Kadar logam Cu pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa terdapat kandungan logam berat di dalam sampel air minum isi ulang, akan tetapi kadar yang terkandung sangat sedikit dan tidak melebihi standar yang ditentukan oleh Menkes. Kadar logam di bawah standar menunjukkan bahwa pengolahan air pada proses pengolahan air minum isi ulang sudah baik dan memenuhi standar baku air minum yang telah ditetapkan oleh Menkes.

3. Kadar Logam Cd dalam Sampel Beserta Standar Menkes

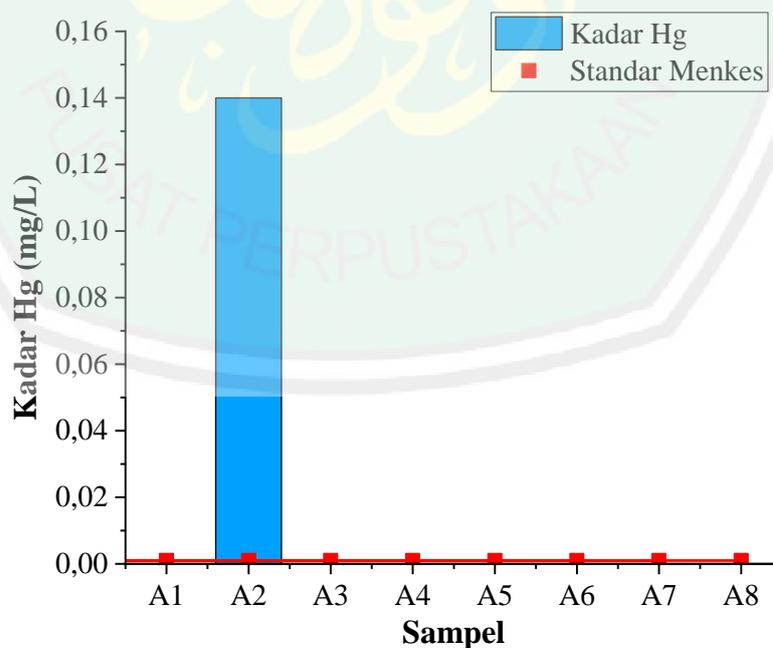
Logam berat Cd menjadi logam dengan kadar tertinggi pada semua sampel. Hal ini bisa dikarenakan tanah, batuan, batu bara, mineral pupuk mengandung beberapa jumlah kadmium sehingga air dapat juga tercemar ketika air mengalir melewati tanah yang mengandung kadmium. Disamping itu logam kadmium mudah larut dalam air.



Gambar 4.8 Grafik Kadar Logam Cd Beserta Standar Menkes

Berdasarkan gambar 4.8 kadar logam Cd pada sampel A1, A2, A3, A4, dan A5 melebihi standar yang ditetapkan oleh Menkes. Batas maksimal yang ditetapkan yaitu 0,003 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kelima sampel belum memenuhi standar yang ditetapkan oleh Menkes. Sampel A6, A7, dan A8 kadar yang terkandung tidak melebihi standar yang telah ditetapkan oleh Menkes. Kadar logam dalam air yang berlebihan dapat membahayakan tubuh karena kadmium sangat beracun. Keracunan kadmium ringan dapat menyebabkan perut mual, muntah-muntah, diare, dan gagal ginjal. Sedangkan keracunan kadmium berat atau dalam kadar yang tinggi dapat menyebabkan sakit ginjal, liver, tulang rapuh, dan kerusakan sel-sel darah. Terakumulasi atau masuknya logam berat kadmium dalam organ tubuh dapat menyebabkan kerusakan reproduksi, anemia, dan lain-lain (Amelia dan Rahmi, 2017).

4. Kadar Logam Hg dalam Sampel Beserta Standar Menkes



Gambar 4.9 Grafik Kadar Logam Hg Beserta Standar Menkes

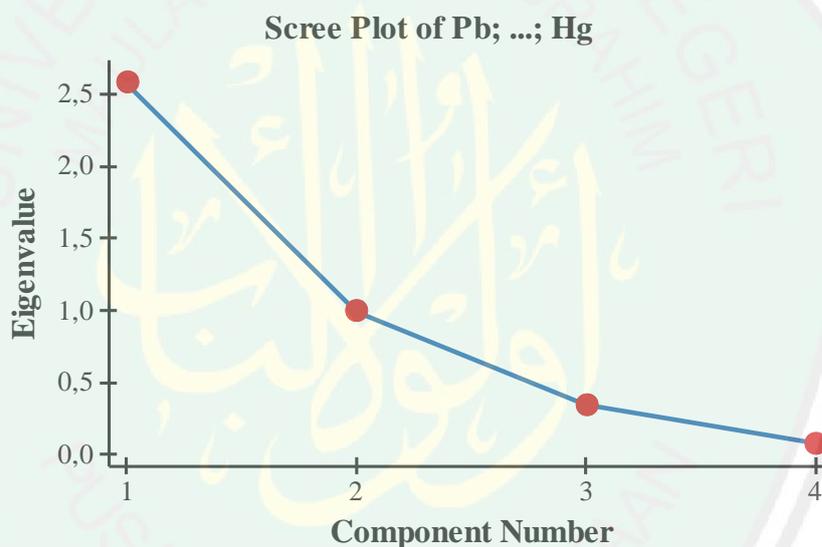
Berdasarkan gambar 4.9 terdapat satu sampel mengandung kadar Hg yang melebihi standar yaitu pada sampel A2. Standar yang ditetapkan oleh Menkes yaitu 0,001mg/L, pada sampel A2 mengandung kadar Hg sebesar 0,14 mg/L. Sedangkan pada ketujuh sampel yang lain kandungan logam Hg tidak terdeteksi.

Air minum yang bersumber dari air permukaan tidak menutup kemungkinan akan terkontaminasi oleh Hg. Tersebaranya Hg di dalam tanah, perairan, atau udara dapat melalui berbagai jalur seperti pembuangan limbah industri, baik limbah cair maupun padat. Masuknya merkuri ke dalam tubuh pada dosis tertentu, dalam yang singkat dapat menimbulkan dampak yang akut seperti kerusakan paru-paru, mual, muntah, peningkatan tekanan darah, ruam pada kuku, iritasi mata, dan diare. Uap merkuri dapat menyebabkan masalah saluran pernafasan, bronkitis, dan asma (Irianti dkk., 2018).

4.1.6 Pengolahan Data Hasil Menggunakan PCA

Data hasil pengujian kandungan logam berat dalam air minum isi ulang selanjutnya dianalisis menggunakan metode PCA (*Principal Component Analysis*). PCA merupakan metode analisis multivariat yang digunakan untuk mereduksi data dari variabel berdimensi besar menjadi variabel yang berdimensi kecil. Data baru hasil reduksi terbentuk dari matriks data variabel asli, nilai eigen, dan vektor eigen dari sebaran data yang disebut matriks atau biasa disebut dengan komponen utama (PC). Banyaknya komponen utama yang terbentuk sama dengan banyaknya variabel asli. Pada penelitian ini terdapat 4 variabel sehingga terbentuk 4 komponen utama.

Pereduksian dimensi variabel dilakukan dengan cara menentukan banyaknya PC yang akan diambil. Terdapat beberapa cara untuk menentukan berapa banyak PC yang akan diambil untuk mereduksi dimensi variabel, diantaranya menggunakan *scree plot* dan proporsi kumulatif. *Scree plot* merupakan sebuah *plot* data nilai eigen dari analisis data PCA yang ditunjukkan pada tabel 4.7 dan gambar 4.10. Pada *score plot* banyaknya komponen yang diambil yaitu yang memiliki nilai eigen tertinggi. Pada gambar 4.10 terlihat bahwa PC1 dan PC2 memiliki nilai eigen yang paling tinggi dibandingkan nilai eigen PC lain.



Gambar 4.10 *Scree Plot* Kadar Logam Berat dalam Sampel

Tabel 4.7 Nilai Eigen, Proporsi, dan Kumulatif Hasil PCA

Variabel	Nilai Eigen	Proporsi	Kumulatif
PC1	2,5853	0,646	0,646
PC2	0,9932	0,248	0,894
PC3	0,3469	0,087	0,981
PC4	0,0747	0,019	1,000

Tabel 4.7 merupakan nilai eigen, proporsi, dan kumulatif hasil pengolahan data menggunakan PCA. Proporsi PC diperoleh dari hasil pembagian nilai eigen

masing-masing PC terhadap jumlah nilai eigen seluruh PC, proporsi tiap PC dapat dihitung dengan persamaan (2.6):

$$\text{Proporsi PC ke-}k = \frac{\lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_p} \times 100\% \quad (2.6)$$

$$\begin{aligned} \text{Proporsi PC1} &= \frac{\text{Nilai eigen PC1}}{\text{Total nilai eigen}} \times 100\% = \frac{2,5853}{4} \times 100\% = 0,646 \times 100\% \\ &= 64,6\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Proporsi PC2} &= \frac{\text{Nilai eigen PC2}}{\text{Total nilai eigen}} \times 100\% = \frac{0,9932}{4} \times 100\% = 0,248 \times 100\% \\ &= 24,8\% \end{aligned}$$

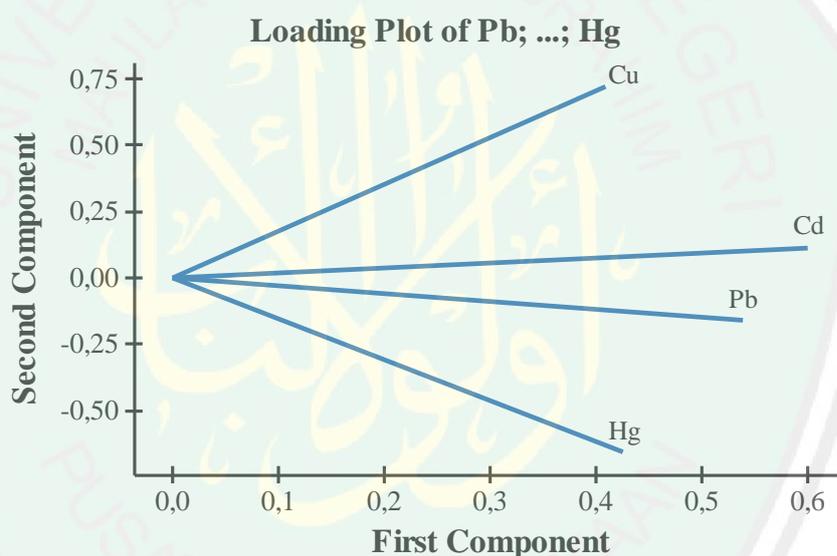
$$\begin{aligned} \text{Proporsi PC3} &= \frac{\text{Nilai eigen PC3}}{\text{Total nilai eigen}} \times 100\% = \frac{0,3469}{4} \times 100\% = 0,087 \times 100\% \\ &= 8,7\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Proporsi PC4} &= \frac{\text{Nilai eigen PC4}}{\text{Total nilai eigen}} \times 100\% = \frac{0,0747}{4} \times 100\% = 0,019 \times 100\% \\ &= 1,9\% \end{aligned}$$

PC1 dan PC2 jumlah proporsi kumulatif mencapai 89,4% dalam artian kedua komponen mempresentasikan 89,4% keragaman data dan dinilai telah cukup untuk mewakili keseluruhan data. Variabel data asli dapat direduksi menjadi 2 dimensi. Hasil reduksi tersebut dapat divisualisasikan pada *score plot* 2 dimensi. Selain itu, dari data PC1 dan PC2 dapat diperoleh kontribusi masing-masing variabel terhadap pengelompokan data pada analisis *loading plot*.

Loading plot merupakan korelasi antara variabel asli dengan variabel baru. *Loading plot* memberikan indikasi variabel asli mana yang sangat berpengaruh

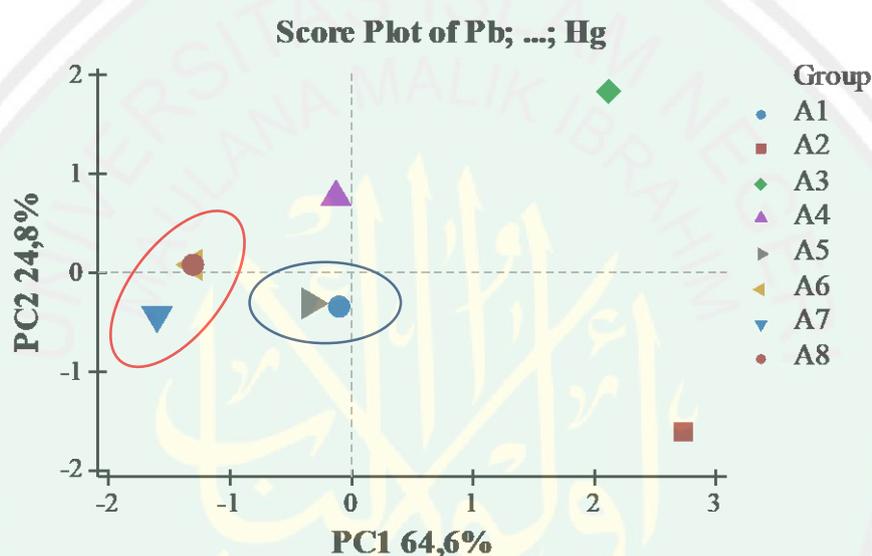
terhadap pembentukan variabel atau data baru. Semakin tinggi nilai *loading plot* maka semakin besar juga kontribusinya terhadap pembentukan variabel baru. *Loading plot* terdiri atas resultan garis dari masing-masing variabel terhadap nilai PC1 dan PC2, dimana PC1 dan PC2 merupakan nilai komponen utama yang mewakili seluruh matriks. Panjang garis resultan menunjukkan perbedaan respon terhadap sampel. Semakin panjang resultan maka semakin besar kontribusi dalam pembentukan variabel baru. Gambar 4.11 merupakan hasil *loading plot* dari data kadar logam berat dalam air minum isi ulang.



Gambar 4.11 *Loading Plot* Kadar Logam Berat dalam Sampel

Berdasarkan gambar 4.11 menunjukkan bahwa variabel Pb dan Cd mempunyai nilai *loading plot* paling tinggi terhadap PC1 dan PC2. Kedua variabel tersebut mempunyai kontribusi yang besar sebagai variabel asli yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan variabel baru, karena semakin tinggi nilai *loading plot* maka semakin besar juga kontribusinya terhadap pembentukan variabel baru.

Score plot merupakan visualisasi *plot* data kadar logam berat dalam air minum isi ulang. Pengolahan *score plot* pada PCA hanya ditampilkan 2 nilai PC, yaitu PC1 dan PC2 karena pada PC3 dan seterusnya nilainya sangat kecil sehingga dianggap tidak banyak berperan dalam klasifikasi data. Nilai proporsi PC1 adalah 64,6% sedangkan nilai proporsi PC2 adalah 24,8% dan keduanya memiliki nilai proporsi kumulatif sebesar 89,4%.



Gambar 4.12 *Score Plot* Kadar Logam Berat dalam Sampel

Gambar 4.12 menunjukkan *score plot* kadar logam berat dalam sampel. Pada analisis ini sampel A6, A7, dan A8 merupakan kontrol atau standar. Ketiga sampel mengandung kadar logam berat Cu yang sangat sedikit dan di bawah standar yang telah ditetapkan oleh Menkes tentang kualitas air minum serta tidak mengandung logam berat Pb, Cd, dan Hg sehingga dapat disimpulkan kualitas air tersebut baik serta layak untuk dikonsumsi. Berdasarkan *score plot*, sampel air minum isi ulang yang paling dekat dengan kontrol yaitu A1 dan A5, sampel yang dekat dengan kontrol yaitu A4, sampel A3 merupakan sampel yang jauh dari kontrol sedangkan

sampel A2 merupakan sampel yang sangat jauh dari kontrol. Ketiga sampel A1, A5, dan A4 merupakan sampel yang lebih layak untuk dikonsumsi jika dibandingkan dengan sampel A3 dan A2. Sampel yang semakin jauh dari kontrol maka kualitasnya semakin menurun.

4.2 Pembahasan

Air minum isi ulang yang diuji yaitu sampel A1, A2, A3, A4, dan A5 mengandung logam berat. Sampel A6, A7, dan A8 merupakan data sekunder yang hanya mengandung sedikit kadar logam berat Cu yang berada di bawah standar yang telah ditetapkan oleh Menkes. Sampel dari data sekunder tidak mengandung logam berat Pb, Cd, dan Hg.

Sampel A1 mengandung kadar logam berat Pb 0,15 mg/L, Cu 0,003 mg/L, Cd 0,17 mg/L, dan Hg 0 mg/L. Sampel A2 kadar Pb 0,21 mg/L, Cu 0,005 mg/L, Cd 0,52 mg/L, dan Hg 0,14 mg/L. Sampel air minum isi ulang A3 kadar logam berat Pb 0,18 mg/L, Cu 0,011 mg/L, Cd 0,48 mg/L, dan Hg 0 mg/L. Sampel A4 kadar Pb 0 mg/L, Cu 0,006 mg/L, Cd 0,32 mg/L, dan Hg 0 mg/L. Pada sampel A5 kadar Pb 0,12 mg/L, Cu 0,003 mg/L, Cd 0,15 mg/L, dan Hg 0 mg/L. Pada data sekunder sampel A6 mengandung kadar Pb 0 mg/L, Cu 0,005 mg/L, Cd 0 mg/L, dan Hg 0 mg/L. Sampel A7 kadar Pb 0 mg/L, Cu 0,003 mg/L, Cd 0 mg/L, dan Hg 0 mg/L. Dan pada sampel A8 kadar Pb 0 mg/L, Cu 0,005 mg/L, Cd 0 mg/L, dan Hg 0 mg/L.

Berdasarkan hasil pengujian lima sampel air minum isi ulang Cd menjadi logam berat dengan kadar tertinggi. Kadmium merupakan produk sampingan dari produksi seng. Tanah, batuan, batu bara, mineral pupuk mengandung beberapa

jumlah kadmium. Air dapat dengan mudah tercemar kadmium ketika air mengalir melewati tanah yang mengandung kadmium, disamping itu logam kadmium mudah larut dalam air sehingga semakin mudah kadmium mencemari air.

Logam berat timbal atau Pb dalam air minum isi ulang menjadi kadar tertinggi kedua setelah kadmium. Adanya timbal dalam air minum bisa disebabkan karena penggunaan timbal yang sudah menyebar luas. Penggunaan timbal yang sudah tersebar luas menyebabkan kontaminasi pada lingkungan sehingga mengakibatkan timbulnya masalah kesehatan di berbagai tempat.

Menurut Irianti., dkk (2018) timbal dapat digunakan untuk produk-produk logam seperti amunisi, bahan kimia, pelapis kabel, solder, dan juga pipa. Dalam proses pengolahan air minum isi ulang menggunakan pipa untuk mengalirkan air dari sumbernya, air dari tanki satu ke tanki yang lain serta mengalirkan air pada tabung pengisian.

Satu sampel mengandung logam berat merkuri atau Hg yaitu sampel A2. Merkuri merupakan satu-satunya logam yang berbentuk cair dalam suhu normal, terkadang merkuri disebut sebagai *quicksilver*. Dalam buku logam berat dan kesehatan yang ditulis oleh Irianti., dkk (2018) dijelaskan bahwa merkuri dibagi menjadi 3 bentuk utama yaitu elemen-elemen metalik, garam organik, dan senyawa organik. Setiap bentuk merkuri memiliki toksisitas dan bioavalabilitas yang berbeda. Bentuk tersebut menyebar luas di sumber daya air seperti danau, sungai, dan laut. Air minum yang bersumber dari air permukaan tidak menutup kemungkinan akan terkontaminasi oleh Hg. Tersebaranya Hg di dalam tanah,

perairan, atau udara dapat melalui berbagai jalur seperti pembuangan limbah industri, limbah cair maupun padat.

Logam berat tembaga terdapat di dalam sampel air minum isi ulang dan data sekunder akan tetapi kadar yang terkandung sangat sedikit dan tidak melebihi standar Kesehatan. Kadar logam di bawah standar menunjukkan bahwa pengolahan air pada proses pengolahan air minum isi ulang sudah baik dan memenuhi standar baku air minum yang telah ditetapkan oleh Menkes.

Kadar kadmium dalam sampel sangat tinggi melebihi standar yang ditetapkan oleh Menkes. Sangat membahayakan bagi tubuh karena kadmium sangat beracun, keracunan kadmium ringan dapat menyebabkan perut mual, muntah-muntah, diare, dan gagal ginjal. Sedangkan keracunan berat dapat menyebabkan sakit ginjal, liver, tulang rapuh dan kerusakan sel-sel darah. Terakumulasinya logam berat dalam organ tubuh dapat menyebabkan kerusakan reproduksi, anemia, dan lain-lain (Amelia dan Rahmi, 2017).

Kadar merkuri dalam air minum isi ulang terdapat pada sampel A2 dengan kadar yang melebihi standar. Masuknya merkuri ke dalam tubuh pada dosis tertentu, dalam waktu yang singkat dapat menimbulkan dampak yang akut seperti kerusakan paru-paru, mual, muntah, peningkatan tekanan darah, ruam pada kuku, iritasi mata, dan diare. Uap merkuri dapat menyebabkan masalah saluran pernafasan, bronkitis, dan asma (Irianti dkk., 2018).

Data hasil pengujian menggunakan spektroskopi serapan atom dianalisis satu persatu berdasarkan sampel dan berdasarkan parameter yaitu logam berat. Pada penelitian ini pada tahap analisis data ditambahkan metode PCA sebagai analisis

lanjutan dengan tujuan untuk membedakan pola berdasarkan hasil pengujian menggunakan spektroskopi serapan atom tanpa harus menganalisis satu persatu. Hal ini karena PCA merupakan metode analisis multivariat yang digunakan untuk mereduksi data dari variabel yang berdimensi besar menjadi variabel yang berdimensi kecil. Variabel data asli yaitu 4 dimensi dapat direduksi menjadi 2 dimensi.

Score plot merupakan visualisasi *plot* data kadar logam berat dalam air minum isi ulang. Pada gambar 4.12 menunjukkan *score plot* kadar logam berat dalam sampel air minum isi ulang. Nilai proporsi PC1 adalah 64,6% sedangkan nilai proporsi PC2 adalah 24,8% dan keduanya memiliki nilai proporsi kumulatif sebesar 89,4%. Pada analisis ini sampel A6, A7, dan A8 merupakan kontrol atau standar. Ketiga sampel mengandung kadar logam berat Cu yang sangat sedikit dan di bawah standar Menkes serta tidak mengandung logam berat Pb, Cd, dan Hg sehingga dapat disimpulkan kualitas air tersebut baik. Berdasarkan *score plot*, sampel air minum isi ulang yang paling dekat dengan kontrol yaitu A1 dan A5, sampel yang dekat dengan kontrol yaitu A4, sedangkan sampel A3 jauh dari kontrol dan sampel A2 sangat jauh dari kontrol. Ketiga sampel A1, A5, dan A4 merupakan sampel yang lebih layak untuk dikonsumsi jika dibandingkan dengan sampel A3 dan A2. Sampel yang semakin jauh dari kontrol maka kualitasnya semakin menurun.

Terakumulasinya logam berat ke dalam air, baik secara langsung maupun tidak langsung akan menurunkan kualitas air secara kimia. Air memiliki daya dukung untuk memurnikan sendiri, terutama air tanah yaitu melalui filtrasi pori-

pori tanah maupun akar tumbuhan, akan tetapi jika logam berat tersebut bervolume banyak atau memiliki dosis yang tinggi maka akan melampaui daya dukung yang dimiliki oleh air tersebut.

Adanya logam berat dalam air minum isi ulang dapat disebabkan karena beberapa hal diantaranya yaitu air baku, mesin produksi dan peralatan produksi, proses produksi, serta pengelolaan depot air minum isi ulang itu sendiri. Air baku yang mengandung logam berat berlebih dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi yang mengkonsumsi. Mesin produksi dan peralatan produksi, peralatan produksi yang tidak memenuhi standar dapat menyebabkan proses produksi tidak optimal sehingga kualitas dari air yang diolah tidak memenuhi standar air minum. Adanya logam berat dalam air minum isi ulang juga dapat berasal dari desain dan konstruksi depot, kondisi depot harus layak dan bersih (Sampulawa dan Tumanan, 2016).

Masuknya logam berat dalam tubuh dapat melalui beberapa perantara diantaranya yaitu makanan, minuman, kulit, pernafasan, dan lainnya. Keberadaan logam berat dalam tubuh manusia dalam kadar yang tinggi dapat menimbulkan dampak terhadap kesehatan. Kadar kadmium pada lima sampel menjadi kadar paling tinggi dan melebihi standar yang ditetapkan oleh Menkes. Keracunan kadmium ringan dapat menyebabkan perut mual, muntah-muntah, diare, dan gagal ginjal. Sedangkan keracunan kadmium berat atau dalam kadar yang tinggi dapat menyebabkan sakit ginjal, liver, tulang rapuh, dan kerusakan sel-sel darah. Masuknya logam berat kadmium dalam organ tubuh dapat menyebabkan kerusakan reproduksi, anemia, dan lain-lain (Amelia dan Rahmi, 2017).

4.3 Kajian Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Ajaran islam mencakup semua aspek kehidupan, tidak terkecuali masalah minuman. Sejatinya air minum berasal dari air hujan yang turun dari langit sesuai firman Allah dalam surat QS. an-Nahl [16]: 10 yang berbunyi:

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ ﴿١٠﴾

“Dialah yang telah menurunkan air (hujan) dari langit untuk kamu, sebagiannya menjadi minuman dan sebagiannya (menyuburkan) tumbuhan, padanya kamu menggembalakan ternakmu” (QS. an-Nahl [16]: 10).

Allah memberikan nikmat yang melimpah bagi makhluknya, salah satu nikmat Allah yaitu dengan turunnya air hujan, nikmat yang berasal dari atas. Dijelaskan dalam tafsir Ibnu Katsir, hujan dapat memberikan bekal hidup dan kesenangan bagi mereka yaitu makhluk Allah. Dalam penggalan surat yang artinya *“Pada sebagian dari air hujan itu kalian beroleh minuman”* memberi penjelasan bahwa air hujan itu dijadikan oleh Allah berasa tawar dan mudah diminum oleh makhluk hidup. Selain sebagai air minum, turunnya hujan juga menjadikan tumbuhnya tumbuh-tumbuhan sehingga dapat dipakai untuk menggembala ternak (Ghoffar, 2004).

Islam mengajarkan berbagai macam hal, makan dan minum ada ajaran tersendiri yaitu janganlah makan dan minum secara berlebihan, karena sesuatu yang berlebihan itu tidak baik. Sesuai dengan penggalan ayat dalam surat QS. al-A’raf [7]: 31 yang berbunyi:

وَكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا ﴿٣١﴾

“Makan dan minumlah kalian, dan janganlah berlebih-lebihan” (QS. al-A’raf [7]: 31).

Dalam tafsir Ibnu Katsir diceritakan, Imam Bukhari mengatakan, Ibnu Abbas berkata bahwa makna yang dimaksud yaitu makanlah sesukamu selagi engkau hindari dua hal yaitu berlebih-lebihan dan sombong karena Allah tidak menyukai kedua hal itu (Ghoffar, 2004).

Pada penelitian ini diperoleh kadar logam berat yang melebihi standar yang ditentukan oleh Menkes. Kadar logam berat dalam air minum yang melebihi standar dapat membahayakan tubuh, dapat menyebabkan berbagai macam jenis penyakit. Oleh karena itu diperintahkan oleh Allah untuk mengkonsumsi makanan dan minuman yang baik, yang tidak membahayakan bagi tubuh. Hal ini sesuai dengan firman Allah dalam surat QS. an-Nahl [16]: 114 yang berbunyi:

فَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا وَاشْكُرُوا نِعْمَةَ اللَّهِ إِنَّ كُنتُمْ لَإِيَّاهُ تَعْبُدُونَ ﴿١١٤﴾

“Maka makanlah yang halal lagi baik dari rezeki yang telah diberikan Allah kepada kalian; dan syukurilah nikmat Allah, jika kalian hanya menyembah kepada-Nya” (QS. an-Nahl [16]: 114).

Allah memerintahkan kepada hamba-Nya yang beriman agar mengkonsumsi makanan atau minuman yang halal lagi baik, dan bersyukur kepada-Nya atas karunia yang diberikan. Karena sesungguhnya Allah lah yang mengaruniakan semua nikmat kepada makhluk-Nya dan Allah yang berhak disembah, tiada sekutu bagi-Nya. Makanan dalam surat ini diartikan juga sebagai minuman. Makanan atau minuman yang baik adalah yang tidak memberikan efek negatif bagi tubuh (Ghoffar, 2004).

Berdasarkan penelitian tentang pengujian kandungan logam berat dalam air minum isi ulang dapat dipetik hikmah bahwa, air minum memiliki banyak manfaat bagi tubuh dengan kadar yang tidak berlebihan. Karena sesuatu yang berlebihan itu

tidak baik. Selain itu sesuai perintah Allah bahwa konsumsilah makanan dan minuman yang halal dan baik, makanan dan minuman yang baik adalah yang tidak membahayakan bagi kesehatan serta tidak memberikan efek negatif bagi tubuh.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Sampel air minum isi ulang di Kota Malang A1, A2, A3, A4, dan A5 mengandung logam berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg). Data hasil sampel A6, A7, dan A8 merupakan data sekunder yang mengandung logam berat Cu dengan kadar yang sangat sedikit dan di bawah standar yang ditetapkan oleh Menkes. Logam berat yang lain Pb, Cd, dan Hg tidak terdeteksi pada ketiga sampel tersebut.
2. Kadar logam berat pada air minum isi ulang yaitu, Pb (A1 0,15 mg/L, A2 0,21 mg/L, A3 0,18 mg/L, A4 0 mg/L, A5 0,12 mg/L), Cu (A1 0,003 mg/L, A2 0,005 mg/L, A3 0,011 mg/L, A4 0,006 mg/L, A5 0,003 mg/L), Cd (A1 0,17 mg/L, A2 0,52 mg/L, A3 0,48 mg/L, A4 0,32 mg/L, A5 0,15 mg/L), Hg (A1 0 mg/L, A2 0,14 mg/L, A3 0 mg/L, A4 0 mg/L, A5 0 mg/L). Dari pengujian kelima sampel air minum isi ulang, kadmium menjadi logam berat dengan kadar tertinggi. Pada data sekunder sampel A6 mengandung Cu 0,005 mg/L, sampel A7 mengandung Cu 0,003 mg/L, dan pada sampel A8 mengandung Cu 0,005 mg/L.
3. Kualitas air minum bisa ditinjau dari kadar logam berat dalam air, batas maksimum kadar logam berat dalam air minum berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh Menkes yaitu Pb 0,01 mg/L, Cu 2 mg/L, Cd 0,003 mg/L, dan Hg 0,001 mg/L. Pada penelitian ini sampel A1, A2, A3, A4, dan A5 mengandung logam berat yang melebihi standar yang ditetapkan oleh

Menkes. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas air minum isi ulang tersebut kurang baik. Sedangkan pada data sekunder yaitu sampel A6, A7, dan A8 kadar logam yang terkandung sedikit dan tidak melebihi standar yang ditetapkan oleh Menkes, hal ini menunjukkan bahwa sampel tersebut kualitasnya baik.

4. PCA sebagai analisis bertujuan untuk membedakan pola berdasarkan hasil pengujian menggunakan spektroskopi serapan atom. Pada analisis ini sampel A6, A7, dan A8 merupakan kontrol karena ketiga sampel mengandung kadar logam berat Cu yang sangat sedikit dan di bawah standar yang ditetapkan oleh Menkes serta tidak mengandung logam berat Pb, Cd, dan Hg sehingga dapat disimpulkan kualitas air minum tersebut baik. Berdasarkan *score plot*, sampel air minum isi ulang yang paling dekat dengan kontrol yaitu A1 dan A5, sampel yang dekat dengan kontrol yaitu A4, sedangkan sampel A3 jauh dari kontrol dan sampel A2 sangat jauh dari kontrol. Ketiga sampel A1, A5, dan A4 merupakan sampel yang lebih layak untuk dikonsumsi jika dibandingkan dengan sampel A3 dan A2. Sampel yang semakin jauh dari kontrol maka kualitasnya semakin menurun.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya lebih baik lagi jika menambah jumlah sampel yang akan diteliti, serta menambah parameter-parameter lain seperti parameter fisik, kimia, mikrobiologi, dan radioaktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, Rosihan dan Husaini. 2017. *Logam Berat Sekitar Manusia*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Al Anshori, Jamaludin. 2005. *Spektrometri Serapan Atom*. Jatinangor: Universitas Padjajaran Press.
- Al-Quran dan Terjemahannya. 2008. Departemen Agama RI. Bandung: Diponegoro.
- Amelia, F. dan Rahmi. 2017. *Analisa Logam Berat Pada Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Yang Diproduksi Di Kota Batam*. Batam: Universitas Riau Kepulauan.
- Azis, Vina. 2007. *Analisis Kandungan Sn, Zn, dan Pb dalam Susu Kental Manis Kemasan Kaleng Secara Spektrofotometri Serapan Atom*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- BSN (Badan Standarisasi Nasional). 2004. SNI 06-6989.8-2004. Cara Uji Timbal (Pb) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) *Flame*. Jakarta.
- BSN (Badan Standarisasi Nasional). 2009. SNI 06-6989.16-2009. Cara Uji Kadmium (Cd) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) *Flame*. Jakarta.
- BSN (Badan Standarisasi Nasional). 2009. SNI 06-6989.6-2009. Cara Uji Tembaga (Cu) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) *Flame*. Jakarta.
- BSN (Badan Standarisasi Nasional). 2011. SNI 06-6989.78-2011. Cara Uji Raksa (Hg) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Uap Dingin. Jakarta.
- Ghoffar, Abdul. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Irianti, Tanti T. dkk. 2018. *Logam Berat dan Kesehatan*. Yogyakarta.
- Ismayanti, Nurul Afifah, Freshty Kesumaningrum, dan Muhaimin. 2019. Analisis Kadar Logam Fe, Cr, Cd dan Pb dalam Air Minum Isi Ulang di Lingkungan Sekitar Kampus Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). *Ijca (Indonesian Journal Of Chemical Analysis)*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Johnson, Richard A. dan Wichern. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis Sixth Edition*. New Jersey: Pearson Pretice Hall.

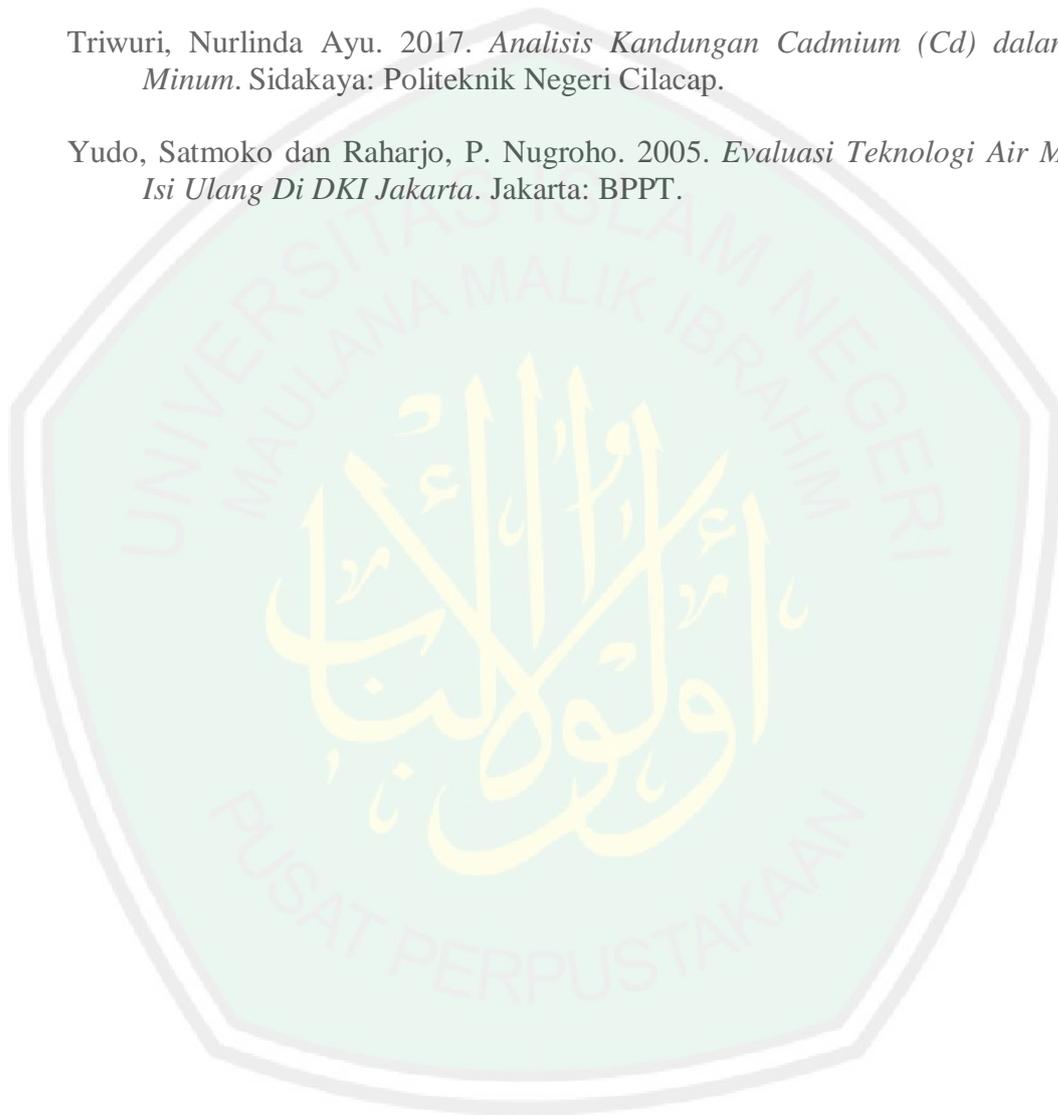
- Joko, Tri. 2010. *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Jolliffe, I. T. 2002. *Principal Component Analysis, Second Edition*. New York: Springer.
- Kahfi, Fathul. 2018. *Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Air Siap Minum di Kota Malang (Dimanfaatkan Sebagai Sumber Belajar Biologi)*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Kurniawan, Wawan. 2008. *Aplikasi Metode Principal Component dalam Penentuan Faktor Penilaian Kinerja Pengajar*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Man, Yaakob B. C., A. Rohman, dan T. S. T. Mansor 2011. *Differentiation Of Lard From Other Edible Fats And Oils By Means Of Fourier Transform Infrared Spectroscopy And Chemometrics*. Malaysia: Universiti Putra Malaysia.
- Menkes RI. 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta.
- Nasution, B. M. 2009. *Penetapan Kadar Timbal dan Kadmium dalam Madu Tak Bermerek Secara Spektrofotometri Serapan Atom*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Nuraini, Iqbal, dan Sabhan. 2015. Analisis Logam Berat dalam Air Minum Isi Ulang (Amiu) dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Gravitasi Vol. 14.No. 1*. Palu: Universitas Tadulako.
- Parulian, Alwin. 2009. *Monitoring dan Analisis Kadar Alumunium (Al) dan Besi (Fe) pada Pengolahan Air Minum PDAM Tirtanadi Sunggal*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Pratiwi, Dian Esty dan Harjoko. 2013. Implementasi Pengenalan Wajah Menggunakan PCA (Principal Component Analysis). *IJEIS Vol. 3 No. 2*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Prihatini, Rohmania. 2012. *Kualitas Air Isi Ulang pada Depot Air Minum di Wilayah Kabupaten Bogor Tahun 2008-2011*. Depok: Universitas Indonesia.
- Said, Nusa Idaman. 2010. *Metoda Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni, Dan Zn) di dalam Air Limbah Industri*. Jakarta Pusat.
- Sampulawa, Irno. dan Tumanan, D. 2016. *Analisis Kualitas Air Minum Isi Ulang Yang Dijual di Kecamatan Teluk Ambon*. Ambon: Universitas Pattimura.

Soemartini. 2008. *Principal Component Analysis (PCA) Sebagai Salah Satu Metode untuk Mengatasi Masalah Multikolinearitas*. Jatinangor: Universitas Padjajaran.

Subardi, Bali. 2012. *Kandungan Logam Berat (Timbal, Kadmium), Amoniak, Nitrit dalam Air Minum Isi Ulang di Pekanbaru*. Riau: Universitas Riau.

Triwuri, Nurlinda Ayu. 2017. *Analisis Kandungan Cadmium (Cd) dalam Air Minum*. Sidakaya: Politeknik Negeri Cilacap.

Yudo, Satmoko dan Raharjo, P. Nugroho. 2005. *Evaluasi Teknologi Air Minum Isi Ulang Di DKI Jakarta*. Jakarta: BPPT.



LAMPIRAN



Lampiran

DATA HASIL PENELITIAN



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS MIPA
JURUSAN KIMIA

Jl. Veteran, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia Telp : +62-341-575838, fax : +62 -341-554403
<http://kimia.ub.ac.id>, email : kimia@ub.ac.id

LAPORAN HASIL ANALISIS

NO : A.56 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2019

1. Data Konsumen
Nama : Silvi Nadya Margareta
Instansi : Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang
Alamat : Jl. Gajayana No. 50 Malang
Telepon : 081333040662
Status : Mahasiswa S-1
Keperluan Analisis : Uji Kualitas
2. Sampling Dilakukan Oleh : Konsumen
3. Identifikasi Sampel
Nama Sampel : *Air Minum*
Wujud : Cair
Warna : Bening
Bau : Tidak Ada Bau
4. Prosedur Analisis : Dilakukan oleh Unit Analisis dan Pengukuran Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang
5. Penyampaian Laporan Hasil Analisis : Diambil Langsung
6. Tanggal Terima Sampel : 29 Agustus 2019
7. Data Hasil Analisis :

No	Kode	Parameter	Hasil Analisis		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1.	A1	Cd	0,17 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
2.	A2	Cd	0,52 ± 0,02	mg/L	HNO ₃	AAS
3.	A3	Cd	0,48 ± 0,02	mg/L	HNO ₃	AAS
4.	A4	Cd	0,32 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
5.	A5	Cd	0,15 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
6.	A1	Cu	0,003 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
7.	A2	Cu	0,005 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
8.	A3	Cu	0,011 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
9.	A4	Cu	0,006 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
10.	A5	Cu	0,003 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
11.	A1	Hg	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
12.	A2	Hg	0,14 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
13.	A3	Hg	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
14.	A4	Hg	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
15.	A5	Hg	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
16.	A1	Pb	0,15 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
17.	A2	Pb	0,21 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS

No	Kode	Parameter	Hasil Analisis		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
18.	A3	Pb	0,18 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
19.	A4	Pb	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
20.	A5	Pb	0,12 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS

Catatan:

1. Hasil analisis ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis secara duplo,
2. Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



Masruhi, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 19731020 200212 1 001

Malang, 19 September 2019

Ketua Unit Analisis dan Pengukuran,

Moh. Farid Rahman, S.Si., M.Si.
NIP. 19700720 199702 1 001





**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Silvi Nadya Margareta
NIM : 15640013
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cu, Cd, dan Hg) pada Air Minum Isi Ulang di Kota Malang Berbasis Spektroskopi Serapan Atom Menggunakan Metode PCA
Pembimbing I : Dr. Imam Tazi, M.Si
Pembimbing II : Ahmad Abtokhi, M.Pd

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	25 Juni 2019	Konsultasi Bab I	
2	3 Juli 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
3	4 Juli 2019	Konsultasi Bab I, II, III, dan ACC	
4	17 September 2019	Konsultasi Kajian Agama	
5	27 September 2019	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
6	2 Oktober 2019	Konsultasi Kajian Agama	
7	4 Oktober 2019	Konsultasi Bab IV	
8	7 Oktober 2019	Konsultasi Bab IV	
9	23 Oktober 2019	Konsultasi Bab IV	
10	7 November 2019	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	
11	8 November 2019	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	

Malang, 11 November 2019
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003