

**PENENTUAN KADAR LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DAN TIMBAL (Pb) PADA AIR MINUM ISI ULANG DI DAERAH PESISIR SELAT BALI KABUPATEN BANYUWANGI MENGGUNAKAN *INDUCTIVELY COUPLED PLASMA OPTICAL EMISSION SPECTROMETRIC (ICP-OES)***

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**ELVIN EKA WANIDIA UTAMI  
NIM. 17630116**



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

**PENENTUAN KADAR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA  
(Pb) PADA AIR MINUM ISI ULANG DI DAERAH PESISIR SELAT BALI  
KABUPATEN BANYUWANGI MENGGUNAKAN *INDUCTIVELY  
COUPLED PLASMA OPTICAL EMISSION  
SPECTROMETRIC (ICP-OES)***

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**ELVIN EKA WANIDIA UTAMI  
NIM. 17630116**

**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)**

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

**PENENTUAN KADAR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) PADA AIR MINUM ISI ULANG DI DAERAH PESISIR SELAT BALI KABUPATEN BANYUWANGI MENGGUNAKAN *INDUCTIVELY COUPLED PLASMA OPTICAL EMISSION SPECTROMETRIC (ICP-OES)***

**SKRIPSI**

**Oleh :  
ELVIN EKA WANIDIA UTAMI  
NIM. 17630116**

**Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diuji  
Tanggal: 15 Juni 2022**

**Pembimbing I**



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

**Pembimbing II**



**Ahmad Hanapi, M.Sc  
NIDT. 19851225 20160801 1 069**

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi**



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

**PENENTUAN KADAR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) PADA AIR MINUM ISI ULANG DI DAERAH PESISIR SELAT BALI KABUPATEN BANYUWANGI MENGGUNAKAN *INDUCTIVELY COUPLED PLASMA OPTICAL EMISSION SPECTROMETRIC (ICP-OES)***

**SKRIPSI**

**Oleh:**  
**ELVIN EKA WANIDIA UTAMI**  
**NIM. 17630116**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 15 Juni 2022**

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

**Anggota Penguji I : Rif'atul Mahmudah, M.Si**  
**NIDT. 19830125 20160801 2 068**

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

**Anggota Penguji III : Ahmad Hanapi, M.Sc**  
**NIDT. 19851225 20160801 1 069**

(.....)  


(.....)  


(.....)  


(.....)  


**Mengetahui,**  
**Ketua Program Studi**

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

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NIM : 17630116  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul : Penentuan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Pb) Pada Air Minum Isi Ulang Di Daerah Pesisir Selat Bali Kabupaten Banyuwangi Menggunakan *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometric (ICP-OES)*

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

Yang membuat pernyataan  
Malang, 27 Juni 2022



Elvin Eka Wanidia Utami  
NIM. 17630116

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmatnya sehingga skripsi penelitian ini dapat terselesaikan. Susunan skripsi ini berjudul “Penentuan Kadar Logam Berat Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Pada Air Minum Isi Ulang Di Daerah Pesisir Selat Bali Kabupaten Banyuwangi Menggunakan *Spektrometer Emisi Atom Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometric (ICP-OES)*”.

Penulis pada kesempatan ini ingin menghaturkan ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Diana Candra Dewi, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi penelitian
2. Ahmad Hanapi, M.Sc selaku dosen pembimbing agama Progam Studi Kimia
3. Himmatul Baroroh, M.Si selaku ketua penguji penelitian
4. Rif’atul Mahmudah, M.Si selaku penguji penelitian
5. Rachmawati Ningsih, M.Si selaku Ketua Progam Studi Kimia
6. Segenap keluarga dan teman-teman yang memberi support dan do’a
7. Segenap civitas akademik Progam Studi Kimia yang membantu selama penelitian
8. Prof. Dr. HM. Zainuddin selaku Rektor UIN MALIKI Malang
9. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan FSAINTEK
10. Segenap keluarga besar Laboratorium PT. Jasa tirta I yang telah dengan sabar untuk berbagi wawasan dan ilmu kepada saya

Kritik dan saran pembaca sangat diharapkan agar penulis dapat mengetahui kekurangan dari yang kami tuliskan. Semoga susunan skrpsi penelitian ini dapat berguna dan memberi manfaat kepada banyak orang. Sedikit kata penulis haturkan, ahir kata dan terimakasih banyak.

Malang, 7 Juni 2022

Penulis

## ABSTRAK

Utami, Elvin E.W. 2022. “**Penentuan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Air Minum Isi Ulang Di Daerah Pesisir Selat Bali Kabupaten Banyuwangi Menggunakan *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometric (ICP-OES)***”. Proposal Penelitian. Progam Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Diana Candra Dewi, M.Si, Pembimbing II: Ahmad Hanapi, M.Sc.

---

**Kata Kunci:** Logam Berat, Air Minum Isi Ulang, ICP-OES, Kemenkes

Di daerah pesisir selat Bali Kabupaten Banyuwangi masih ditemukan beberapa depot air minum isi ulang (DAMIU) yang menggunakan air sumur sebagai sumbernya. Berdasarkan penelitian, air laut pesisir Banyuwangi memiliki kadar tembaga (Cu) dan timbal (Pb) di atas ambang batas. Dengan adanya proses intrusi laut dikhawatirkan logam berat tersebut mencemari sumber air bawah tanah yang digunakan sebagai sumber minum isi ulang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan air minum berdasarkan Permenkas Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, khususnya logam Cu dan Pb. Selain itu juga mengetahui bagaimana pengaruh kondisi lingkungan dan peralatan terhadap kadar logam berat dalam air minum isi ulang.

Sample penelitian di ambil dari lima depot air minum isi ulang di lima Kecamatan di Kabupaten Banyuwangi yang berhadapan langsung dengan laut. Tempat diambilnya sampel terbatas hanya pada DAMIU yang menggunakan air sumur sebagai sumbernya dengan jarak sumber air kurang dari 2 Km dari garis pantai. Penelitian ini menggunakan instrumen *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Atom* dengan perlakuan destruksi basah pada sample. Penelitian ini menggunakan pendekatan metode wawancara untuk mendiskripsikan kondisi lingkungan sekitar DAMIU dan kondisi *maintenance* mesin air minum isi ulang, serta pendekatan observatif terhadap obyek yang dinilai memiliki kecenderungan sebagai sumber kontaminan logam berat Cu dan Pb.

Hasil penelitian menunjukkan logam berat tembaga berkisar 0.0099 mg/L sampai dengan 0.0489 mg/L dan kadar timbal berkisar antara 0.0019 mg/L sampai dengan 0.0067 mg/L, maka dari itu air minum tersebut masih memenuhi persyaratan Permenkes No. 429 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Selain itu juga dapat disimpulkan bahwa jarak sumber air minum dengan sumber pencemar seperti pantai dan sungai mempengaruhi tinggi rendahnya kadar logam. Serta dari data yang diperoleh menyimpulkan bahwa lama waktu pemakaian perangkat *filter* pada mesin isi ulang mempengaruhi kadar logam berat semakin tinggi.

## ABSTRACT

*Utami, Elvin E.W. 2022 "Determination of Lead (Pb) and Copper (Cu) Heavy Metal Levels in Refillable Drinking Water in the Bali Strait Coastal Area, Banyuwangi Regency Using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometric (ICP-OES)". Research Purpose. Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisor I: Diana Candra Dewi, M.Si, Supervisor II: Ahmad Hanapi, M.Sc.*

---

### **Keywords**

*On the coastal area of the Bali strait, Banyuwangi Regency, there are still several refill drinking water depots (DAMIU) that use well water and so on. Based on research, Banyuwangi coastal sea water has Pb and Cu levels above the threshold. With the sea intrusion process, it is feared that heavy metals will contaminate underground water sources that are used as refill drinking sources. This study aims to determine the feasibility of drinking water based on Permenkas 2010 concerning Drinking Water Quality Requirements, especially Cu and Pb metals. In addition, it also knows how the influence of environmental conditions and equipment on heavy metal levels in refilled drinking water.*

*The research sample was taken from five refill drinking water depots in five sub-districts in Banyuwangi Regency which are directly facing the sea. The place where the sample was taken was limited to DAMIU which used well water as its source with a water source distance of less than 2 Km from the shoreline. This research uses Inductively Coupled Plasma Optical Emission Atom instrument with wet destruction treatment on the sample. This study uses an interview method approach to describe the environmental conditions around DAMIU and the maintenance conditions for refill drinking water machines, as well as an observational approach to objects that are considered to have a tendency as a source of heavy metal Cu and Pb contaminants.*

*The results showed that copper heavy metals ranged from 0.0099 mg/L to 0.0489 mg/L and lead levels ranged from 0.0019 mg/L to 0.0067 mg/L. 429 of 2010 concerning Drinking Water Quality Requirements. In addition, it can also be concluded that the distance between drinking water sources and pollutant sources such as beaches and rivers affects the level of metal content. And from the data obtained, it can be concluded that the length of time the filter device is used on the refill machine affects the higher levels of heavy metals.*

## المستخلص

إلفين أوتامي. 2022. "تحديد مستويات المعادن الثقيلة الرصاص والنحاس في مياه الشرب القابلة لإعادة الملء في المنطقة الساحلية لمضيق بالي، بانيووانجي ريجنسي باستخدام طيف الانبعاث البصري للبلازما المقترنة بالحث (ICP-OES)". خطة البحث، قسم الكيمياء في كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف يعني أحمد حنفي، الماجستير

الكلمات الأساسية: الثقيلة الرصاص، مياه الشرب القابلة، ICP-OES، وزارة الصحة

لا يزال هناك العديد من مستودعات مياه، Banyuwangi، في المنطقة الساحلية لمضيق بالي التي تستخدم مياه الآبار وما إلى ذلك. بناءً على البحث، تحتوي مياه البحر (DAMIU) الشرب أعلى من العتبة. مع عملية اقتحام البحر، يُخشى أن Cu و Pb الساحلية في بانيووانجي على مستويات تلوث المعادن الثقيلة مصادر المياه الجوفية التي تُستخدم كمصادر شرب لإعادة التعبئة. تهدف هذه الدراسة فيما يتعلق بمتطلبات جودة مياه الشرب Permenkas 2010 إلى تحديد جدوى مياه الشرب بناءً على وخاصة معادن النحاس والرصاص. بالإضافة إلى ذلك، فمن المعروف أيضًا مدى تأثير الظروف البيئية، والمعدات على مستويات المعادن الثقيلة في إعادة تعبئة مياه الشرب.

تم أخذ عينة البحث من خمسة مستودعات للمياه مع الحد الأدنى من إعادة التعبئة في خمس مناطق فرعية تم أخذ عينة البحث من خمسة مستودعات لإعادة ملء مياه الشرب في خمس مناطق فرعية في التي تواجه البحر مباشرة. اقتصر المكان الذي تم فيه أخذ العينة على Banyuwangi Regency التي تستخدم مياه الآبار كمصدر لها بمسافة مصدر مياه أقل من 2 كم من الخط الساحلي DAMIU. يستخدم هذا البحث أداة ذرة الانبعاث البصري بالبلازما المقترنة مع معالجة التدمير الرطب على العينة وشروط الصيانة DAMIU تستخدم هذه الدراسة نهج طريقة المقابلة لوصف الظروف البيئية حول لآلات إعادة تعبئة مياه الشرب، بالإضافة إلى نهج المراقبة للأشياء التي تعتبر ذات ميل كمصدر ملوثات المعادن الثقيلة مثل النحاس والرصاص.

أظهرت النتائج أن المعادن الثقيلة للنحاس تراوحت بين 0.0099 مجم / لتر إلى 0.0489 مجم لتر ومستويات الرصاص تراوحت من 0.0019 مجم / لتر إلى 0.0067 مجم / لتر. رقم 429 لسنة / بشأن متطلبات جودة مياه الشرب. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أيضًا استنتاج أن المسافة بين 2010 مصادر مياه الشرب ومصادر التلوث مثل الشواطئ والأنهار تؤثر على مستوى المحتوى المعدني. ومن البيانات التي تم الحصول عليها، يمكن استنتاج أن طول الوقت الذي يتم فيه استخدام جهاز الفلتر في آلة إعادة الملء يؤثر على المستويات الأعلى من المعادن الثقيلة.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>المستخلص</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	8
1.3 Tujuan Penelitian .....	8
1.4 Batasan Masalah .....	9
1.5 Manfaat Penelitian .....	9
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	10
2.1 Air Minum .....	10
2.2 Air Minum Isi Ulang .....	10
2.3 Persyaratan Kualitas Air Minum .....	14
2.4 Logam Berat Dalam Air Minum dan Toksisitasnya .....	21
2.5 Kondisi Lingkungan Berdasarkan Jumlah Industri .....	25
2.6 Instrumen ICP – OES .....	26
2.7 Sistem Mesin Pengolahan Air Minum Isi Ulang .....	33
<b>BAB III. Metodologi Penelitian</b> .....	40
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	40
3.2 Alat dan Bahan .....	40
3.3 Rancangan Penelitian .....	40
3.4 Tahapan Penelitian .....	41
3.5 Prosedur Penelitian .....	42
<b>BAB IV. PEMBAHASAN</b> .....	46
4.1 Kadar Tembaga Dalam Air Minum Isi Ulang .....	46
4.2 Kadar Timbal Dalam Air Minum Isi Ulang.....	48
4.3 Pengaruh Lingkungan dan Peralatan Terhadap Kadar Logam Berat .....	49
4.4 Standar Mutu Logam Berat Tembaga dan Timbal .....	56
4.5 Air Minum dan Logam Berat Dalam Perspektif Islam .....	58
<b>BAB V. PENUTUP</b> .....	60
5.1 Kesimpulan .....	60
5.2 Saran .....	61

<b>DAFTAR PUSATAKA .....</b>	<b>62</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel kadar maksimum berbagai jenis parameter kualitas air minum .....	18
Tabel 2.2 Kadar logam berat pantai Banyuwangi .....	25
Tabel 3.1 Analisis kandungan logam berat (Pb dan Cu) pada masing-masing sampel .....	44
Tabel 4.1 Kadar logam berat banding jumlah <i>catridge filter</i> status maintenance mesin isi ulang air minum .....	48

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Instrumen ICP OES .....	27
Gambar 2.2 Prinsip Kerja ICP OES .....	29
Gambar 2.3 Proses Eksitasi dan Radiasi Plasma .....	31
Gambar 2.4 Sistem mesin air minum isi ulang .....	34
Gambar 2.4 Proses Adsorpsi Logam Berat Oleh Aktif Karbon .....	36
Gambar 3.1 Peta Sampling DAMIU .....	41
Gambar 4.1 Kurva Standar Tembaga .....	45
Gambar 4.2. Hasil Analisa Kadar Tembaga .....	44
Gambar 4.3 Kurva Standar Timbal .....	47
Gambar 4.4. Hasil Analisa Kadar Timbal .....	48
Gambar 4.5. Hasil Kadar Tembaga berdasarkan Baku Mutu Kemenkes ..	56
Gambar 4.6. Hasil Kadar Timbal berdasarkan Baku Mutu Kemenkes .....	57

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran 1. Rancangan penelitian .....	66
2. Lampiran 2. Diagram alir .....	67
3. Lampiran 3. Perhitungan pembuatan larutan standar Cu dan Pb .....	72
4. Lampiran 4. Perhitungan kadar Cu berdasarkan intensitas .....	76
5. Lampiran 5. Perhitungan kadar Pb berdasarkan intensitas .....	77
6. Lampiran 6. Perhitungan rata-rata dan standar eror kadar tembaga ...	78
7. Lampiran 7. Perhitungan rata-rata dan standar eror kadar tembaga ...	83
8. Lampiran 8. Kuisisioner terhadap pengelola DAMIU.....	88
9. Lampiran 9. Kurva kalibrasi tembaga .....	93
10. Lampiran 10. Kurva kalibrasi timbal .....	94
11. Lampiran 11. Sertifikat hasil analisa Cu dan Pb .....	95
12. Lampiran 12. Foto aktifitas penelitian .....	99

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan salah satu zat yang penting bagi kehidupan manusia. Komponen utama dalam tubuh manusia adalah air, dengan presentase sekitar 70% (Guidice, 2009). Konsumsi air minum isi ulang di Indonesia mengalami peningkatan. Masyarakat semakin banyak memilih untuk mengkonsumsi air minum isi ulang dibandingkan air minum biasa karena lebih praktis, dianggap lebih higienis dan sulitnya penyediaan air minum layak konsumsi. Selain itu, harga air minum isi ulang relatif lebih murah dibandingkan dengan air minum dalam kemasan (Walangitan, 2016). Keberadaan produk yang dihasilkan oleh Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) disambut baik oleh masyarakat, hal ini menunjukkan upaya mewujudkan masyarakat sehat karena memperluas jangkauan air bersih. Namun, saat ini DAMIU cenderung bermasalah, hal ini disebabkan oleh kelalaian para pengusaha dan pengelola DAMIU dalam berbagai aspek, seperti kebersihan bangunan dan alat, perawatan alat, maupun kebersihan diri pengelola DAMIU tersebut, sehingga seringkali kualitas dari air minum yang dihasilkan tidak layak konsumsi (Walangitan, 2016).

Menurut Fitri Marzuki (2017) dalam jurnalnya menyebutkan sumber air baku yang digunakan oleh DAMIU adalah menggunakan air yang bersumber dari mata air pegunungan yang dikelola oleh perusahaan, selain itu juga sumber DAMIU yang lain menggunakan air baku bersumber dari sumur bor, yaitu sumur yang sumbernya dari aliran bawah tanah. Sumber air baku tersebut akan mempengaruhi kualitas DAMIU yang dihasilkan. Bahan baku utama yang seharusnya digunakan adalah air yang diambil dari sumber yang terjamin kualitasnya, yaitu terlindungi dari cemaran fisika, kimia dan biologi yang berbahaya bagi kesehatan (Fitri Mairizki, 2017).

Kualitas air minum yang aman bagi kesehatan harus memenuhi standart air minum Menteri Kesehatan RI. Melalui keputusan Menteri Kesehatan RI No. 492 Tahun 2010 tentang Syarat Kualitas Air Minum Sehat dan Layak Konsumsi apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat

memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Air minum tidak boleh mengandung bakteri, senyawa kimia bahan organik maupun anorganik dan radioaktifitas yang berbahaya bagi tubuh. Selain itu, air minum harus memperhatikan parameter bau, warna, total zat padat terlarut, kekeruhan dan rasa (Menkes RI, 2010).

Agama Islam juga memerintahkan untuk mengkonsumsi makanan yang halal dan baik. Allah SWT. Berfirman dalam QS. Al-Maidah ayat 88 :

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

*“Dan makanlah dari apa yang telah diberikan Allah kepadamu sebagai rezeki yang halal dan baik, dan bertakwalah kepada Allah yang kamu beriman kepadanya” (QS. Al-Maidah ayat 88).*

Rezeki yang halal adalah rezeki yang zatnya dan cara memperolehnya diperbolehkan dalam Islam. *Thayyib* mengandung arti kata baik, berkualitas dan memberi manfaat bagi makhluk hidup. Perintah Allah agar mengkonsumsi makanan yang halal dan baik menunjukkan bukti kasih sayang Allah kepada umat manusia. Manusia diperintahkan untuk menjaga kesehatan dengan mengkonsumsi makanan dan minuman yang halal dan baik.

Banyuwangi merupakan salah satu daerah yang memiliki sumber daya alam yang melimpah karena memiliki laut, namun pesisir dan kelautan Banyuwangi terjadi beberapa pencemaran. Pesisir Kabupaten Banyuwangi berpotensi mengakumulasi beban antropogenik yang dibawa dari beberapa aliran sungai. Hal ini diperparah dengan adanya penyalahgunaan sungai sebagai tempat pembuangan limbah, sehingga beban pencemar akan terdistribusi sampai ke muara sungai hingga laut. Penurunan kualitas air ini diakibatkan oleh adanya zat pencemar, baik berupa komponen-komponen organik maupun anorganik (Setyaningrum, 2018).

Sahwilaksa (2014) menyatakan bahwa kualitas air laut akan mempengaruhi kualitas air tanah dangkal pada jarak tertentu dari tepi pantai, sehingga apabila air laut tercemar maka kualitas air tanah juga berpotensi untuk tercemar. Hasil penelitian Mila (2020) juga menunjukkan bahwa terdapat beberapa Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Kecamatan Banyuwangi tidak memenuhi standart

kelayakan fisik berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 43 Tahun 2014, seperti kondisi sanitasi tempat, peralatan, penjamah dan air baku Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) (Mila, 2020). Yang dimaksud tidak memenuhi standard kelayakan fisik meliputi pipa pengisian air baku, tandon air baku, pompa penghisap dan penyedot, *filter*, *mikrofilter*, wadah/galon air baku atau Air Minum, kran pengisian Air Minum, kran pencucian/pembilasan wadah/galon, kran penghubung, dan peralatan desinfeksi harus terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*) atau tidak menimbulkan racun, tidak menyerap bau dan rasa, tahan karat, tahan pencucian dan tahan disinfeksi ulang, *mikrofilter* dan desinfektor tidak kadaluarsa serta tandon air baku harus tertutup dan terlindung. Oleh sebab itu, kualitas air minum isi ulang di Kabupaten Bnayuwangi perlu dilakukan analisis lebih lanjut, khususnya analisis kandungan logam berat.

Berdasarkan jurnal yang ditulis oleh Fitri (2017) yang meneliti tentang higiene sanitasi depot air minum, memberikan informasi bahwa sumber depot air minum itu bisa berasal dari dua tempat, yaitu sumber air pegunungan dan sumber air dari sumur bor. Selain itu juga berdasarkan wawancara yang dilakukan oleh penulis terhadap salah satu perusahaan supplier alat sanitasi air isi minum isi ulang, didapatkan info bahwa air minum yang dijual oleh DAMIU juga berasal dari dua sumber. Sumber yang pertama yaitu air minum didapatkan dari perusahaan pengolahan air minum di pegunungan dan di distribusikan menggunakan truk tangki menuju depot. Yang kedua yaitu air yang bersumber dari sumur bor. Sumber yang dari sumur bor inilah yang harus mendapat perhatian lebih, mengingat minimnya pengawasan dari dinas terkait mengenai kualitas air tersebut.

Berangkat dari topik bahwa perairan di pantai banyuwangi memiliki kualitas yang buruk, serta mengingat adanya kemungkinan proses intrusi air laut yang mempengaruhi debit air tanah disekitar pantai, maka perlu diwaspadai adanya kemungkinan kontaminasi dari air pantai terhadap sumber air sumur bor yang dijadikan sumber DAMIU. Intrusi air laut adalah pergerakan air asin ke akuifer air tawar (lapasan di dalam tanah dapat menampung dan meloloskan air tawar) yang dapat mengkontaminasi sumber air minum. Intrusi air asin dapat terjadi secara alami hingga derajat tertentu pada sebagian besar akuifer pantai, dikarenakan adanya hubungan hidrolis antara air tanah dan air laut (Pangea, 2019). Sahwilaksa

(2014) dalam penelitiannya, intrusi air laut mampu mempengaruhi kualitas air tanah sampai jarak 2 Km dari bibir pantai. Maka patut diperhatikan kualitas air minum yang dijual oleh DAMIU yang sumber airnya menggunakan sumur bor di beberapa Kecamatan di Kabupaten Banyuwangi yang berjarak kurang dari 2 Km dari bibir pantai.

Penelitian yang dilakukan oleh Ismayanti (2009), menyatakan hasil bahwa Pb dan Cu yang berasal dari salah satu sampel air minum isi ulang di kawasan Universitas Indonesia diperoleh hasil yang melebihi baku mutu. Selain itu juga Ditemukan kandungan logam Timbal (Pb) pada sampel air minum 6 depot air minum isi ulang yang melebihi batas maksimum yang diperbolehkan di kawasan Titipapan Medan Sumatera Utara (Suhartini 2012). Selain berangkat dari penelitian di atas, alasan pemilihan logam berat Pb dan Cu dikarenakan adanya bukti bahwa air laut dipesisir Kabupaten Banyuwangi memiliki kadar logam berat Pb dan Cu di atas ambang batas (li 2018).

Logam berat merupakan komponen alami di tanah. Komponen ini tidak dapat didegradasi (*non degradable*) maupun dihancurkan. Senyawa ini dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air minum, dan udara. Pada kadar rendah, logam berat diperlukan oleh makhluk hidup untuk pengaturan berbagai fungsi kimia dan fisiologi tubuh. Hal ini biasa dikenal dalam istilah *trace element* atau logam berat esensial yaitu elemen kimia yang dibutuhkan oleh organisme hidup dalam jumlah sangat kecil.

Menurut Setyaningrum (2018) dalam penelitian kandungan logam berat terlarut di pesisir Kabupaten Banyuwangi, menyatakan bahwan kandungan Tembaga (Cu), dan Timbal (Pb) memiliki angka diatas ambang batas. Maka dari itu muncul keraguan dari penulis apakah kedua logam berat tersebut juga mencemari air tanah di sekitar pesisir Kabupaten Banyuwangi, yang mana ada beberapa DAMIU yang memafaatkan air tanah tersebut sebagai sumber air minum untuk dijual kepada masyarakat sekitar.

Tembaga termasuk logam berat esensial, karena itu tembaga dibutuhkan oleh tubuh sebagai nutrisi. Tubuh membutuhkan 0,75 – 3,0 mg unsur tembaga per hari (Sutrisno, 2008; Yuniastuti, 2014). Walaupun unsur tersebut diperlukan oleh tubuh, tetapi jika melebihi kebutuhan maka akan menimbulkan masalah bagi

kesehatan. Sedangkan kelebihan tembaga secara kronis dapat menyebabkan kerusakan hati dan gagal ginjal, konsumsi sebanyak 10-15 mg/hari dapat menyebabkan muntah-muntah dan diare (Yuniastuti, 2014). Secara umum, kehadiran logam berat Cu di air disebabkan oleh sumber-sumber alami dan buatan atau antropogenik. Sumber antropogenik logam tembaga berasal dari dan limbah rumah tangga (Syahminan 2015) dan pestisida yang digunakan dalam kegiatan pertanian yang memasuki air sungai melalui aliran permukaan (Pandey & Singh 2017).

Keracunan logam berat Cu dan Pb dapat menyebabkan keracunan yang akut dan kronis. Keracunan akibat logam Cu dapat memicu terjadinya gagal ginjal. Risiko lainnya yang disebabkan konsumsi tembaga berlebihan adalah linglung, muntah darah, bab berdarah, gejala anemia (produksi sel darah putih berlebihan efek tembaga di tubuh), sakit kepala, penyakit kuning, diare, kerusakan hati. Efek kronis dari keracunan logam Timbal (Pb), biasanya mengakibatkan kerusakan ginjal dan kerusakan sistem saraf. Keracunan Pb juga menyebabkan gangguan lambung, rapuh tulang, mengurangi haemoglobin dan pigmentasi gigi Penyerapan Pb dalam tubuh organisme cenderung terkonsentrasi di dalam hati dan ginjal (Bakri, 2017). Logam Pb juga bersifat neurotoksin yang menimbulkan dampak rusaknya indera penciuman (Julhidah, 2017).

Persyaratan baku mutu logam berat pada air minum sudah diatur oleh Menteri Kesehatan melalui Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, dalam Bab Lampiran dicantumkan dengan jelas bahwa timbal merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui kadarnya, yaitu konsentrasi yang dibolehkan adalah 0.01 mg/L. Sedangkan untuk logam berat tembaga digolongkan sebagai parameter wajib yang kadar maksimum yang diperbolehkan adalah 2 mg/L.

ICP (*Inductively Coupled Plasma*) merupakan sebuah teknik analisis yang digunakan untuk mendeteksi logam berat dalam sampel lingkungan pada umumnya. Prinsip utama ICP dalam penentuan elemen adalah pengatomisasian elemen sehingga memancarkan cahaya panjang gelombang tertentu yang kemudian dapat diukur. ICP biasa digabungkan dengan instrumen lain diantaranya dengan OES, AES dan MS. Masing-masing ICP dengan penggabungan instrumen dan

lain memiliki kegunaan masing-masing serta kelebihan dan kekurangan.

Perbedaan dari penggabungan ICP dengan OES, AES maupun MS terletak pada pembacaan ukuran satuan yang diperoleh dari analisis yang dilakukan. *Inductively Coupled Plasma* atau ICP, yang juga disebut sebagai ICP AES (*Atomic Emission Spectrometry*) atau ICP OES (*Optical Emission Spectrometry*) digunakan untuk menganalisis banyak unsur secara serempak dan pada tingkat serendah 1-10 *part per billion* atau ppb. Sedangkan pada ICP MS (*Mass Spectrometer*) untuk menganalisis banyak unsur secara serempak dan pada tingkat satuan ppt (*part per trilioun*). (Kristianingrum, 2009).

Selain *Inductively Couple Plasma* (ICP), metode analisa logam berat yang umum digunakan adalah *Atomic Absorbtion Spectrometry* (SSA). Salah satu analisis kuantitatif logam berat ini adalah yang banyak digunakan. Spektroskopi Serapan Atom (AAS). AAS biasanya digunakan untuk sampel berupa larutan atau mudah dilarutkan. Metode ini juga dapat digunakan untuk penentuan total analit dalam sampel air. Prinsip dasar spektrofotometri serapan atom adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. Spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini adalah teknik yang paling umum dipakai untuk analisis unsur. Teknik-teknik ini didasarkan pada emisi dan absorpsi dari uap atom.

Komponen kunci pada metode spektrofotometri serapan atom adalah sistem (alat) yang dipakai untuk menghasilkan uap atom dalam sampel. Cara kerja spektrofotometri serapan atom ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Suryati, 2011)

Didalam sebuah jurnal yang ditulis oleh Labmutu (2020). Kelebihan metode ICP di banding AAS adalah yang pertama mudah digunakan, *multi-elemen*, biaya yang diperlukan relative rendah, minimal adanya gangguan atau *error*, instrument AAS yang sangat ringkas, dan memiliki kinerja yang baik. Oleh karena itu, ICP

menjadi metode analisis pilihan utama untuk pengukuran sampel logam dengan kadar yang sangat kecil (Broekaert, 2002).

Untuk mendapatkan kadar logam yang maksimal, pemilihan jenis asam pengoksidasi terbaik sangat penting. Di dalam penelitiannya Rahmawati (2015) menyatakan bahwa larutan pendestruksi campuran  $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4$  (3:1) lebih baik dari pada hanya menggunakan  $\text{HNO}_3$  saja. Hal ini dikarenakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mempercepat terjadinya oksidasi, selain itu jika kedua asam yang merupakan oksidator kuat ini di kombinasikan, maka akan menurunkan suhu destruksi sampel (Kristianingrum, 2012).

Pada penelitian ini akan dilakukan uji kandungan logam berat Pb dan Cu yang berasal dari depot air minum isi ulang menggunakan metode ICP-OES. Sampel air minum yang berasal dari Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di pesisir timur Kabupaten Banyuwangi merupakan sampel air minum yang banyak digunakan oleh masyarakat sebagai pengganti Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Dari uraian latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian yang berjudul “Penentuan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Air Minum Isi Ulang Di Daerah Pesisir Selat Bali Kabupaten Banyuwangi Menggunakan *Spektrometer Emisi Atom Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometric (ICP-OES)*”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana kelayakan kualitas Air Minum Isi Ulang di pesisir Selat Bali Kabupaten Banyuwangi berdasarkan standar Menteri Kesehatan RI No. 429 Tahun 2010 ?
2. Bagaimana pengaruh lingkungan dan peralatan terhadap kadar logam berat tembaga dan timbal air minum?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui kelayakan kualitas Air Minum Isi Ulang di pesisir timur Kabupaten Banyuwangi berdasarkan standar Menteri Kesehatan RI No. 429 Tahun 2010 ?
2. Untuk mengetahui pengaruh lingkungan dan peralatan terhadap kadar logam berat tembaga dan timbal air minum?

#### **1.4 Batasan Masalah**

1. Air minum isi ulang yang diuji berasal dari lima Kecamatan di pesisir selat bali Kabupaten Banyuwangi,
2. DAMIU tempat diperolehnya sampel adalah depot yang memiliki sumber air minum berasal dari sumur bor dan berjarak kurang dari 2 Km dari bibir pantai.
3. Parameter logam berat yang diuji adalah Cu dan Pb.
4. Standar kelayakan kualitas air minum yang digunakan adalah Menteri Kesehatan RI No. 429 Tahun 2010.
5. Metode yang digunakan untuk menganalisis kandungan logam berat Cu dan Pb dalam sampel air minum isi ulang adalah ICP-OES.
6. Pengaruh lingkungan dan peralatan terhadap kadar logam berat diambil melalui metode wawancara dan kuisisioner pemilik DAMIU

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan informasi terkait kandungan logam berat Cu dan Pb dalam air minum isi ulang di daerah pesisir Kabupaten Banyuwangi, khususnya masyarakat yang tinggal di dekat pantai / selat Bali .
2. Memberikan informasi kelayakan kualitas air minum isi ulang di Kabupaten Banyuwangi berdasarkan standar Menteri Kesehatan RI No. 429 Tahun 2010.
3. Memberikan informasi dan wawasan ilmu pengetahuan bagi peneliti mengenai kandungan logam berat Cu dan Pb dalam air minum isi ulang di daerah pesisir Kabupaten Banyuwangi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Minum**

##### **2.1.1 Definisi Air Minum**

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum (Menkes, 2010).

##### **2.1.2 Jenis Air Minum**

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 (Menkes, 2010).

Berdasarkan pengemasan, air minum dikelompokkan dalam air minum kemasan dan air minum tanpa kemasan. Air minum dalam kemasan adalah air yang diproses di pabrik dan tersedia secara komersial, sedangkan air minum tanpa kemasan adalah air yang diproses di rumah tangga. Air minum dalam kemasan terdiri dari beberapa jenis yaitu air artesis, air mineral, air murni, air belanda (*sparkling water*) dan air pegunungan. Air artesis adalah air yang berasal dari sumber bebatuan yang keluar dari ground water. Air mineral adalah air yang memiliki kandungan trace element atau mineral terlarut lebih dari 250 ppm. Mineral tersebut umumnya terdapat secara alami bukan merupakan mineral yang ditambahkan.

Air murni adalah air yang telah diproses untuk menyingkirkan mineral terlarut (*demineralisasi*). Demineralisasi dilakukan dengan teknik deionisasi, reverse osmosis, atau proses sejenisnya. Air tersebut lebih dikenal dengan nama *Aquademin*. Air yang telah dimurnikan membentuk uap air yang dikondensasi kembali membentuk air murni. Air belanda merupakan air yang mengandung gas karbondioksida baik melalui proses alami maupun buatan. Air pegunungan merupakan air yang berasal dari mata air pegunungan, dapat pula berkarbonasi.

### 2.1.3 Sumber Air Minum

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 16 tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, bahwa yang dimaksud dengan air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk minum. Adapun jenis air baku yang digunakan untuk air minum diantaranya yaitu:

1. Air Tanah / Sumur Air yang berasal dari dalam tanah, yang diambil dengan cara pengeboran kemudian disedot dengan menggunakan pompa air. Air ini mempunyai kondisi dan kandungan kontaminan yang bervariasi seperti kandungan mangan, besi, nitrat, nitrit, sehingga sulit sekali di control. Selain itu, air tersebut banyak terkontaminasi oleh bakteri *E. coli* yang berasal dari kotoran hewan dan manusia
2. Air PAM Air yang diolah perusahaan air minum (PAM) yang bersumber dari air sungai maupun air tanah. Air ini diolah dengan maksud agar bakteri berbahaya terbunuh dan pada umumnya dengan menggunakan klorin. Akan tetapi klorin adalah senyawa kimia yang juga berbahaya jika dikonsumsi oleh manusia karena hasil turunannya yaitu trihalomethane yang dapat menyebabkan penyakit kanker.
3. Mata air / Air Pegunungan Air yang keluar dari mata air tanah adalah bersih. Air ini mengalami penyaringan oleh batuan sehingga bersifat jernih dan bersih. Air yang bersumber dari pegunungan / mata air bersifat tawar atau tidak berasa, karena mengandung banyak garam karbonat. Garam karbonat bersumber dari batuan-batuan yang dilewati oleh air, seperti mineral kalsium (Ca) dan phosphor (P).

## 2.2 Air Minum Isi Ulang

### 2.2.1 Definisi 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 mikroorganisme (Margareta, 2019).

Menurut SK Menperindag No. 651/MPP/KEP/10/2004 yang dimaksud dengan depot air minum adalah usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada konsumen (Kemenperindag, 2004).

### **2.2.2 Bahan Baku Air Minum Isi Ulang**

Bahan baku utama yang digunakan adalah air yang diambil dari sumber yang terjamin kualitasnya, untuk itu beberapa hal yang harus dilakukan untuk menjamin mutu air baku meliputi :

1. Sumber air baku harus terlindung dari cemaran kimia dan mikrobiologi yang bersifat merusak/mengganggu kesehatan
2. Air baku diperiksa secara berkala terhadap pemeriksaan organoleptik (bau, rasa, warna), fisika, kimia dan mikrobiologi

Bahan wadah yang dapat digunakan/disediakan Depot Air Minum harus memenuhi syarat bahan tara pangan (*food grade*), tidak bereaksi terhadap bahan pencuci, desinfektan maupun terhadap produknya (Kemenperindag, 2004).

### **2.2.3 Proses Produksi Air Minum Isi Ulang**

Urutan proses produksi di Depot Air Minum Isi Ulang menurut Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan RI No. 651/MPP/Kep/10/2004 tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum dan Perdagangan, diantaranya yaitu :

1. Penampungan air baku dan syarat bak penampung Air baku yang diambil dari sumbernya diangkut dengan menggunakan tangki dan selanjutnya ditampung dalam bak atau tangki penampung (*reservoir*). Bak penampung harus dibuat dari bahan tara pangan (*food grade*) seperti *stainless stell*, *poly carbonat*, harus bebas dari bahan-bahan yang dapat mencemari air. Tangki pengangkut mempunyai persyaratan, diantaranya yaitu :
  - a. Khusus digunakan untuk air minum
  - b. Mudah dibersihkan serta di desinfektan dan diberi pengaman
  - c. Harus mempunyai *mainhole*

- d. Selang dan pompa harus diberi penutup yang layak, dan hindarkan dari kontaminasi
- e. Pengisian dan pengeluaran air harus melalui keran

Tangki galang, pompa dan sambungan harus terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*) seperti *stanless stell* atau *poly carbonat*, tahan korosid, dan bahan kimia yang dapat mencemari air. Tangki pengangkut harus dibersihkan dan desinfeksi bagian luar minimal 3 (tiga) bulan sekali. Air baku harus diambil sampelnya, yang jumlahnya cukup mewakili untuk diperiksa terhadap standart mutu yang telah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan.

2. Penyaringan bertahap terdiri dari :

- a. Saringan berasal dari pasir atau saringan lain yang efektif dengan fungsinya yang sama. Fungsi saringan pasir adalah menyaring partikel-partikel yang kasar. Bahan yang dipakai adalah butir-butir silika ( $\text{SiO}_2$ ) minimal 80%.
- b. Saringan karbon aktif yang berasal dari batu bara atau batok kelapa berfungsi sebagai penyerap bau, rasa, warna, sisa klor, dan bahan organik. Daya serap terhadap Iodine ( $\text{I}_2$ ) minimal 75%.
- c. Saringan / *filter* lainnya yang berfungsi sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 (sepuluh) mikron.

3. Desinfeksi

Desinfeksi dimaksudkan untuk membunuh kuman pathogen. Proses desinfeksi dengan menggunakan ozon ( $\text{O}_3$ ) berlangsung dalam tangki atau alat pencampuran ozon lainnya dengan konsentrasi ozon minimal 0,1 ppm dan residu ozon sesaat setelah pengisian berkisar antara 0,06 – 0,1 ppm. Tindakan desinfeksi selain menggunakan ozon, dapat dilakukan dengan cara penyinaran *Ultra Violet* (UV) dengan panjang gelombang 254 nm atau kekuatan 25370 A dengan intensitas minimum 10.000 mw detik per  $\text{cm}^2$ .

4. Pembilasan, Pencucian dan Sterilisasi Wadah

- a. Wadah yang dapat digunakan adalah wadah yang terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*) seperti *stanless stell*, *poly carbonat* atau *poly vinyl carbonat* dan bersih. Depot air minum wajib memeriksa wadah

yang dibawa konsumen. Wadah yang akan diisi harus di sterilisasi dengan menggunakan ozon ( $O_3$ ) atau air ozon (air yang mengandung ozon). Bilamana dilakukan pencucian maka harus dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis deterjen tara pangan (*food grade*) dan air bersih dengan suhu berkisar 60 – 850°C, kemudian dibilas dengan air minum atau air produk secukupnya untuk menghilangkan sisa – sisa deterjen yang dipergunakan untuk mencuci.

- b. Pengisian Pengisian wadah dilakukan dengan menggunakan alat dan mesin serta dilakukan dalam tempat pengisian yang higienis.
- c. Penutupan Penutupan wadah dapat dilakukan dengan tutup yang dibawa konsumen atau yang disediakan oleh Depot Air Minum (Kemenperindag, 2004).

### **2.3 Persyaratan Kualitas Air Minum**

Untuk menjamin bahwa suatu sistem penyediaan air minum adalah aman, higienis dan baik serta dapat diminum tanpa kemungkinan dapat menginfeksi para pemakai air maka harus terpenuhi suatu persyaratan kualitas.

Dalam perencanaan/ pelaksanaan fasilitas penyediaan air minum (sumber, waduk, jaringan distribusi) harus bebas dari kemungkinan pengotoran dan kontaminasi. Berdasarkan peraturan menteri kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum, adapun persyaratan kualitas air minum yaitu sebagai berikut :

#### **2.3.1 Persyaratan Bakteriologis**

Parameter persyaratan bakteriologis adalah jumlah maksimum *E. coli* dan total bakteri *coliform* per 100 ml sampel. Persyaratan tersebut harus dipenuhi oleh air minum, air yang masuk sistem distribusi dan air pada system distribusi. Air minum tidak boleh mengandung kuman-kuman patogen dan parasit seperti kuman-kuman thypus, kolera, dysentri dan gastroenteritis. Untuk mengetahui adanya bakteri pathogen dapat dilakukan dengan pengamatan terhadap ada tidaknya bakteri *E.coli* yang merupakan bakteri pencemar air. Parameter ini terdapat pada air yang tercemar oleh tinja manusia dan dapat menyebabkan gangguan pada manusia berupa penyakit perut (diare) karena mengandung bakteri pathogen. Untuk membunuhnya diperlukan proses sterilisasi.

### 2.3.2 Persyaratan Fisik

Air minum secara fisik harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Syarat lain yang harus dipenuhi diantaranya yaitu (Kemenkes, 2010) :

#### 1. Bau

Bau disebabkan oleh adanya senyawa yang terkandung dalam air seperti gas  $H_2S$ ,  $NH_3$ , senyawa fenol, klorofenol dan lain – lain. Pengukuran biologis senyawa organik dapat menghasilkan bau padat zat cair dan gas. Bau yang disebabkan oleh senyawa organik ini selain mengganggu dari segi estetika, juga beberapa senyawa dapat bersifat karsinogenik. Pengukuran secara kuantitatif bau sulit diukur karena hasilnya terlalu subjektif (Kemenkes, 2010).

#### 2. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan adanya kandungan Total Suspended Solid baik yang bersifat organik maupun anorganik. Zat organik berasal dari lapukan tanaman dan hewan, sedangkan zat anorganik biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri sehingga mendukung perkembangannya. Kekeruhan dalam air minum tidak boleh lebih dari 5 NTU (Kemenkes, 2010).

#### 3. Rasa

Syarat air bersih/minum adalah air tersebut tidak boleh berasa. Air yang berasa dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan. Efeknya tergantung penyebab timbulnya rasa tersebut. Sebagai contoh rasa asam dapat disebabkan oleh asam organik maupun anorganik, sedangkan rasa asin dapat disebabkan oleh garam terlarut dalam air (Kemenkes, 2010).

#### 4. Suhu

Suhu air sebaiknya sama dengan suhu udara  $25^{\circ}C$  dengan batas toleransi yang diperbolehkan yaitu  $25^{\circ}C \pm 3^{\circ}C$ . Suhu yang normal mencegah terjadinya pelarutan air kimia pada pipa, menghambat reaksi biokimia pada pipa dan mikroorganisme tidak dapat tumbuh. Jika suhu air tinggi maka jumlah oksigen terlarut dalam air akan berkurang juga akan meningkatkan reaksi dalam air (Kemenkes, 2010).

#### 5. Warna

Air minum sebaiknya tidak berwarna, bening dan jernih untuk alasan

estetika dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun organisme yang berwarna, dimana kadar maksimum yang diperbolehkan adalah 15 TCU. Air yang telah mengandung senyawa organik seperti daun, potongan kayu, rumput akan memperlihatkan warna kuning kecokelatan, oksida besi akan menyebabkan warna air menjadi kemerah-merahan, dan oksida mangan akan menyebabkan warna air kecokelatan atau kehitaman (Kemenkes, 2010).

#### 6. Total zat padat terlarut

Total zat padat terlarut adalah ukuran zat terlarut zat padat, baik berupa ion, senyawa amupun koloid di dalam air. Total zat padat terlarut biasanya disebabkan oleh bahan anorganik yang berupa ion-ion yang biasa ditemukan di perairan. Apabila total zat padat terlarut meningkat maka akan meningkatkan kesadahan suatu perairan (Sumarno, 2017). Adapaun kadar maksimum total zat padat terlarut yang diperbolehkan adalah sebesar 500 mg/L (Kemenkes, 2010).

### **2.3.3 Persyaratan Kimiawi**

Persyaratan Kimiawi Air minum tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah tertentu yang melampaui batas. Bahan kimia yang dimaksud tersebut adalah bahan kimia yang memiliki pengaruh langsung maupun pengaruh secara tidak langsung bagi kesehatan. Beberapa persyaratan kimia tersebut antara lain :

#### 1. pH

pH merupakan faktor penting bagi air minum, pada pH 8,5 akan mempercepat terjadinya korosi pada pipa distribusi air minum. Oleh sebab itu, kisaran pH air minum yang diperbolehkan adalah 6,5-8,5.

#### 2. Zat Organik

Zat organik dalam air berasal dari alam (tumbuh-tumbuhan, alcohol, sellulosa, gula dan pati), sintesa (proses-proses produksi) dan fermentasi. Zat organik yang berlebihan dalam air akan mengakibatkan timbulnya bau yang tidak sedap.

#### 3. Logam-Logam Berat (Pb, As, Cd, Hg, Cn)

Adanya logam – logam berat dalam air akan menyebabkan gangguan pada jaringan syaraf, pencernaan, metabolisme oksigen dan kanker. Namun ada juga logam berat yang sifatnya esensial.

#### 4. Besi

Keberadaan besi dalam air bersifat terlarut, menyebabkan air menjadi merah kekuning–kuningan, menimbulkan bau amis, dan membentuk lapisan–lapisan seperti minyak. Besi merupakan logam yang menghambat proses desinfeksi. Hal ini disebabkan karena daya pengikat klor (DPC) selain digunakan untuk mengikat besi, akibatnya sisa klor menjadi lebih sedikit dan hal ini memerlukan desinfektan yang lebih banyak pada proses pengolahan air. Dalam air minum kadar maksimum besi yaitu 0,3 mg/L, sedangkan untuk nilai ambang rasa pada kadar 2 mg/L. Besi dalam tubuh dibutuhkan untuk pembentukan hemoglobin namun dalam dosis berlebihan dapat merusak dinding halus.

#### 5. Mangan

Mangan dalam air bersifat terlarut, biasanya membentuk  $MnO_2$ . Kadar mangan dalam air maksimum yang diperbolehkan adalah 0.1 m/g. Adanya mangan yang berlebihan dapat menyebabkan flek pada benda – benda putih oleh deposit  $MnO_2$ , menimbulkan rasa dan menyebabkan warna ungu/hitam pada air minum, serta bersifat toksik.

#### 6. Tembaga

Pada kadar yang lebih besar dari 1 mg/L akan menyebabkan rasa tidak enak pada lidah dan dapat menyebabkan gejala ginjal, muntaber, pusing, lemah dan dapat menimbulkan kerusakan pada hati. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna dan korosi pada pipa.

#### 7. Seng

Tubuh memerlukan seng untuk proses metabolisme, tetapi pada dosis tinggi dapat bersifat racun. Pada air minum kelebihan kadar  $Zn > 3$  mg/l dalam air minum menyebabkan rasa kesat/pahit dan apabila dimasak timbul endapan seperti pasir dan menyebabkan muntaber.

#### 8. Klorida

Klorida mempunyai tingkat toksisitas yang tergantung 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. Sekalipun dalam dosis yang rendah menimbulkan efek buruk pada kesehatan.

## 9. Nitrit

Senyawa yang dihasilkan, methemoglobin, yang tidak dapat membawa oksigen dan dapat menyebabkan kondisi kekurangan oksigen pada darah yang disebut methemoglobinemia. Hal ini berbahaya terutama pada bayi (blue baby syndrome) karena total volume darah mereka kecil

Tabel 2.1 Tabel kadar maksimum berbagai jenis parameter kualitas air minum (Permenkes No. 492 tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum)

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
1.	Parameter yang langsung berhubungan dengan kesehatan	-	-
	Arsen	mg/L	0,01
	Fluorida	mg/L	1,5
	Total Kromium	mg/L	0,05
	Kadmium	mg/L	0,003
	Nitrit	mg/L	3
	Nitrat	mg/L	50
	Sianida	mg/L	0,07
	Selenium	mg/L	0,01
2.	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan	-	-
	Alumminium	mg/L	0,2
	Besi	mg/L	0,3
	Mangan	mg/L	0,4
	Seng	mg/L	3
	Tembaga	mg/L	2
	Sulfat	mg/L	250

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
	Amonia	mg/L	1,5
	Klorida	mg/L	250
	Kesadahan	mg/L	500
3.	Parameter Tambahan	-	-
a	Bahan Anorganik	-	-
	Air Raksa	mg/L	0,001
	Antimon	mg/L	0,02
	Barium	mg/L	0,7
	Boron	mg/L	0,5
	Molybdenum	mg/L	0,07
	Nikel	mg/L	0,07
	Sodium	mg/L	200
	Timbal	mg/L	0,01
	Uranium	mg/L	0,015
b.	Turunan Bahan organik		
c.	Turunan Pestisida		
d.	Turunan Desinfektan		

### 2.3.4 Persyaratan Radioaktivitas

Persyaratan radioaktivitas membatasi kadar maksimum aktivitas alfa dan beta yang diperbolehkan terdapat dalam air minum. Adapun masing-masing kadar maksimum yang diperbolehkan adalah 0,1 Bq/L dan 1 Bq/L (Kemenkes, 2010).

#### a. Logam Berat

Logam berat umumnya didefinisikan sebagai logam dengan densitas, berat atom, atau nomor atom tinggi. Kriteria yang digunakan, dan jika metaloid disertakan, bervariasi tergantung pada penulis dan konteksnya. Dalam metalurgi, misalnya, logam berat dapat didefinisikan berdasarkan kerapatan, sedangkan pada

fisika, kriteria pembeda adalah nomor atom, sementara kimiawan kemungkinan akan lebih memperhatikan sifat kimia zatnya. Definisi yang lebih spesifik telah dipublikasikan, namun tidak satu pun yang diterima secara luas. Definisi yang disurvei dalam artikel ini mencakup 96 dari 118 unsur kimia yang diketahui, hanya raksa, timbal dan bismut yang memenuhi semua kriteria. Terlepas dari kurang kesepakatannya ini, istilah tersebut (jamak atau tunggal) banyak digunakan dalam sains. Densitas lebih dari 5 g/cm<sup>3</sup> kadang-kadang dikutip sebagai kriteria yang umum digunakan dalam batang tubuh artikel ini.

Logam yang paling awal dikenal adalah logam biasa seperti besi, tembaga, dan timah, dan logam mulia seperti perak, emas, dan platina—adalah logam berat. Sejak tahun 1809 dan seterusnya, ditemukan logam ringan, seperti magnesium, aluminium, dan titanium, dan juga logam berat yang kurang terkenal termasuk galium, talium, dan hafnium.

Beberapa logam berat ada yang merupakan nutrisi esensial (biasanya besi, kobalt, dan seng), atau relatif tidak berbahaya (seperti ruthenium, perak, dan indium), tetapi dapat beracun dalam jumlah besar atau dalam bentuk tertentu. Logam berat lainnya, seperti kadmium, raksa, dan timbal, sangat beracun. Sumber potensi keracunan logam berat antara lain limbah penambangan dan industri, limpasan pertanian, paparan kerja, dan cat serta pengawetan kayu.

Karakterisasi fisika dan kimia logam berat harus dilakukan dengan hati-hati, karena logam yang terlibat tidak selalu didefinisikan dengan baik. Selain relatif padat, logam berat cenderung kurang reaktif daripada logam yang lebih ringan dan memiliki sulfida dan hidroksida terlarut yang jauh lebih sedikit. Meskipun relatif mudah untuk mengenali logam berat seperti tungsten dari logam yang lebih ringan seperti natrium, beberapa logam berat seperti seng, raksa, dan timbal memiliki karakteristik logam yang lebih ringan, sebaliknya logam yang lebih ringan seperti berilium, skandium, dan titanium memiliki beberapa karakteristik logam berat.

Logam dapat digolongkan kedalam dua jenis, yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat adalah logam dengan berat lebih dari sama dengan 5 g/cm<sup>3</sup>. Logam berat dinamakan sebagai logam non esensial dan pada tingkat tertentu dapat menjadi beracun bagi makhluk hidup. Sedangkan logam ringan adalah logam dengan berat kurang dari 5 g/cm<sup>3</sup> (Iriati, 2017).

Logam berat telah lama dikenal sebagai suatu elemen dengan daya racun potensial bagi manusia. Tidak sedikit kasus kematian ditemukan akibat logam berat. Beberapa logam berat yang tidak memiliki fungsi sama sekali bagi tubuh dan berbahaya adalah timbal (Pb), merkuri (Hg), arsen (As) dan kadmium (Cd). Daya toksisitas logam ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kadar logam yang terserap, lamanya konsumsi, umur, spesies, jenis kelamin, kebiasaan makan-makanan tertentu, kondisi fisik, dan kemampuan jaringan tubuh dalam mengakumulasi logam. Toksisitas logam pada manusia dapat menyebabkan timbulnya kerusakan jaringan terutama jaringan detoksifikasi dan ekskresi yaitu hati dan ginjal. Di sisi lain terdapat kandungan ion logam yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah tertentu dan dikenal juga sebagai trace element, seperti tembaga (Cu), selenium (Se), Besi (Fe) dan zink (Zn). Namun, dalam jumlah tertentu juga berbahaya bagi tubuh (Iriati, 2017).

#### **1.4. Logam Berat Dalam Air Minum dan Toksisitasnya**

##### **2.4.1 Timbal**

Timbal adalah logam berkilau berwarna putih kebiruan atau kelabu keperakan. Logam ini memiliki nomor atom 82, bobot atom 207,20 g/mol, titik leleh 327°C, dan titik didih 1755°C (BSN, 2009). Timbal mulai pudar atau kusam ketika kontak dengan udara, kemudian membentuk campuran kompleks sesuai kondisi (Jaishankar et al., 2014).

Air tanah secara alami mengandung beragam unsur, seperti mineral, kalsium, hingga logam berat termasuk timbal. Timbal (Pb) adalah logam berat yang dapat ditemui dalam lapisan tanah terdalam atau pada pipa dan logam saluran air. Selain terbentuk secara alami, logam berat timbal juga dihasilkan oleh aktifitas manusia seperti limbah industri, limbah rumah tangga dan pembuangan sampah metal. Kontaminan tersebut akan membaaur dengan tanah sehingga menghasilkan air tanah yang memiliki kadar logam tinggi, termasuk logam timbal.

Salah satu sumber air minum yang dikonsumsi adalah air tanah, baik melalui proses pemasakan atau hanya sekedar filtrasi oleh mesin. Hal tersebut belum tentu dapat menghilangkan cemaran logam timbal yang ada pada air minum tersebut. Sehingga jika mengkonsumsi air tersebut dalam jangka waktu tertentu akan berdampak bagi kesehatan manusia.

Efek timbal terhadap kesehatan. Alur timbal ke tubuh manusia dapat melalui 3 proses yaitu, inhalasi, ingesti, dan kulit. Pada kasus ini air minum yang sudah mengandung timbal masuk melalui oral ke dalam tubuh manusia (ingesti). Di dalam tubuh terjadi proses metabolisme, yaitu tubuh mencerna minuman yang masuk melalui saluran pencernaan (gastrointestinal). Tahap selanjutnya 90% timbal yang masuk akan dibuang melalui feses dan 10% timbal akan dialihkan ke dalam darah. Hal ini membuat darah yang mengalir ke seluruh tubuh telah memiliki kandungan timbal. Sebanyak 90% timbal akan ditimbun pada tulang khususnya sumsum tulang belakang. Dan sisanya akan diproses melalui ginjal untuk di eksresikan (Yu, 2005).

Timbal bisa menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin (Hb) dan sebagian kecil timbal diekskresikan lewat urine atau feses karena sebagian terikat oleh protein, sedangkan sebagian lagi terakumulasi dalam ginjal, hati, kuku, jaringan lemak, dan rambut. Keracunan akibat kontaminasi logam timbal bisa menimbulkan berbagai macam hal seperti memperpendek umur sel darah merah, menurunkan jumlah sel darah merah yang masih muda (retikulosit), meningkatkan kandungan zat besi dalam plasma darah.

Timbal bersifat kumulatif serta sulit diuraikan. Timbal bersifat karsinogen dalam dosis tinggi paparan timbal secara kronis bisa mengakibatkan kelelahan, kelesuan, gangguan iritabilitas, gangguan gastrointestinal, kehilangan libido, infertilitas pada laki-laki, gangguan menstruasi serta aborsi spontan pada wanita, depresi, sakit kepala, sulit berkonsentrasi, daya ingat terganggu dan sulit tidur. Timbal bisa merusak jaringan syaraf, fungsi ginjal, menurunnya kemampuan belajar. Kandungan timbal dalam darah berkorelasi dengan tingkat kecerdasan manusia, semakin tinggi kadar timbal dalam darah semakin rendah poin IQ.

Kelainan fungsi otak terjadi karena timbal secara kompetitif menggantikan peranan zink, tembaga, dan besi dalam mengatur fungsi sistem syaraf pusat (Widowati, 2008). Keracunan timbal pada orang dewasa ditandai dengan gejala 3P yaitu pallor (pucat), pain (sakit), dan paralysis (kelumpuhan). Keracunan bersifat kronik dan akut. Pada keracunan kronik, di awal tidak menyebabkan gangguan kesehatan yang tampak, namun seiring waktu efek toksik menumpuk dan menyebabkan gejala keracunan. Keracunan timbal kronik ditandai dengan depresi, sakit kepala, sulit berkonsentrasi, daya ingat terganggu, dan sulit tidur. Sedangkan

keracunan akut terjadi jika timbal masuk ke dalam tubuh seseorang lewat makanan atau menghirup uap timbal dalam waktu yang relatif pendek dengan dosis atau kadar yang relatif tinggi. Gejala yang timbul berupa mual, muntah, sakit perut hebat, kelainan fungsi otak, anemia berat, kerusakan ginjal, bahkan kematian dapat terjadi dalam waktu 1-2 hari.

#### **2.4.2 Tembaga**

Tembaga memiliki nomor atom 29, berat atom 63,546 g/mol, titik leleh 1083°C, titik didih 2595°C, jari-jari atom 1,173 Ao dan jari-jari ion  $\text{Cu}^{2+}$  0,96 Ao. Tembaga merupakan logam transisi (golongan I B) berwarna kemerahan, mudah regang, dan mudah ditempa. Logam Cu termasuk logam berat esensial, meskipun beracun tetapi tetap dibutuhkan tubuh manusia dalam jumlah kecil. Dalam konsentrasi rendah, Cu dapat merangsang pertumbuhan organisme, sebaliknya jika dalam konsentrasi tinggi Cu malah menjadi penghambat.

Tembaga (Cu) bisa masuk ke sumber air minum melalui jalur alamiah dan non alamiah. Pada jalur alamiah, logam mengalami siklus perputaran dari kerak bumi ke lapisan tanah, ke dalam mahluk hidup, ke dalam kolom air, mengendap, dan akhirnya kembali lagi ke dalam kerak bumi. Unsur Cu bersumber dari peristiwa pengikisan (erosi) batuan mineral, debu-debu, dan partikulat Cu dalam lapisan udara yang dibawa turun air hujan, kemudian air tersebut akan diserap dan ditampung didalam tanah sebagai sumber air minum. Sedangkan jalur non alamiah dalam unsur Cu masuk kedalam tatanan lingkungan akibat aktivitas manusia, antara lain berasal dari buangan industri yang menggunakan bahan baku Cu, industri galangan kapal, industri pengolahan kayu, serta limbah rumah tangga yang nantinya akan terbuang dan bermuara di laut, dan dalam kasus ini layak diduga bahwa air laut dari pantai bisa meresap ke tanah daerah pesisir sehingga mengkontaminasi sumber air tanah yang berada didekatnya (Widowati, W, 2006).

Tembaga (Cu) merupakan komponen dari enzim yang diperlukan untuk menghasilkan energi, anti oksidasi dan sintesa hormon adrenalin, serta untuk pembentukan jaringan ikat, (Yustisia, 2012) namun dalam jumlah besar, tembaga dapat menyebabkan rasa tidak enak di lidah dan lebih parah dapat menyebabkan kerusakan pada hati. Logam tembaga dapat menyebabkan keracunan secara akut dan kronis. Pada keracunan akut, gejala-gejalanya adalah adanya rasa logam pada

pernafasan dan rasa terbakar pada epigastrium. Selain itu juga timbul rasa mual dan muntah secara berulang-ulang dan gejala tersebut berlanjut pada terjadinya pendarahan pada jalur gastrointestinal. Tembaga akan diserap melalui usus dan dialirkan pembuluh darah menuju hati. Di dalam sel hati, sebagian tembaga akan dibuang ke sirkulasi empedu. Sebagian lainnya akan berikatan dengan protein *ceruloplasmin* dan dialirkan ke pembuluh darah sistemik.

Pada manusia, keracunan kronis Cu dapat dilihat dengan timbulnya penyakit Wilson dan Kinsky. Gejala dari penyakit Wilson ini adalah terjadi *hepatic cirrhosis*, kerusakan pada otak dan demyelinasi, serta terjadi penurunan kerja ginjal dan pengendapan Cu dalam kornea mata. Ini terjadi akibat penumpukan tembaga di kornea sehingga tampak seperti cincin berwarna gelap. Penumpukan tembaga di otak dapat menyebabkan berbagai gangguan saraf seperti kekakuan, disartria, insomnia, kejang, dan tremor. Selain itu, juga dapat terjadi gangguan emosional, depresi, hingga halusinasi. Gejala lain yang dapat terjadi adalah keguguran, gangguan siklus haid, batu ginjal, batu empedu, dan nyeri sendi.

#### **2.4.3. Cemaran Logam Berat Pantai Banyuwangi**

Kerusakan lingkungan laut dan pesisir yang terjadi karena fenomena alam itu sendiri dan juga karena beberapa kegiatan manusia. Seperti halnya perairan pesisir lainnya, Pesisir Kabupaten Banyuwangi berpotensi mengakumulasi beban antropogenik yang dibawa dari beberapa aliran sungai. Hal ini diperparah dengan adanya penyalahgunaan sungai sebagai tempat pembuangan limbah sehingga beban pencemar akan terdistribusi sampai ke muara sungai hingga laut. (Bengen, 2001). Hal tersebut menjadikan daerah muara dan pesisir merupakan kawasan yang rentan tercemar (Sari et al., 2017). Komponen-komponen anorganik yang mencemari pantai Banyuwangi salah satu diantaranya adalah logam berat. Pencemaran logam berat dikategorikan sebagai pencemaran yang menimbulkan dampak berbahaya terhadap lingkungan dan organisme di dalamnya. Logam berat mempunyai sifat non-degradable. Selain itu, logam berat akan terakumulasi di dalam lingkungan seperti kolom air dan sedimen serta terabsorpsi ke dalam biota laut (Effendi, 2003). Logam berat yang dianalisa dalam penelitian yang dilakukan oleh Setyaningrum (2018) adalah jenis Tembaga (Cu), Raksa (Hg), Timbal (Pb) dan timah (Sn).

Berikut hasil uji logam berat yang dilakukan di laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Surabaya.

Tabel 2.2. Hasil analisa kadar logam berat air laut Kabupaten Banyuwangi.

Parameter	Satuan	Pantai Alas Buluh		Pantai Kampe		Pantai BP 3	
		Pasang	Surut	Pasang	Surut	Pasang	Surut
Cu	mg / L	< 0,022	0,026	0,032	< 0,022	0,026	0,026
Hg	mg / L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Pb	mg / L	0,012	0,015	0,015	0,016	0,017	0,015
Sn	mg / L	<0,1050	<0,1050	0,469	<0,1050	<0,1050	<0,1050

Tabel 2.2. Lanjutan

Parameter	Satuan	Pantai Santen		Pantai Pakem		Pantai Cemara	
		Pasang	Surut	Pasang	Surut	Pasang	Surut
Cu	mg / L	< 0,022	< 0,022	0,026	< 0,022	0,030	< 0,022
Hg	mg / L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Pb	mg / L	0,017	0,018	0,017	0,022	0,018	0,018
Sn	mg / L	<0,1050	<0,1050	<0,1050	<0,1050	<0,1050	4,136

Tabel 2.2. Lanjutan

Parameter	Satuan	Pantai Pampang	Pantai Lampan		Pantai Blimbing
		Pasang	Pasang	Surut	Pasang
Cu	mg / L	< 0,022	< 0,022	< 0,022	< 0,022
Hg	mg / L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Pb	mg / L	0,018	0,019	0,021	0,018
Sn	mg / L	4,703	4,791	3,743	3,656

Seperti halnya perairan pesisir lainnya, Pesisir Kabupaten Banyuwangi berpotensi mengakumulasi beban antropogenik yang dibawa dari beberapa aliran sungai, dan dalam kesimpulannya ditegaskan bahwa secara umum, kisaran konsentrasi Cu 0,0104 mg/L, Hg 0 mg/L, Pb 0,0173 mg/L dan Sn 1,3436 mg/L yang diperoleh di perairan pesisir Kabupaten Banyuwangi. Jika merujuk Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut, Raksa (Hg) 0,001 mg/l, Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) 0,008 mg/l, dan Timah (Sn) 2 mg/l, maka nilai logam berat Hg dan Sn masih di bawah ambang batas sedangkan Cu dan Pb sudah di atas ambang batas.

### **1.5. Kondisi Lingkungan Berdasarkan Jumlah Industri**

Berdasarkan artikel Banyuwangi Dalam Angka yang dikeluarkan oleh pemerintah tahun 2019, jumlah industri dari masing-masing Kecamatan adalah:

- a. Jumlah industri di Kecamatan Kalipuro adalah 417 perusahaan, dimana 182 perusahaan makanan minuman dan tembakau, 7 perusahaan tekstil, barang kulit dan alas kaki, 228 perusahaan barang kayu dan hasil hutan lainnya.
- b. Jumlah industri di Kecamatan Banyuwangi adalah 267 perusahaan, dimana 150 perusahaan makanan minuman dan tembakau, 35 perusahaan tekstil, barang kulit dan alas kaki, 82 perusahaan barang kayu dan hasil hutan lainnya
- c. Jumlah industri di Kecamatan Kabat adalah 701 perusahaan, dimana 333 perusahaan makanan minuman dan tembakau, 231 perusahaan tekstil, barang kulit dan alas kaki, 137 perusahaan barang kayu dan hasil hutan lainnya. Jumlah tersebut merupakan yang paling banyak diantara lima kecamatan tempat diambilnya sampel
- d. Jumlah industri di Kecamatan Rogojampi adalah 359 perusahaan, dimana 219 perusahaan makanan minuman dan tembakau, 76 perusahaan tekstil, barang kulit dan alas kaki, 64 perusahaan barang kayu dan hasil hutan lainnya.
- e. Jumlah industri di Kecamatan Muncar adalah 84 perusahaan, dimana 79 perusahaan makanan minuman dan tembakau, 2 perusahaan tekstil, barang kulit dan alas kaki, 3 perusahaan barang kayu dan hasil hutan lainnya. Jumlah tersebut merupakan yang paling sedikit diantara lima kecamatan tempat diambilnya sampel

### 1.6. Instrument ICP OES

ICP OES merupakan perangkat canggih untuk penentuan logam dalam berbagai matriks sampel yang berbeda. ICP dikembangkan untuk spektrometri emisi optik oleh Fassel et al. di Iowa State University, Amerika Serikat dan oleh Greenfield et al. di Albright and Wilson, Ltd, Inggris pada pertengahan 1960-an. Instrumen ICP OES yang tersedia secara komersial pertama kali diperkenalkan pada tahun 1974 (Hou and Jones, 2000). Untuk mendapatkan informasi kualitatif, yaitu unsur apa yang terdapat dalam sampel, melibatkan identifikasi adanya emisi pada panjang gelombang khas dari unsur yang dituju. Secara umum, setidaknya tiga garis spektrum dari unsur yang diperiksa untuk memastikan bahwa emisi yang diamati memang benar merupakan milik unsur yang dituju. Terkadang gangguan garis spektral dari unsur lain mungkin membuat suatu ketidakpastian tentang adanya unsur dalam plasma. Untungnya, dari sejumlah besar garis emisi yang tersedia untuk sebagian besar unsur memperbolehkan salah satu garis emisi yang dapat mengatasi gangguan tersebut dengan cara memilih diantara beberapa garis emisi yang berbeda untuk unsur yang dituju (Charles et al., 1997).



Gambar 2.1 Instrumen ICP OES

Untuk mendapatkan informasi kuantitatif, seberapa banyak suatu unsur terdapat dalam sampel, dapat dicapai dengan menggunakan plot intensitas emisi terhadap konsentrasi yang disebut kurva kalibrasi. Larutan dengan konsentrasi analit yang diketahui, disebut larutan standar, dimasukkan ke dalam ICP dan intensitas emisi khas untuk setiap unsur, atau analit, diukur. Intensitas ini kemudian dapat diplot terhadap konsentrasi standar untuk membentuk kurva kalibrasi bagi setiap unsur. Ketika intensitas emisi dari analit diukur, intensitas diperiksa terhadap

kurva kalibrasi unsur tersebut untuk menentukan konsentrasi sesuai dengan intensitasnya (Boss and Kenneth, 1997).

Dibandingkan dengan teknik lain, ICP OES memiliki suhu atomisasi yang lebih tinggi, lingkungan yang lebih inert dan kemampuan alami untuk penentuan hingga 70 elemen secara bersamaan. Hal ini membuat ICP lebih tahan terhadap gangguan matriks, dan lebih mampu untuk mengoreksinya ketika terjadi gangguan matriks. ICP OES menyediakan batas deteksi serendah, atau lebih rendah dari pesaing terbaiknya, GF AAS. Selain itu, ICP tidak menggunakan elektroda, sehingga tidak ada kontaminasi dari pengotor yang berasal dari bahan elektroda. ICP juga relatif lebih mudah dalam perakitannya dan murah, dibandingkan dengan beberapa sumber lain, seperti LIP (laser-induced plasma).

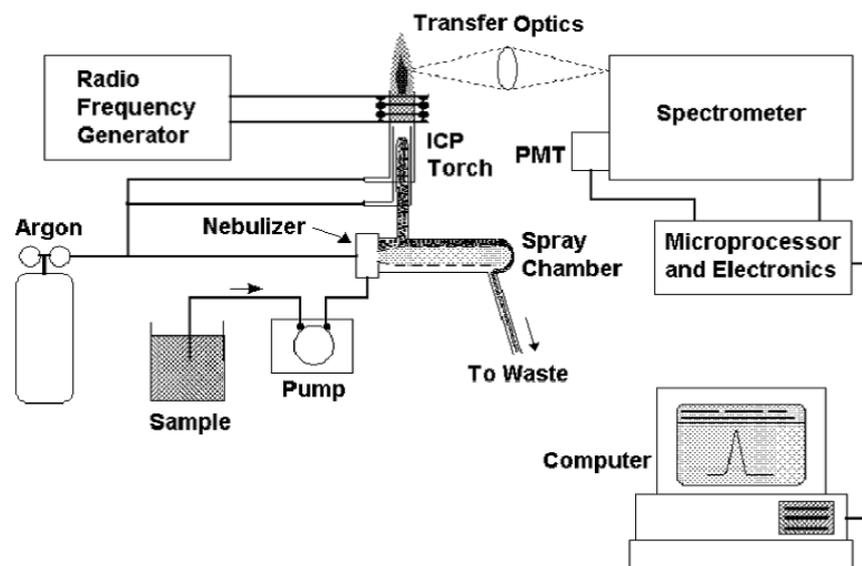
Berikut ini adalah beberapa sifat yang paling menguntungkan dari sumber ICP (Hou and Bradley, 2000):

- a. Suhu tinggi (7000-8000 K).
- b. Kerapatan elektron tinggi ( $10^{14}$  -  $10^{16}$  cm<sup>3</sup>)
- c. Derajat ionisasi yang cukup besar untuk banyak unsur. Kemampuan analisa multiunsur secara bersamaan (lebih dari 70 unsur termasuk P dan S).
- d. Emisi background (latar belakang) rendah, dan gangguan kimia yang relatif rendah.
- e. Stabilitas tinggi yang menyebabkan akurasi dan presisi yang sangat baik.
- f. Batas deteksi yang sangat baik untuk sebagian besar unsur (0,1- 100 ng/mL).
- g. Linear dynamic range (LDR) yang lebar (4-6 kali lipat).
- h. Dapat diterapkan untuk unsur-unsur refraktori.
- i. Analisis dengan biaya efektif

#### 1.6.1. Prinsip Kerja

Teknik ini didasarkan pada emisi spontan foton dari atom dan ion yang telah tereksitasi dalam *radio frequency (RF) discharge*. Sampel cair dan gas dapat diinjeksikan langsung ke instrumen, sedangkan sampel padat memerlukan ekstraksi atau digesti asam sehingga analit akan didapatkan dalam bentuk larutan. Larutan sampel diubah menjadi aerosol dan diarahkan ke saluran pusat plasma.

Pada bagian inti *inductively coupled plasma* (ICP) suhunya sekitar 10.000 K, sehingga aerosol cepat diuapkan. Unsur analit dibebaskan sebagai atom-atom bebas dalam bentuk gas. Eksitasi tumbukan lebih lanjut dalam plasma menghasilkan energi tambahan untuk atom sehingga mempromosikannya ke keadaan tereksitasi. Energi yang cukup mengubah atom menjadi ion dan selanjutnya mempromosikan ion ke keadaan tereksitasi. Kedua jenis keadaan tereksitasi dari atom dan ion kemudian dapat kembali ke keadaan dasar melalui emisi foton. Foton ini memiliki energi khas yang ditentukan oleh struktur tingkat energi terkuantisasi untuk atom atau ion. Dengan demikian panjang gelombang dari foton dapat digunakan untuk mengidentifikasi unsur-unsur asalnya. Total jumlah foton berbanding lurus dengan konsentrasi unsur dalam sampel (Hou and Jones, 2000).



Gambar 2.2 Prinsip Kerja ICP OES

Pada ICP OES, gas argon diarahkan melalui torch yang terdiri atas tiga tabung konsentris yang terbuat dari kuarsa atau beberapa bahan lain yang sesuai. Sebuah kumparan tembaga, yang disebut load coil, mengelilingi ujung atas torch dan terhubung ke generator frekuensi radio (*radio frequency*, RF). Bila daya RF diterapkan pada load coil, arus bolak-balik bergerak di dalam kumparan, atau beresilasi, pada tingkat yang sesuai dengan frekuensi generator. Osilasi RF dari arus dalam kumparan ini menyebabkan terbentuknya medan listrik dan medan magnet

RF di bagian atas torch. Dengan gas argon yang berputar melalui torch, bunga api yang diterapkan pada gas menyebabkan beberapa elektron akan terlepas dari atom argonnya. Elektron ini kemudian terperangkap dan diakselerasi dalam medan magnet. Menambahkan energi pada elektron dengan menggunakan kumparan dengan cara ini dikenal sebagai *inductive coupling*. Elektron berenergi tinggi ini selanjutnya bertumbukan dengan atom argon lainnya, menyebabkan lepasnya lebih banyak elektron. Ionisasi tumbukan gas argon ini berlanjut dalam reaksi berantai, mengubah gas menjadi plasma yang terdiri atas atom argon, elektron, dan ion argon, membentuk apa yang dikenal sebagai *inductively coupled plasma (ICP) discharge*. ICP discharge tersebut kemudian dipertahankan dalam *torch* dan *load coil* selama energi RF masih terus ditransfer melalui proses *inductive coupling* (Boss and Kenneth, 1997).

Terdapat beberapa fungsi ICP discharge (selanjutnya disebut sebagai ICP atau "plasma"). Fungsi pertama dari plasma suhu tinggi adalah menghilangkan pelarut dari aerosol atau desolvasi, biasanya menyisakan sampel sebagai partikel garam mikroskopis. Langkah selanjutnya melibatkan dekomposisi partikel garam menjadi gas molekul individu (penguapan) yang kemudian terdisosiasi menjadi atom (atomisasi). Setelah sampel aerosol terdesolvasi, teruapkan dan teratomisasi, plasma memiliki satu, atau mungkin dua fungsi yang tersisa yaitu eksitasi dan ionisasi. Agar atom atau ion dapat memancarkan radiasi khasnya, salah satu elektronnya harus dipromosikan ke tingkat energi yang lebih tinggi melalui proses eksitasi (Boss and Kenneth, 1997).

#### 1.6.2. Cara Kerja dan Instrumentasi ICP-OES

##### a. Pompa

Sampel yang sudah mendapatkan perlakuan destruksi kemudian ditempatkan dalam wadah (tabung reaksi) kemudian dialirkan kedalam pipa kapiler dengan bantuan pompa. Pompa yang umum digunakan adalah jenis pompa peristaltik. Pompa tersebut memanfaatkan serangkaian rol yang mendorong larutan sampel melalui selang dengan menggunakan proses yang dikenal sebagai gerakan peristaltik. Pompa tersebut tidak kontak dengan larutan, hanya dengan selang yang membawa larutan dari wadah sampel ke *nebulizer* (Boss and Kenneth, 1997).

b. *Nebulizer*

Setelah sample di tarik oleh pompa, kemudian masuk ke dalam sebuah tabung yang disebut *Nebulizer*. *Nebulizer* adalah alat yang mengubah cairan menjadi *aerosol* yang dapat dibawa ke plasma. *Nebulizer* ini menggunakan aliran gas berkecepatan tinggi untuk membuat aerosol (Boss and Kenneth, 1997). Banyak gaya yang dapat digunakan untuk memecah cairan menjadi aerosol; namun, hanya dua yang dapat digunakan bersama dengan ICP, gaya pneumatik dan gaya mekanik ultrasonik. Kebanyakan nebulizer ICP komersial adalah dari jenis pneumatik.

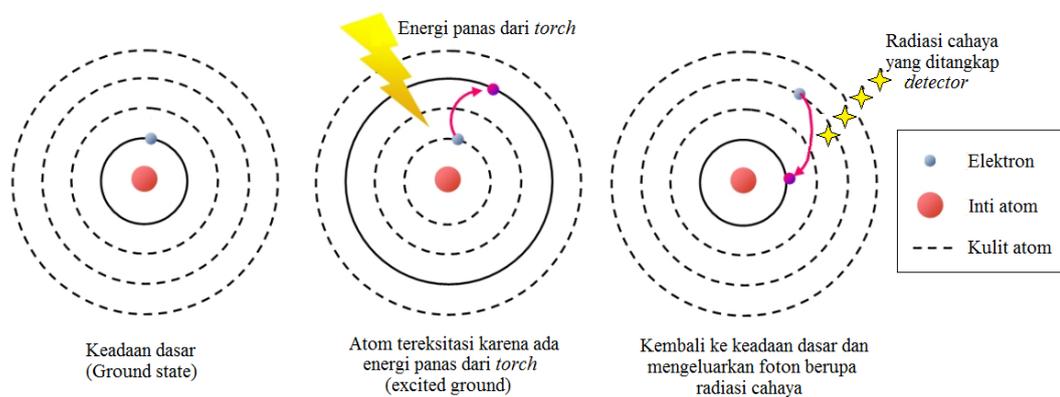
c. *Spray Chamber*

Setelah sampel diubah menjadi bentuk *aerosol* kemudian masuk ke bagian *spray chamber*. *Spray Chamber* adalah sebuah tabung yang berfungsi memisahkan partikel atau tetesan besar *non-aerosol* (biasanya pelarut) kemudian membuangnya sebagai *waste*. Sedangkan partikel analit yang berupa *aerosol* menuju plasma dengan bantuan gas argon. *Spray chamber* ini terletak di antara *nebulizer* dan *torch*. Fungsi kedua dari *spray chamber* adalah untuk melancarkan pulse yang terjadi selama nebulisasi yang sering disebabkan oleh pemompaan larutan. Secara umum, *spray chamber* ICP dirancang untuk memungkinkan tetesan dengan diameter sekitar 10 mm atau lebih kecil lolos ke plasma (Boss and Kenneth, 1997).

d. *Torch*

Gas argon membawa aerosol melewati sebuah obor atau biasa disebut (*torch*) dan merubahnya menjadi bentuk plasma, yaitu sebuah gas yang terionisasi secara signifikan di dalam medan frekuensi radio (RF) yang beresilasi. *Torch* adalah sumber nyala api yang terdiri atas tiga tabung konsentris untuk aliran argon dan injeksi aerosol. Jarak antara dua tabung luar dipertahankan sempit sehingga gas yang dihantarkan diantaranya mengalir dengan kecepatan tinggi. Salah satu fungsi dari gas ini adalah untuk menjaga dinding kuarsa torch dingin. Untuk ICP argon, aliran gas luar biasanya sekitar 7-15 L/menit. Ruang antara aliran luar dan aliran dalam menghantarkan gas langsung di bawah toroid plasma. Dalam operasi normal torch, aliran ini, sebelumnya disebut aliran tambahan tapi sekarang disebut aliran gas

menengah, sekitar 1,0 L/menit. Aliran menengah biasanya digunakan untuk mengurangi pembentukan karbon pada ujung tabung injektor ketika sampel organik sedang dianalisis. Namun, hal tersebut juga dapat meningkatkan kinerja dengan sampel air. Aliran gas yang membawa aerosol sampel diinjeksikan ke plasma melalui tabung atau injektor pusat. Karena diameter di ujung injektor kecil, kecepatan gas argon 1 L/menit yang digunakan untuk nebulisasi dapat membentuk lubang melalui plasma (Boss and Kenneth, 1997).



Gambar 4.1. Proses eksitasi elektron

Gambar 4.1 adalah peristiwa eksitasi yaitu berpindahnya elektron dari satu orbital dalam menuju orbital terluar dalam suatu atom karena atom tersebut dikenai energi dari luar (dalam hal ini adalah energi panas yang dihasilkan oleh torch). Atom yang berasal dalam kondisi tereksitasi mempunyai energi lebih besar daripada atom yang stabil. Karena atom yang tereksitasi cenderung tidak stabil, maka elektron kembali ke posisi *ground state* dengan mengeluarkan foton yang membawa radiasi cahaya. Radiasi cahaya tersebut yang kemudian di baca oleh detektor untuk mengetahui intensitasnya.

e. *Generator Radio Frequency*

*Generator Radio Frequency* (RF) adalah alat yang menyediakan daya untuk pembentukan dan pemeliharaan plasma discharge. Plasma tereksitasi dari kulit terendah dan kulit terendah menuju kulit terluar, kemudian kembali menuju *ground state* dengan mengeluarkan radiasi berupa cahaya. Daya RF biasanya berkisar antara 700-1500 watt, ditransfer ke gas plasma melalui *load coil* di sekitar bagian atas torch. *Load coil*, yang bertindak sebagai antena untuk

mentransfer daya RF ke plasma, biasanya terbuat dari tabung tembaga dan didinginkan dengan air atau gas selama pengoperasian. Kebanyakan generator RF yang digunakan untuk ICP OES beroperasi pada frekuensi antara 27 dan 56 MHz (Boss and Kenneth, 1997).

f. Transfer Optik

Radiasi emisi dari daerah plasma yang dikenal sebagai zona analitis normal (NAZ) disampel untuk pengukuran spektrometri. Radiasi tersebut biasanya dikumpulkan oleh fokus optik seperti lensa cembung atau cermin cekung. Optik ini kemudian memfokuskan citra plasma ke celah masuk dari alat pendispersi panjang gelombang atau spektrometer (Boss and Kenneth, 1997).

g. Pendispersi Panjang Gelombang

Kemudaian radiasi berupa cahaya tersebut setelah melewati transfer optik dipisahkan berdasarkan panjang gelombang. Masing-masing cahaya dikonversi menjadi sinyal listrik. *Diferensiasi* radiasi emisi suatu unsur dari radiasi yang dipancarkan oleh unsur dan molekul lainnya. Pemilihan emisi ini dapat dilakukan dengan beberapa cara. Dispersi panjang gelombang yang berbeda secara fisik dengan diffraction grating (kekisi difraksi) adalah yang paling umum. Perangkat lain yang kurang umum digunakan yaitu prisma, *filter* dan interferometer (Boss and Kenneth, 1997). Kekisi difraksi refleksi adalah sebuah cermin dengan garis yang berjarak sangat dekat di permukaannya. Kebanyakan kekisi yang digunakan pada instrumen ICP OES memiliki garis, atau alur, kepadatan 600-4200 garis per milimeter. Ketika cahaya mengenai kekisi tersebut, cahaya terdifraksi dengan sudut yang tergantung pada panjang gelombang cahaya dan kepadatan garis kekisi (Boss and Kenneth, 1997). Untuk memisahkan cahaya polikromatik, kekisi digabungkan dalam instrumen optik yang disebut spektrometer. Spektrometer menerima cahaya putih atau radiasi polikromatik dan mendispersikannya menjadi radiasi monokromatik. Satu atau lebih celah keluar pada bidang atau lingkaran keluar kemudian digunakan untuk memungkinkan panjang gelombang tertentu lolos ke detektor sambil menghalangi panjang gelombang yang lain (Boss and Kenneth, 1997). Ketika beberapa celah keluar dan detektor

digunakan dalam spektrometer yang sama, perangkat ini disebut polikromator. Setiap celah keluar di polikromator sejajar dengan garis emisi atom atau ion dari unsur tertentu yang memungkinkan analisis multiunsur secara bersamaan. Di sisi lain, sebuah monokromator biasanya hanya menggunakan satu celah keluar dan detektor. Monokromator digunakan dalam analisis multiunsur dengan pemindaian secara cepat, atau slewing, dari satu garis emisi ke garis emisi yang lain. Hal ini dapat dilakukan dengan mengubah sudut difraksi kisi dengan cara memutarnya atau dengan memindahkan detektor di bidang keluar dari monokromator dan membiarkan kisi berada pada posisi tetap (Boss and Kenneth, 1997).

#### h. Detektor

Setelah garis emisi yang tepat diisolasi oleh spektrometer, detektor dan elektronik yang terkait digunakan untuk mengukur intensitas garis emisi. Sinyal listrik masuk ke dalam detektor dan dibaca sebagai intensitas. Sejauh ini detektor yang paling banyak digunakan untuk ICP OES adalah tabung photomultiplier atau PMT. PMT adalah tabung vakum yang berisi bahan fotosensitif yang disebut photocathode, yang melepaskan elektron ketika terkena cahaya. Elektron yang dilepaskan dipercepat menuju dynode yang melepaskan 2-5 elektron sekunder untuk setiap satu elektron yang mengenai permukaannya.

Elektron sekunder tersebut mengenai dynode yang lain, sehingga melepaskan lebih banyak lagi elektron yang mengenai dynode lainnya, menyebabkan efek penggandaan di sepanjang perjalanannya. PMT biasanya memiliki 9 sampai 16 tahap dynode. Tahap terakhir adalah pengumpulan elektron sekunder dari dynode terakhir dengan menggunakan anoda. Sebanyak 10 elektron sekunder dapat dikumpulkan sebagai hasil dari foton tunggal yang mengenai photocathode PMT yang memiliki sembilan dynode. Arus listrik yang dihasilkan diukur pada anoda kemudian digunakan sebagai ukuran relatif dari intensitas radiasi yang mencapai PMT (Boss and Kenneth, 1997).

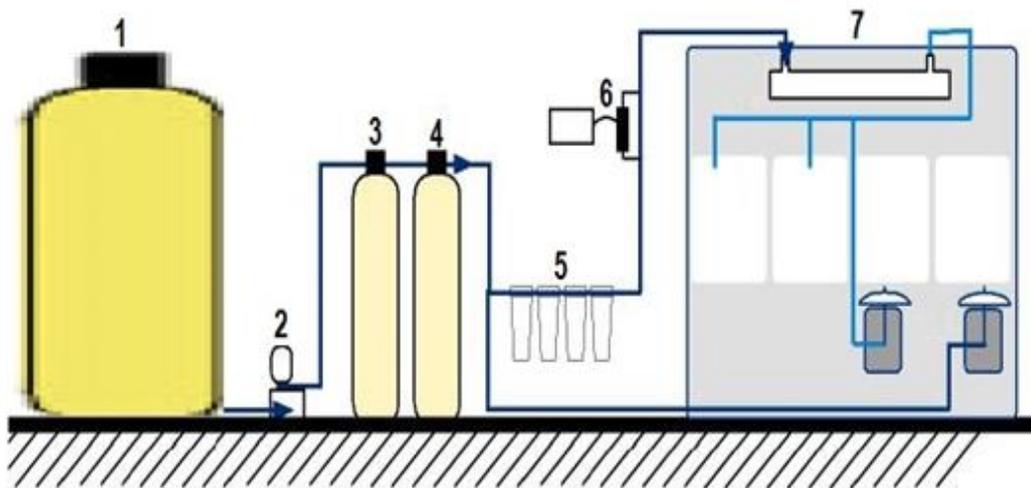
#### i. Komputer dan Prosesor

Kemudian nilai intensitas ditampilkan melalui sebuah komputer, dan

otomatis terintegrasi dengan persamaan kurva kalibrasi yang tersimpan, sehingga angka yang muncul adalah sebuah konsentrasi suatu analit. Setiap instrumen ICP OES komersial yang tersedia saat ini menggunakan beberapa jenis komputer untuk mengendalikan spektrometer dan untuk mengumpulkan, memanipulasi, dan melaporkan data analitis (Boss and Kenneth, 1997).

### 1.7. Sistem Mesin Pengolahan Air Minum Isi Ulang

Ada berbagai macam proses pengolahan air baku menjadi air minum isi ulang yang diaplikasikan oleh pemilik depot. Dari kelima depot yang diambil sampelnya kesemuanya menggunakan model mesin sederhana, walaupun merk mesin isi ulang berbeda-beda namun bagian-bagian dan tata letaknya yang sama. Berikut gambaran teknologi sederhana dari depot air minum tersebut:



Gambar 2.3. Sistem mesin air minum isi ulang

#### 1. Tanki Penyimpanan

Fungsi dari tanki penyimpanan adalah sebagai tempat menyimpan sementara air baku sebelum diolah menjadi air minum layak konsumsi. Berdasarkan obserbvasi yang dilakukan terhadap depot air minum isi ulang, kelima depot memakai tanki berbahan plastik, bagian dalam bersih dari lumut dan benda asing, serta memiliki sertifikat food grade. Jadi pada bagian ini tidak akan mempengaruhi kadar logam berat Pb dan Cu pada air baku, kecil kemungkinan terjadinya kontaminasi logam berat dari material tanki.

## 2. Pompa

Pompa yang digunakan adalah pompa semi jet. Jenis pompa yang dianjurkan digunakan pada mesin air minum isi ulang adalah yang berbahan stainless steel. Jika pompa menggunakan yang berbahan dasar besi atau baja, maka dalam jangka waktu tertentu akibat besi (Fe) mengalami kontak secara terus menerus dengan air ( $H_2O$ ), maka besi akan menjadi anoda dan air atau oksigen di sekitar besi akan menjadi katoda. Pada anoda besi, akan terjadi reaksi oksidasi (reaksi pelepasan elektron). Selanjutnya, ion  $Fe^{2+}$  akan terdispersi dalam tetesan air dan bereaksi lebih lanjut dengan  $O_2$  dan  $H_2O$  sebagai reaksi oksidasi lanjutan (pengikatan  $O_2$ ) membentuk karat besi. Berdasarkan hasil observasi terhadap masing-masing DAMIU, kelimanya menggunakan pompa air berbahan stainless steel, jadi kemungkinan kontaminasi air minum oleh karat bisa diminimalkan. (Rasmini, 2017)

## 3. Tabung *filter* pasir silika

Lima Damiu yang penulis teliti, semuanya menggunakan media *filter* pasir silika, selain harga yang relatif murah dan juga mudah didapatkan, media *filter* ini juga bekerja baik untuk proses penyaringan air minum. Pasir silika atau pasir kwarsa yang memiliki struktur kristal heksagonal ini, tersusun dari silika trigonal yang telah terkristalisasi (silikon dioksida,  $SiO_2$ ), dengan skala kekerasan Mohs 7 dan densitas 2,65 g/cm dengan bentuk umum prisma segienam. (Sugiantoro, 2017)

Pasir silika ini merupakan media *filter* pertama, dan di beberapa penelitian pasir silika digolongkan sebagai *pre-filter*, karena akan ada proses *filter* selanjutnya. Sistem kerja pasir silika atau kwarsa ( $SiO_2$ ) ini menggunakan prinsip fisika, yaitu dengan menghalangi kandungan lumpur atau tanah dan sedimen pada air minum yang melewati media ini, sehingga air yang lolos lebih bersih dan jernih. Pada proses filtrasi ini, kandungan logam berat Cu dan Pb tidak banyak berkurang, atau bahkan tidak berkurang sama sekali, karena ukuran logam berat yang sangat kecil sehingga mampu lolos dari sela-sela pasir silika. Jadi pasir silika bukan merupakan tahap *critical control point* dalam penelitian kandungan logam berat ini, namun fungsinya cukup penting untuk memperpanjang umur pakai aktif karbon.

#### 4. Tabung *filter* aktif karbon.

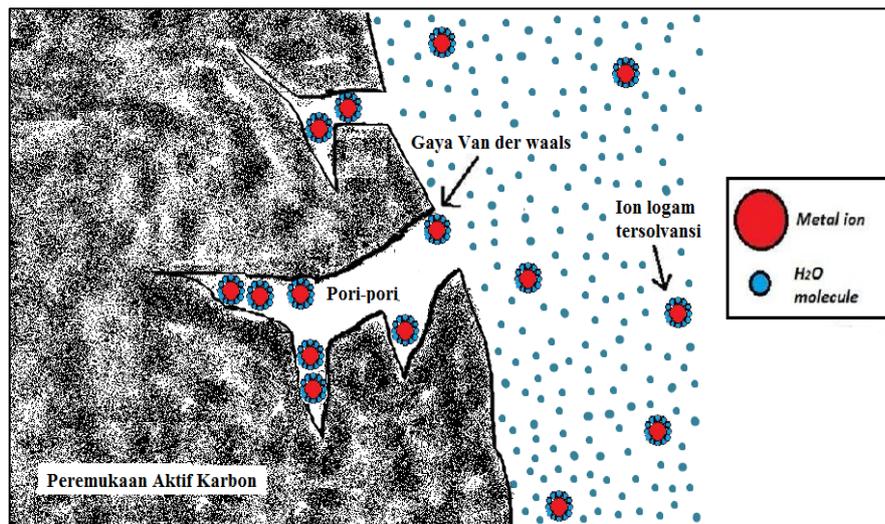
Semua mesin air minum isi ulang, tabung *filter* berisi aktif karbon ini ditempatkan setelah *filter* pasir silika. Aktif karbon biasanya terbuat dari gambut, batu bara, kayu, tempurung kelapa, atau minyak bumi. "Arang aktif" mirip dengan arang biasa. Pabrik membuat arang aktif dengan cara memanaskan arang biasa bersamaan dengan gas. Proses ini menyebabkan arang mengembangkan banyak ruang internal atau "pori-pori". Pori-pori ini membantu arang aktif "menangkap" bahan kimia. Kemampuan adsorptif yang dimiliki karbon aktif membuatnya ideal untuk menghilangkan berbagai kontaminan dari air, udara, cairan dan gas. Sifat fisika arang aktif dipengaruhi oleh banyaknya jumlah pori yang ada di dalam arang aktif yang dapat dimasuki oleh adsorbat yang ada di dalam arang aktif. Sifat kimia yang dimiliki arang aktif ini dimiliki ketika proses aktivasi berlangsung. Gugus aktif yang dimiliki arang aktif akan berinteraksi dengan molekul organik secara kimiawi.

Ion logam berdifusi menuju pori-pori karbon aktif karena adanya perbedaan konsentrasi adsorbat yang terdapat pada larutan dengan pori-pori karbon. Ion logam yang terlarut dalam air mengalami ikatan dengan molekul air. Ion logam akan terbungkus atau dikelilingi oleh molekul air ( $H_2O$ ) yang disebut dengan tersolvansi. Ion yang terlarut dengan molekul air ( $H_2O$ ) yang mengelilinginya terjadi ikatan ion dwi-kutub, sehingga keduanya akan menjadi satu kesatuan. (Sugiantoro, 2017)

Pada saat ion logam yang tersolvansi menempel pada permukaan karbon aktif, maka akan terjadi ikatan dipol-dipol induksian. Ikatan dipol-dipol induksian merupakan ikatan yang terjadi antara molekul nonpolar dengan molekul polar. Karbon aktif merupakan molekul nonpolar, sedangkan molekul air ( $H_2O$ ) merupakan molekul polar. Selain itu juga terjadi gaya London. Kedua gaya ini merupakan jenis dari gaya van der Waals. Proses ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Dari gambar 2.4 bisa dilihat, bahwa ion logam berat Cu dan Pb yang tersolvansi oleh molekul air mengalami gaya tarik dari pori-pori yang ada di aktif karbon, sehingga proses *filter* menggunakan aktif karbon ini terbukti secara klinis dapat mengurangi jumlah logam berat pada air minum. Aktif

karbon akan bekerja secara efektif jika jumlah pori atau rongga di permukaannya lebih banyak. Selain itu juga harus diperhatikan bahwa aktif karbon mempunyai titik jenuh, yaitu waktu dimana rongga-rongga yang mampu mengadsorpsi logam berat sudah terisi penuh, sehingga tidak lagi memiliki daya adsorb terhadap logam yang melewatinya. Oleh sebab itu bagian *filter* aktif karbon ini termasuk *critical control point* (CCP) yang paling utama dalam mengontrol jumlah logam berat pada air minum.



Gambar 2.4. Proses Adsorpsi Logam Berat oleh Aktif Karbon

## 5. *Catridge filter*

Bagian ini termasuk tahap *filter* lanjutan setelah *filter* pasir silika dan aktif karbon. Prinsip kerja *catridge filter* ini hampir sama dengan *filter* pasir silika, yaitu dengan menghalangi kotoran berupa tanah, lumpur, sedimen, serpihan silika, serpihan arang / aktif karbon, dan kotoran lain yang berbentuk fisik, sehingga air yang lolos sudah pasti bersih dan jernih. (Astri, 2017)

*Catridge filter* yang digunakan di kelima depot memiliki susunan yang berbeda-beda, hanya saja spesifikasi *catridge* yang digunakan memiliki mesh yang sama, berikut susunan *catridge filter* masing-masing depot:

### 1. Damiu A

Menggunakan 9 *catridge filter*, diawali dengan 3 *catridge* berukuran 0.5 micron, selanjutnya 3 *catridge* berukuran 0.3 micron, kemudian yang terakhir adalah 3 *catridge* berukuran 0.1 micron.

## 2. Damiu B

Menggunakan *catridge filter* berjumlah 8 buah, yang tersusun dari 2 buah *catridge* berukuran 0.5 micron. 3 buah berukuran 0.3 micron, dan terakhir 3 buah *catridge* berukuran 0.1 micron.

## 3. Damiu C

Menggunakan 6 buah *catridge filter*, yang tersusun dari masing-masing 2 buah *catridge* berukuran 0.5, 0.3, dan 0,1 micron berturut-turut.

## 4. Damiu D

Menggunakan 9 *catridge filter*, masing-masing 3 *catridge* berukuran 0.5, 0.3, dan 0,1 yang tersusun secara urut.

## 5. Damiu E

Menggunakan *catridge filter* berjumlah 9 buah, yang tersusun dari 3 buah *catridge* berukuran 0.5 micron. 3 buah berukuran 0.3 micron, dan terakhir 3 buah *catridge* berukuran 0.1 micron.

Fungsi *catridge filter* terhadap penurunan kadar logam berat akan berjalan efektif hanya jika ukuran logam berat lebih kecil dari ukuran 0.1 micron, sehingga logam berat akan tertahan, selain itu yang perlu diperhatikan adalah jangka waktu pemakaian *catridge*. Semakin lama digunakan maka akan terjadi penumpukan kotoran di permukaan *catridge*, kotoran tersebut akan menyumbat pori-pori *catridge*, sehingga jika ada aliran air bertekanan tinggi yang terus-menerus melewatinya, maka pori-pori akan membesar dan memungkinkan kotoran termasuk logam berat lolos dari *filter* ini. Maka dari itu perlu diperhatikan waktu pemakaian *catridge filter* ini, tergantung dari kualitas air baku yang disaring, semakin rendah kualitas air baku, maka umur pemakaian *catridge filter* akan semakin pendek.

## 6. Ozonisasi

Alat yang berfungsi untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air minum. Prinsip kerjanya adalah merubah oksigen ( $O_2$ ) menjadi trioksigen ( $O_3$ ), sehingga air minum akan lebih segar saat diminum. (Ayu, 2019)

## 7. Lampu ultraviolet

Lampu ultraviolet berfungsi untuk membunuh bakteri pada air minum. Prinsip kerja alat ini adalah dengan memancarkan energi elektromagnetik. Energi yang

dilepaskan disebut dengan foton. Energi tersebut akan diserap dan merusak DNA mikrobiologi sehingga proses replikasinya terhambat dan metabolisme sel akan terganggu. Penyerapan foton akan membuat rantai hidrogen yang menghubungkan sitosin dan tiamin dan membuat DNA menjadi rusak. Metabolisme sel mikroorganisme yang mengalami gangguan akan membuatnya mati secara perlahan-lahan. (Ayu, 2019)

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 4 sampai dengan 19 April bertempat di Laboratorium Lingkungan Perum Jasa Tirta I Malang.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat Sampling**

Alat-alat yang digunakan dalam proses sampling ini adalah botol coklat ukuran 500 mL tutup ulir, pipet tetes, dan kertas pH.

##### **3.2.2 Alat Penelitian**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, labu ukur, pipet tetes, pipet volume, beaker glass, erlenmeyer, batang pengaduk, gelas arloji, kertas saring, kompor listrik, *Instrumen Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy* (ICP OES).

##### **3.2.3 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air minum isi ulang, Aquademin (*Aquabidest*), asam nitrat pekat ( $\text{HNO}_3$  65%), asam sulfat pekat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  95-97%), standard timbal ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ), dan larutan standard tembaga ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ).

#### **3.3 Rancangan Penelitian**

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian lapangan. Sampel yang digunakan adalah air minum isi ulang yang berasal dari beberapa Depot Air Minum Isi Ulang di daerah pesisir selat Bali Kabupaten Banyuwangi. Analisis logam berat yang diteliti adalah Timbal (Pb), dan Tembaga (Cu) dengan jumlah sampel air minum isi ulang sebanyak 5 sampel (DAMIU A, DAMIU B, DAMIU C, DAMIU D, dan DAMIU E). Dalam analisis logam berat tersebut metode destruksi yang digunakan adalah metode destruksi basah dan analisis logam berat dilakukan dengan ICP-OES.

Adapun proses penelitian yang dilakukan adalah memmbuat larutan stok timbal (Pb), Tembaga (Cu). Selanjutnya dibuat kurva standar masing-masing ion logam tersebut, dimana konsentrasi masing-masing larutan standar logam adalah Pb 0 mg/L; 0,05 mg/L; 0,1 mg/L; 0,15 mg/L; 0,2 mg/L dan 0,25 mg/L, Cu 0 mg/L; 0,2 mg/L; 0,4 mg/L; 0,6 mg/L; 0,8 mg/L dan 1,0 mg/L. Langkah selanjutnya preparasi sampel air minum isi ulang dengan cara didestruksi dengan asam  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$  3 : 1. Kemudian dilakukan penentuan masing-masing kadar logam berat menggunakan *Inductively Coupled Plasma* dalam masing-masing air minum isi ulang.

### 3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi :

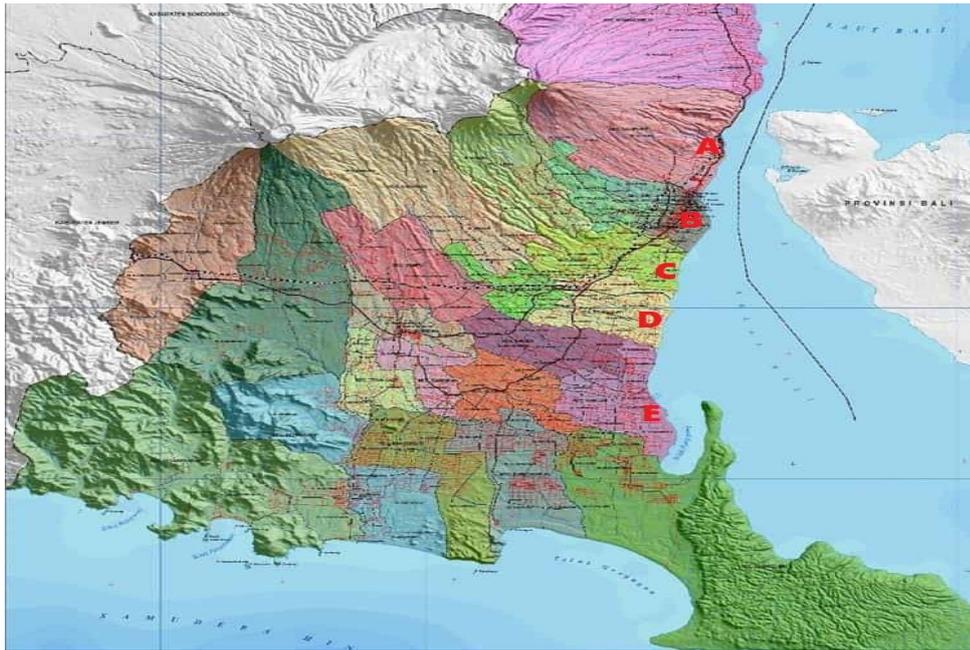
1. Pengambilan sampel
2. Pengawetan sample
3. Pembuatan kurva standar
4. Proses destruksi basah sampel
5. Penentuan kadar logam dalam sampel
6. Analisis data

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Sampling

Depot pengisian air minum isi ulang yang dipilih untuk diambil sampelnya adalah yang memiliki kriteria sebagai berikut:

1. Jarak lokasi DAMIU kurang dari 2 Km dari bibir pantai selat Bali Kabupaten Banyuwangi.
2. Sumber air yang digunakan DAMIU adalah air tanah atau sumur Bor (Bukan air *supply* dari perusahaan air minum)
3. Sample air yang diambil adalah air minum yang sudah melalui proses pengolahan dari air baku menjadi air minum siap konsumsi.
4. Berada di lima Kecamatan di Kabupaten Banyuwangi yang berhadapan langsung dengan selat Bali, atau lima kecamatan ujung timur banyuwangi, yaitu Kecamatan Kalipuro (A), Kecamatan Banyuwangi (B), Kecamatan Kabat (C), Kecamatan Rogojampi (D), dan Kecamatan Muncar (E).



Gambar 3.1 Peta Sampling DAMIU

Wadah yang digunakan untuk tempat contoh uji bisa menggunakan wadah berbahan gelas atau berbahan plastik *poly etilen* (PE) atau *poly propilen* (PP). Dalam penelitian kali ini, wadah yang digunakan adalah botol berbahan gelas berwarna cokelat dan berukuran 500 mL dengan sistem penutupan ulir. Botol gelas sampel uji beserta tutupnya dicuci terlebih dahulu menggunakan detergen, selanjutnya dibilas menggunakan air sampai benar-benar bersih, kemudian bilas dengan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 1:1 dan akhiri dengan membilasnya menggunakan air bebas analit sebanyak tiga kali dan biarkan sampai kering.

Cara sampling air minum isi ulang adalah dengan mengalirkan sampel secara langsung ke dalam gelas contoh uji kemudian diberi label sebagai identitas. Tujuan penggunaan botol sampel berwarna cokelat adalah untuk meminimalkan pengaruh cahaya atau Ultra Violet terhadap sampel, selain itu penggunaan gelas berbahan dasar kaca adalah untuk menghindari reaksi atau interaksi dengan sampel uji.

Kemudian sampel diawetkan dengan cara menambahkan  $\text{HNO}_3$  sampai dengan kondisi sampel memiliki pH kurang dari 2 yang dipastikan dengan kertas pH (*Universal pH indikator 0-14*).  $\text{HNO}_3$  yang digunakan untuk mengawetkan sampel adalah  $\text{HNO}_3$  *p.a grade* pekat (65%). Selanjutnya sampel di simpan di

dalam *refrigerator* suhu sekitar  $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai sampel siap untuk diteliti dengan tujuan menghindari sampel dari pengaruh suhu luar / suhu lingkungan sehingga menjaga kualitas sampel tetap stabil (SNI 6989.59:2008).

### 3.5.2 Pembuatan larutan Standar

#### 3.5.2.1 Pembuatan larutan Standar Timbal (Pb)

Larutan induk timbal ( $1000\text{ }\mu\text{g/mL}$  atau  $1000\text{ mg/L}$ ) dipipet  $5\text{ mL}$ , dimasukkan ke dalam labu ukur  $50\text{ mL}$  dan ditambahkan aquademin hingga garis tanda (konsentrasi  $100\text{ }\mu\text{g/mL}$ ). Larutan standar timbal ( $100\text{ }\mu\text{g/mL}$ ) dipipet  $5\text{ mL}$ , dimasukkan ke dalam labu ukur  $50\text{ mL}$  dan ditambahkan aquademin hingga garis tanda (konsentrasi  $10\text{ }\mu\text{g/mL}$ ). Larutan standar timbal  $0,05\text{ mg/L}$ ;  $0,1\text{ mg/L}$ ;  $0,15\text{ mg/L}$ ;  $0,2\text{ mg/L}$  dan  $0,25\text{ mg/L}$  dibuat dengan cara dipipet  $0,25\text{ mL}$ ;  $0,5\text{ mL}$ ;  $0,75\text{ mL}$ ;  $1,0\text{ mL}$  dan  $1,25\text{ mL}$  larutan standar  $10\text{ mg/L}$  ke dalam labu ukur  $50\text{ mL}$ , kemudian diencerkan sampai tanda batas dan dihomogenkan. Larutan standar tersebut dianalisis dengan *Inductively Coupled Plasma* pada panjang gelombang  $220,35\text{ nm}$ .

#### 3.5.2.2 Pembuatan Larutan Standar Tembaga (Cu)

Pembuatan Larutan Standar Cu  $100\text{ mg/L}$  dilakukan dengan dipipet  $5\text{ mL}$  larutan induk Cu  $1000\text{ mg/L}$  dengan pipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur  $50\text{ mL}$ , ditambahkan dengan aquademin sampai tanda batas. Pembuatan larutan standar Cu  $10\text{ mg/L}$  dilakukan dengan cara dipipet  $5\text{ mL}$  larutan induk Cu  $100\text{ mg/L}$  dan dimasukkan ke dalam labu ukur  $50\text{ mL}$ , ditambahkan dengan aquademin sampai tanda batas. Pembuatan larutan standar Cu  $0,2$ ;  $0,4$ ;  $0,6$ ;  $0,8$  dan  $1,0\text{ mg/L}$  dilakukan dengan cara dipipet masing-masing  $1\text{ mL}$ ,  $2\text{ mL}$ ,  $3\text{ mL}$ ,  $4\text{ mL}$  dan  $5\text{ mL}$  larutan standar Cu  $10\text{ mg/L}$  dan di masukkan masing-masing ke dalam labu ukur  $50\text{ mL}$ , di tambahkan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan. Larutan standar tersebut dianalisis dengan *Inductively Coupled Plasma* pada panjang gelombang  $324,75\text{ nm}$ .

#### 3.5.3 Proses Destruksi Basah Sampel

Proses penentuan kadar logam berat dalam sampel di lakukan dengan dimasukkan  $50\text{ mL}$  sampel yang sudah homogen ke dalam gelas piala  $100\text{ mL}$  lalu

ditambahkan 5 mL larutan asam nitrat pekat : asam sulfat pekat (3 : 1), dan ditutup dengan kaca arloji. Dipanaskan perlahan-lahan sampai sisa volume larutan sampel 15-20 mL. Jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka ditambahkan lagi 5 mL asam nitrat pekat : asam sulfat pekat (3 : 1), kemudian ditutup gelas piala dengan kaca arloji (tidak mendidih), dimana proses ini dilakukan secara berulang sampai semua logam larut. Dibilas kaca arloji dan dimasukkan air bilasannya ke dalam gelas piala, dipindahkan sampel ke dalam labu ukur 50 mL (bila perlu disaring dengan saringan membran berpori 0,45  $\mu\text{m}$ ) dan ditambahkan aquademin sampai tanda batas dan dihomogenkan. Proses destruksi sampel dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada masing-masing sampel.

### 3.5.4 Penentuan Kadar Logam dalam Sampel

#### 3.5.4.1 Penentuan Kadar Timbal

Larutan sampel hasil destruksi dimasukkan ke dalam tabung vial, diletakkan tabung vial berisi larutan sampel ke dalam alat *autosampler*. Diukur absorbansinya dengan menggunakan *Inductively Coupled Plasma* pada panjang gelombang 220,35 nm dengan nyala udara-asetilen. Nilai absorbansi yang diperoleh harus berada dalam rentang kurva kalibrasi larutan baku timbal. Konsentrasi timbal dalam sampel ditentukan berdasarkan persamaan garis regresi dari kurva kalibrasi. (SNI-6989-82-2018)

#### 3.5.4.2 Penentuan Kadar Tembaga

Larutan sampel hasil destruksi dimasukkan ke dalam tabung vial, diletakkan tabung vial berisi larutan sampel ke dalam alat *autosampelr*. Diukur absorbansinya dengan menggunakan *Inductively Coupled Plasma* pada panjang gelombang 324,75 nm dengan nyala udara-asetilen. Nilai absorbansi yang diperoleh harus berada dalam rentang kurva kalibrasi larutan baku tembaga. Konsentrasi tembaga dalam sampel ditentukan berdasarkan persamaan garis regresi dari kurva kalibrasi (SNI-6989-82-2018)

### 3.5.5 Instrumen Wawancara Dan Kuisisioner

Saat melakukan sampling air minum, peneliti juga melakukan observasi terhadap lingkungan sekitar sumber air dan kondisi mesin air isi ulang menggunakan metode wawancara dan kuisisioner kepada pelaku usaha DAMIU.

Dari hasil wawancara tersebut akan didiskripsikan terhadap hasil logam berat tembaga dan timbal.

### 3.5.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil uji menggunakan *Inductively Coupled Plasma* selanjutnya dianalisis menggunakan analisis kuantitatif berupa hasil kalkulasi kadar logam berat menggunakan kurva kalibrasi pada masing-masing logam berat dalam masing-masing sampel dalam satuan mg/L. Hasil perolehan data kadar logam berat (Cu dan Pb) kualitas air minum isi ulang disesuaikan dengan standar dan syarat ambang batas yang telah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan RI No. 429 Tahun 2010.

Tabel 3.1 Analisis kandungan logam berat Cu dan Pb pada masing-masing sampel dengan pengulangan destruksi

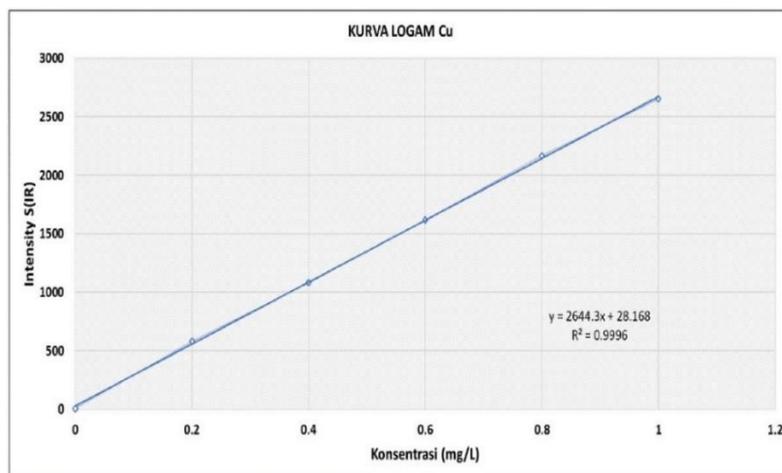
Sampel	Kadar Logam Berat (mg/L)					
	Tembaga (Cu)			Timbal (Pb)		
	1	2	3	1	2	3
DAMIU A						
DAMIU B						
DAMIU C						
DAMIU D						
DAMIU E						

## BAB IV HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

Air minum adalah kebutuhan paling penting untuk untuk kelangsungan hidup manusia, oleh karena itu kebersihan dari air minum harus diperhatikan, termasuk kandungan logam berat. Logam berat ada yang bersifat *esensial* dan *non esensial*. Logam berat *esensial* adalah jenis logam berat yang dalam kadar tertentu di butuhkan oleh tubuh untuk membantu metabolisme, namun jika kadar melebihi batas akan terakumulasi menjadi racun, dalam penelitian ini adalah logam berat tembaga (Cu). Sedangkan jenis logam berat non-esensial adalah logam yang sama sekali tidak dibutuhkan oleh tubuh, dan bersifat berbahaya jika dikonsumsi, dalam penelitian kali ini adalah logam berat timbal (Pb). Oleh karena itu, penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui kadar Cu dan Pb dalam air minum isi ulang. Berikut hasil analisa dan pembahasan dari masing-masing Damiu:

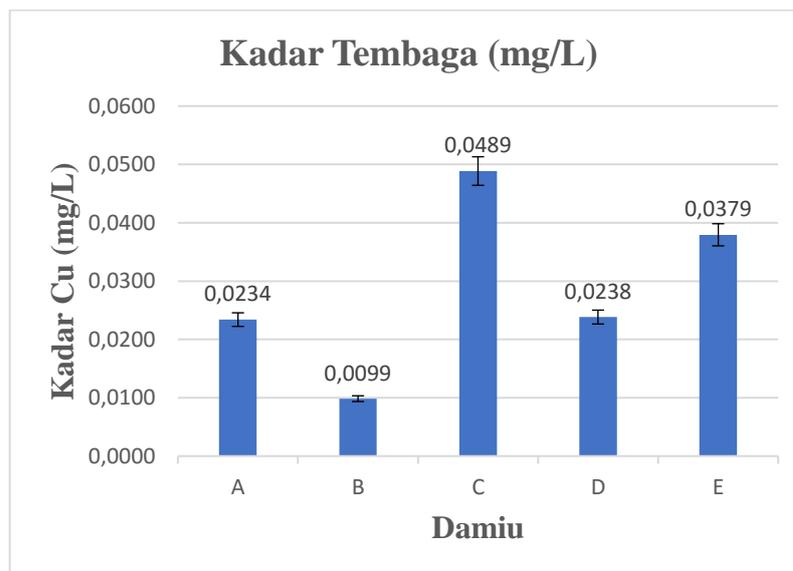
### 4.1. Kadar Tembaga Dalam Air Minum Isi Ulang

Konsentrasi yang digunakan untuk kalibrasi dalam analisa logam berat tembaga berturut – turut adalah 0.00 mg/L, 0.20 mg/L, 0.40 mg/L, 0.60 mg/L, 0.80 mg/L, dan 1.00 mg/L. Variasi tersebut tidak terlalu jauh antara titik satu dengan yang lainnya, selain itu juga konsentrasi *range* 0.00 s/d 1.00 mg/L mampu mengakomodir nilai logam berat tembaga air minum pada umumnya sehingga kurva kalibrasi ini dapat berperan sebagaimana fungsinya. Berikut adalah hasil dari pembacaan standar:



Gambar 4.1 Kurva Standar Tembaga

Berdasarkan kurva diatas dapat dilihat bahwa semua standar yang diuji memenuhi syarat keberterimaan Metode US.EPA 2007 yaitu nilai  $R^2$  lebih besar dari 0,995 Nilai tersebut mempunyai arti bahwa instrumen ICP OES dalam kondisi baik. Dari persamaan pada tabel kurva dapat diketahui bahwa  $y$  adalah absorbansi dan  $b$  adalah *slope*,  $x$  adalah konsentrasi dan  $a$  adalah *intersep*. Dilihat dari persamaan tersebut, semakin besar nilai intensitas yang dihasilkan, maka semakin besar nilai konsentrasi yang diperoleh. intensitas berbanding lurus dengan konsentrasi, maka apabila konsentrasinya tinggi maka nilai intensitas juga akan tinggi, sedangkan apabila konsentrasinya rendah maka intensitas juga akan rendah. Koefisien korelasi ( $r$ ) pada penelitian memenuhi keberterimaan. Setelah dilakukan analisa logam berat menggunakan instrumen ICP, diperoleh kadar tembaga sebagai berikut:

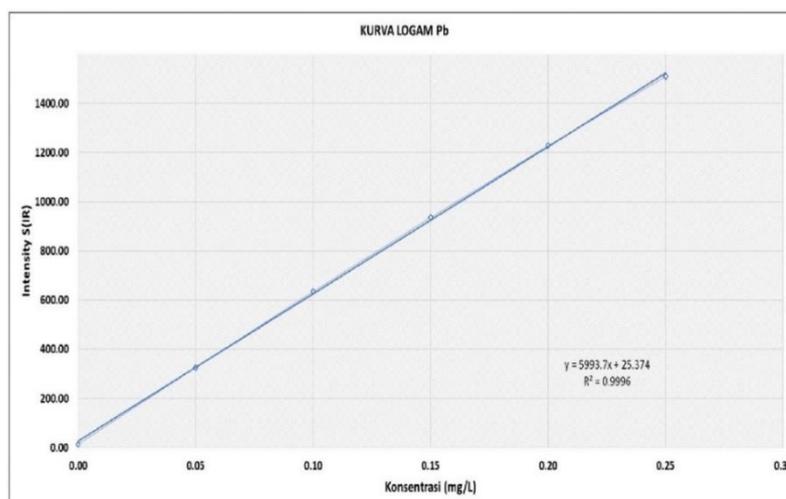


Gambar 4.2. Hasil Analisa Kadar Tembaga

Kadar tembaga dari lima depot air minum isi ulang berturut-turut dari A sampai dengan E adalah, 0.0234 mg/L, 0.0099 mg/L, 0,0489 mg/L, 0.0238 mg/L, dan 0.0379 mg/L. Kadar tembaga paling tinggi adalah air minum yang berasal dari damiu C yang berada di Kecamatan Kabat, dan air minum yang memiliki kadar tembaga paling rendah adalah damiu B yang berasal dari Kecamatan Banyuwangi.

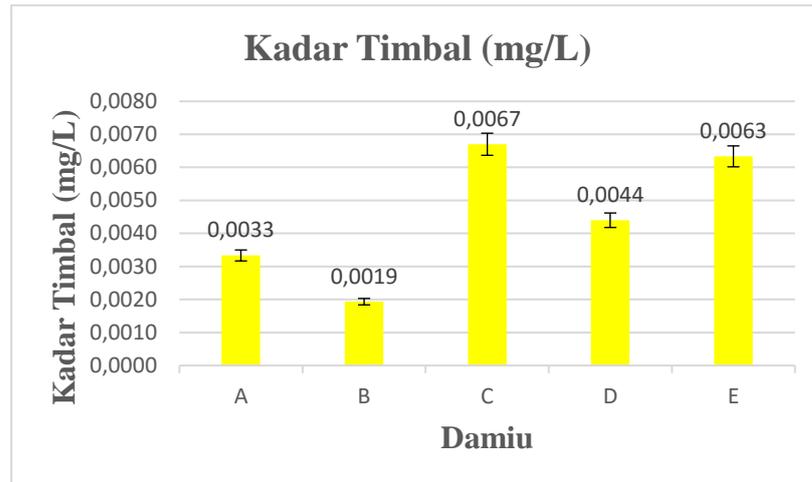
## 4.2. Kadar Timbal Dalam Air Minum Isi Ulang

Konsentrasi yang digunakan untuk kalibrasi dalam analisa logam berat tembaga berturut – turut adalah 0.00 mg/L, 0.05 mg/L, 0.10 mg/L, 0.15 mg/L, 0.20 mg/L, dan 0.25 mg/L. Variasi tersebut tidak terlalu jauh antara titik satu dengan yang lainnya, selain itu juga konsentrasi *range* 0.00 s/d 0.25 mg/L mampu mengakomodir nilai logam berat timbal air minum pada umumnya sehingga kurva kalibrasi ini dapat berperan sebagaimana fungsinya. Berikut adalah hasil dari pembacaan standar:



Gambar 4.3 Kurva Standar Timbal

Berdasarkan kurva diatas dapat dilihat bahwa semua standar yang diuji memenuhi syarat keberterimaan Metode US.EPA 2007 yaitu nilai R2 lebih besar dari 0,995 Nilai tersebut mempunyai arti bahwa instrumen ICP OES dalam kondisi baik. Dari persamaan pada tabel kurva dapat diketahui bahwa  $y$  adalah absorbansi dan  $b$  adalah *slope*,  $x$  adalah konsentrasi dan  $a$  adalah *intersep*. Dilihat dari persamaan tersebut, semakin besar nilai intensitas yang dihasilkan, maka semakin besar nilai konsentrasi yang diperoleh. intensitas berbanding lurus dengan konsentrasi, maka apabila konsentrasinya tinggi maka nilai intensitas juga akan tinggi, sedangkan apabila konsentrasinya rendah maka intensitas juga akan rendah. Koefisien korelasi ( $r$ ) pada penelitian memenuhi keberterimaan. Setelah dilakukan analisa logam berat menggunakan instrumen ICP, diperoleh hasil timbal sebagai berikut:



Grafik 4.4. Hasil Analisa Kadar Timbal

Kadar timbal dari lima depot air minum isi ulang berturut-turut dari A sampai dengan E adalah, 0,0033 mg/L, 0,0019 mg/L, 0,0067 mg/L, 0,0044 mg/L, dan 0,0063 mg/L. Kadar timbal paling tinggi adalah air minum yang berasal dari damiu C yang berada di Kecamatan Kabat, selain itu juga damiu E juga memiliki kadar timbal yang cukup tinggi, hanya selisih 0,0004 mg/L dari damiu C, jadi peneliti asumsikan bahwa damiu C dan E memiliki kadar timbal yang paling tinggi di antara damiu yang lain.

#### 4.3. Pengaruh Lingkungan dan Peralatan Terhadap Kadar Logam Berat

Berikut peneliti sajikan data berupa ringkasan tabel yang diperoleh dari instrumen wawancara terhadap lima DAMIU:

Tabel 4.1. Konsentrasi logam berat Cu dan Pb banding kondisi lingkungan dan status maintenance mesin isi ulang

Sampel DAMIU	Kadar Cu (mg/L)	Kadar Pb (mg/L)	Jumlah Catridge (Pcs)	Lama pemakaian <i>catridge</i> (Pcs)	Lama pemakaian Aktif Karbon (Bulan)	Jarak Industri - sumber air (Km)	Jarak aliran sungai - sumber air (Km)
A	0,0234	0,0033	9	3	7	> 3	1 - 2
B	0,0100	0,0019	8	3	9	2 - 3	1 - 2
C	0,0489	0,0067	6	10	10	2 - 3	< 1
D	0,0238	0,0044	9	2	2	2 - 3	1 - 2
E	0,0396	0,0063	9	7	7	2 - 3	< 1

Dari tabel 4.1 dapat dilihat sekilas bahwa DAMIU yang menggunakan jumlah cartridge filter paling sedikit (6 pcs) memiliki kandungan logam berat Pb dan Cu paling tinggi, kemudian DAMIU C dan DAMIU E yang dalam penggunaan *cartridge filter* paling lama yaitu lebih dari 6 bulan memiliki kandungan Pb dan Cu paling tinggi. Dari tabel di atas juga menunjukkan bahwa pemakaian aktif karbon DAMIU C adalah yang paling lama yaitu 10 bulan, juga diikuti dengan hasil kandungan logam berat Pb dan Cu yang paling tinggi juga.

Tidak bisa disimpulkan bahwa jarak industri terhadap sumber air DAMIU mempengaruhi kandungan logam berat, hal didasarkan data bahwa jarak DAMIU B yang memiliki kadar logam berat paling rendah dan DAMIU C yang memiliki kadar logam berat paling tinggi, kedua depot tersebut memiliki jarak terhadap sungai yang sama, yaitu 2.5 Km. Dari tabel di atas juga dapat ditarik kesimpulan bahwa jarak aliran sungai terhadap sumber air minum DAMIU mempengaruhi kandungan logam berat pada air minum. DAMIU C dan DAMIU E yang jaraknya kurang dari 1 Km memiliki kadar logam berat Cu dan Pb paling tinggi.

Berikut hasil pembahasan berdasarkan observasi dan analisa terhadap masing-masing air minum dari lima DAMIU:

a) DAMIU A

Hasil analisa logam berat Cu depot yang berasal dari Kecamatan Kalipuro rata-rata dari tiga kali destruksi adalah 0.0234 mg/L, sedangkan hasil logam berat Pb adalah 0.0033 mg/L. Angka tersebut relatif rendah jika menggunakan acuan standar Permenkes, dan menempati peringkat ke dua dari lima depot jika diurutkan dari yang paling rendah.

Masa pemakaian karbon aktif dan pasir silika baru berjalan 7 bulan, dan masa pengantiannya adalah 12 bulan. Sedangkan untuk *cartridge filter* baru memasuki bulan ke-3 pemakaian, dan di ganti 6 bulan sekali dengan jumlah 9 pcs (0.5  $\mu$  3 pcs, 0.3  $\mu$  3 pcs, dan 0.1  $\mu$  3 pcs). Jadi, jika dilihat dari jumlah dan umur pakai *filter*, dapat diasumsikan bahwa *filter* tersebut masih layak dan berjalan sebagaimana fungsinya, sehingga air minum yang

sudah menjadi *finish product* memiliki kadar Cu dan Pb yang rendah dan aman untuk dikonsumsi.

Kondisi lingkungan sekitar Damiu A adalah pedesaan yang padat dengan penduduk, jarak depot dengan industri lebih dari 3 Km, jarak terhadap aliran sungai adalah 1-2 Km, dan jarak terhadap bibir pantai adalah 1-2 Km. Berdasarkan kondisi lingkungan yang demikian, kemungkinan kontaminasi dari limbah industri dan limbah air sungai sangat kecil, sekalipun sumber air tercemar, tidak mempengaruhi kadar yang signifikan, tercermin dari hasil Cu dan Pb DAMIU A yang rendah.

#### b) DAMIU B

Hasil analisa logam berat Cu depot yang berasal dari Kecamatan Banyuwangi rata-rata dari tiga kali destruksi adalah 0.0099 mg/L, sedangkan hasil logam berat Pb adalah 0.0019 mg/L. Angka tersebut sangat rendah dibawah standar maksimal yang ditetapkan oleh Kemenkes. Kadar tersebut merupakan yang paling rendah dibanding empat depot yang lain.

Masa pemakaian karbon aktif dan pasir silika sudah berjalan 9 bulan, dan masa pengantiannya adalah 12 bulan. Sedangkan untuk *catridge filter* baru memasuki bulan ke-3 pemakaian, dan di ganti 6 bulan sekali dengan jumlah 8 pcs (0.5  $\mu$  2 pcs, 0.3  $\mu$  3 pcs, dan 0.1  $\mu$  3 pcs). Jadi, jika dilihat dari jumlah dan umur pakai *filter*, dapat diasumsikan bahwa *filter* tersebut masih layak dan berjalan sebagaimana fungsinya, sehingga air minum yang sudah menjadi *finish product* memiliki kadar Cu dan Pb yang rendah dan aman untuk dikonsumsi.

Kondisi lingkungan sekitar DAMIU B adalah pedesaan yang padat dengan penduduk, jarak depot dengan industri adalah 2-3 Km, jarak terhadap aliran sungai adalah 1-2 Km, dan jarak terhadap bibir pantai adalah 1-2 Km. Mengingat jarak sumber cemaran logam berat yang relatif jauh, maka kecil kemungkinannya terjadi kontaminasi. Berdasarkan analisa kadar Cu dan Pb air minum yang menunjukkan hasil yang sangat kecil, itu artinya sumber air yang digunakan juga dalam kondisi yang baik, disertai kinerja aktif karbon yang masih bagus.

c) DAMIU C

DAMIU C adalah sampel yang diperoleh dari Kecamatan Kabat. Hasil analisa logam berat Cu 0.0489 mg/L, sedangkan hasil logam berat Pb adalah 0.0067 mg/L. Meskipun kadar tersebut masih dibawah standar maksimal yang ditetapkan oleh Kemenkes. Kadar tersebut merupakan yang paling tinggi dibanding empat depot yang lain.

Masa pemakaian karbon aktif dan pasir silika sudah berjalan 10 bulan, dan masa pengantiannya adalah 12 bulan. Sedangkan untuk *catridge filter* baru memasuki bulan ke-10 pemakaian, dan di ganti 12 bulan sekali dengan jumlah 6 pcs (0.5  $\mu$  2 pcs, 0.3  $\mu$  2 pcs, dan 0.1  $\mu$  2 pcs). Jadi, jika dibandingkan dengan depot yang lain, DAMIU C ini adalah depot yang pemakaian *filter*nya sudah berumur paling lama, maka besar kemungkinannya bahwa logam Cu dan Pb yang cenderung tinggi dibanding depot yang lain dikarenakan hal tersebut.

Selain kondisi peralatan diatas, berdasarkan observasi lingkungan sekitar, jarak depot dengan industri adalah 2-3 Km, jarak terhadap aliran sungai adalah kurang dari 1 Km, serta jarak terhadap garis pantai adalah 1-2 Km. Jarak tersebut kurang lebih sama saja dengan kondisi lingkungan empat DAMIU yang lain, jadi faktor tingginya kadar logam berat tidak dipengaruhi oleh hal tersebut. Namun Kecamatan Kabat ini merupakan daerah yang paling banyak industri dan pabrik dibanding empat daerah yang lain, yang perlu dikhawatirkan terdapat dua pabrik besar produsen asbes dan beton yang berhimpitan langsung dengan sungai Tambong, yang mana aliran sungai tersebut mengalir mendekati sumber air DAMIU C sampai jarak kurang dari 1 Km. Pabrik beton dan asbes merupakan industri yang menggunakan semen sebagai bahan dasarnya. Semen mengandung berbagai logam berat di antaranya adalah Cu dan Pb (Gatot, 2003). Jadi besar kemungkinannya pabrik tersebut membuang limbahnya kedalam aliran sungai dan terbawa sampai mencemari sumber air yang dimaksud, sehingga kadar logam berat pada DAMIU C cenderung tinggi. air yang digunakan untuk pengolahan air minum isi ulang adalah air yang bersumber dari bawah tanah, maka pemilik depot juga harus *aware* terhadap hal tersebut.

d) DAMIU D

Hasil analisa logam berat Cu depot yang berasal dari Kecamatan Rogojampi rata-rata dari tiga kali destruksi adalah 0.0238 mg/L, sedangkan hasil logam berat Pb adalah 0.0044 mg/L. Angka tersebut sangat rendah dibawah standar maksimal yang ditetapkan oleh Kemenkes. Kadar tersebut berada diurutan ke-3 dari lima DAMIU jika diurutkan dari yang paling rendah.

Masa pemakaian karbon aktif dan pasir silika sudah berjalan 2 bulan, dan masa pengantiannya adalah 12 bulan. Sedangkan untuk *catridge filter* baru memasuki bulan ke-2 pemakaian, dan di ganti 6 bulan sekali dengan jumlah 9 pcs (0.5  $\mu$  3 pcs, 0.3  $\mu$  3 pcs, dan 0.1  $\mu$  3 pcs). Jadi, jika dilihat dari jumlah dan umur pakai *filter*, dapat diasumsikan bahwa *filter* tersebut masih layak dan berjalan sebagaimana fungsinya, sehingga air minum yang sudah menjadi *finish product* memiliki kadar Cu dan Pb yang rendah dan aman untuk dikonsumsi.

Kondisi lingkungan sekitar DAMIU D adalah pedesaan yang padat dengan penduduk, jarak depot dengan industri adalah 2-3 Km, jarak terhadap aliran sungai adalah 1-2 Km, dan jarak terhadap bibir pantai adalah 1-2 Km. Mengingat jarak sumber cemaran logam berat yang relatif jauh, maka kecil kemungkinannya terjadi kontaminasi. Berdasarkan analisa kadar Cu dan Pb air minum yang menunjukkan hasil yang relatif kecil, itu artinya sumber air yang digunakan juga dalam kondisi yang baik, disertai kinerja aktif karbon yang masih bagus.

e) DAMIU E

Hasil analisa logam berat Cu depot yang berasal dari Kecamatan Rogojampi rata-rata dari tiga kali destruksi adalah 0.0379 mg/L, sedangkan hasil logam berat Pb adalah 0.0063 mg/L. Meskipun kadar tersebut masih dibawah standar maksimal yang ditetapkan oleh Kemenkes, kadar tersebut termasuk tinggi jika di banding keempat DAMIU yang lain, atau jika diurutkan dari yang paling tinggi, menempati urutan ke-2 setelah DAMIU C. Jadi jika dilihat hasil logam berat secara keseluruhan dari masing-masing DAMIU. Depot C dan E adalah yang memiliki logam berat paling tinggi.

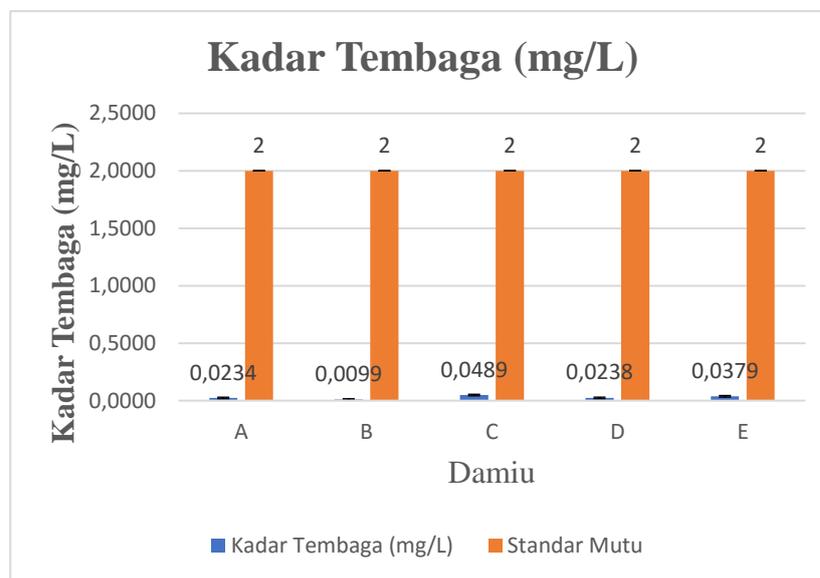
Masa pemakaian karbon aktif dan pasir silika sudah berjalan 7 bulan, dan masa pengantiannya adalah 12 bulan. Sedangkan untuk *catridge filter* baru memasuki bulan ke-7 pemakaian, dan diganti 12 bulan sekali dengan jumlah 9 pcs ( $0.5 \mu$  3 pcs,  $0.3 \mu$  3 pcs, dan  $0.1 \mu$  3 pcs). Jadi, jika dibandingkan dengan depot yang lain, DAMIU E memiliki kesamaan dengan DAMIU C, yaitu baik *catridge*, silika, maupun aktif karbon sudah berumur lebih dari enam bulan, maka besar kemungkinannya bahwa logam Cu dan Pb yang cenderung tinggi dibanding depot yang lain dikarenakan hal tersebut.

Kondisi lingkungan sekitar DAMIU E adalah pedesaan yang padat dengan penduduk, jarak depot dengan industri adalah 2-3 Km, jarak terhadap aliran sungai kecil adalah kurang dari 100 m, dan berjarak kurang lebih 50 m dari sungai Bomo, serta jarak terhadap bibir pantai adalah 1-2 Km. Dilihat dari kondisi lingkungan tersebut, sebenarnya hampir sama dengan kondisi lingkungan DAMIU A, B, dan D yang memiliki kadar logam relatif rendah, hanya saja yang membedakan adalah jarak sumber air dengan sungai. Setelah dilakukan observasi terhadap kondisi lingkungan sekitar DAMIU E, ditemukan industri tekstil yang berjarak sekitar 5.5 Km, namun aliran sungai Bomo tersebut mengalir mendekati sumber air minum DAMIU E sampai jarak kurang lebih 500 m.

Limbah tekstil merupakan limbah yang dihasilkan dalam proses penghilangan kanji, penggelantangan, pemasakan, merserisasi, pewarnaan, pencetakan dan proses penyempurnaan. Pewarnaan dan pembilasan menghasilkan air limbah yang berwarna dengan kadar relatif tinggi dan bahan-bahan lain dari zat warna yang dipakai, seperti fenol dan berbagai macam logam. Jenis limbah yang dihasilkan dari pabrik industri tekstil adalah logam berat terutama As, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn (Anonim, 1994). Jadi kemungkinan besar yang menyebabkan kadar Cu dan Pb pada DAMIU E cukup besar adalah cemaran dari limbah tekstil tersebut, mengingat jarak sumber air dengan sungai aliran cemaran yang hanya berjarak kurang lebih 500 m, sangat mungkin terjadinya serapan air yang mengakibatkan kontaminasi.

#### 4.4. Standar Mutu Kadar Logam Berat Tembaga dan Timbal

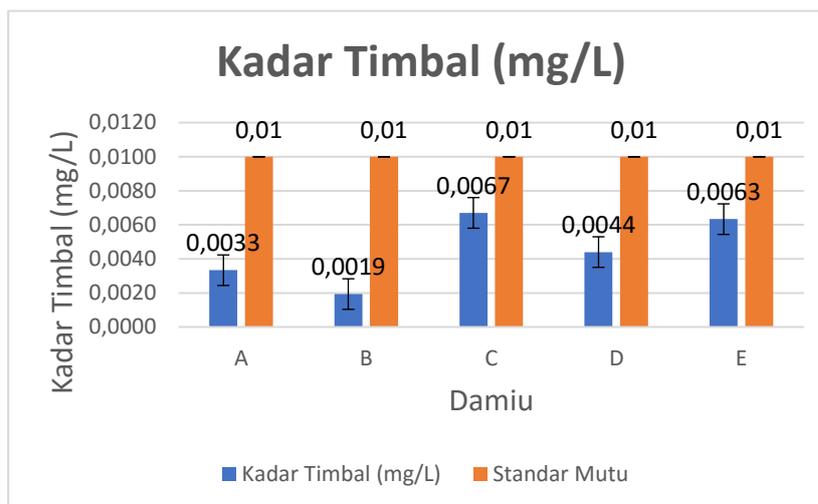
Permasalahan sanitasi dan higienitas air minum isi ulang di Negara Indonesia sebenarnya sudah diatur secara jelas regulasinya, yaitu melalui Peraturan Meteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Namun para pelaku usaha dalam bidang air minum isi ulang tidak semua mempedulikannya, bahkan ada beberapa yang bahkan tidak paham mengenai hal tersebut. Berikut peneliti sajikan data logam berat tembaga dan timbal berdasarkan baku mutu:



Gambar 4.5. Hasil Kadar Tembaga Dibandingkan Baku Mutu Kemenkes

Berdasarkan grafik di atas, kadar tembaga pada sampel air minum dari 5 depot masih di bawah kadar maksimal yang ditentukan oleh Kementerian Kesehatan. Kadar tembaga dalam air minum maksimal adalah 2 mg/L, sedangkan hasil kadar logam tembaga damiu A sampai dengan E berturut-turut adalah 0.0234 mg/L, 0.0099 mg/L, 0.0489 mg/L, 0.0238 mg/L, dan 0.0396 mg/L.

Jadi, sekalipun kelima sampel mengandung logam berat tembaga, angka tersebut masih di bawah kadar maksimal yang diperbolehkan, sehingga air minum tersebut masih layak untuk di perjual belikan dan dikonsumsi. Sedangkan untuk hasil analisa timbal adalah sebagai berikut:



Gambar 4.6. Hasil Kadar Timbal Dibandingkan Baku Mutu Kemenkes

Berdasarkan grafik di atas, kadar timbal pada sampel air minum dari 5 depot masih di bawah kadar maksimal yang ditentukan oleh Kementerian Kesehatan. Kadar timbal dalam air minum maksimal adalah 0.01 mg/L, sedangkan hasil kadar logam timbal damiu A sampai dengan E berturut-turut adalah 0.0033 mg/L, 0.0019 mg/L, 0.0067 mg/L, 0.0044 mg/L, dan 0.0063 mg/

Jadi, sekalipun kelima sampel mengandung logam berat timbal, angka tersebut masih di bawah kadar maksimal yang diperbolehkan, sehingga air minum tersebut masih layak untuk di perjual belikan dan dikonsumsi.

#### 4.5 Air Minum dan Logam Berat Dalam Perspektif Islam

Sumber daya alam yang dibutuhkan masyarakat yang sangat penting sebagai salah satu kebutuhan primer, yaitu berupa air. Tanpa air, proses kehidupan tidak dapat berlangsung. Oleh karena itu, penyediaan air merupakan salah satu kebutuhan utama bagi manusia untuk kelangsungan hidup dan menjadi faktor penentu dalam kesehatan dan kesejahteraan manusia.

Sumber daya dapat dimanfaatkan dalam berbagai keperluan antara lain; untuk keperluan rumah tangga (domestik), industri, pertanian, perikanan, dan sarana angkutan air. Sesuai dengan kebutuhan akan air dan kemajuan teknologi, air permukaan dapat dimanfaatkan lebih luas antara lain untuk sumber baku air minum dan industri. Air merupakan salah satu rahmat dari Allah SWT. Karena dengannya

kita dapat melangsungkan kehidupan kita secara kaffah, sebagaimana firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Al- Furqon: 49

لِنُحْيِيَ بِهِ بَلْدَةً مَّيْتًا وَنُسْقِيَهُ مِمَّا خَلَقْنَا أَنْعَمًا وَنَاسِيًّا كَثِيرًا

Artinya: “Agar (dengan air itu) Kami menghidupkan negeri yang mati (tandus), dan Kami memberi minum kepada sebagian apa yang telah Kami ciptakan, (berupa) hewan-hewan ternak dan manusia yang banyak”.

Berdasarkan tafsir Ibnu Katsir diterangkan bahwa air dari hujan tersebut dapat diminum darinya semua makhluk hidup, baik manusia maupun hewan yang sangat membutuhkannya, buat minum mereka, juga mengairi tanaman dan pohon berbuah mereka. Maka dari itu dapat dikatakan bahwa air minum merupakan Rahmat dari Allah SWT yang diturunkan dari langit untuk menunjang kehidupan makhluk hidup khususnya manusia.

Air adalah nutrien yang terpenting didalam kehidupan manusia agar manusia dapat melangsungkan dan bertahan hidup. Air dalam tubuh manusia berfungsi sebagai pelarut zat gizi melalui serangkaian proses pencernaan. Selain itu air juga sebagai alat pengangkut zat gizi yang sudah melalui proses pencernaan ke dalam saluran darah serta saluran limfatik untuk didistribusikan ke seluruh sel – sel jaringan tubuh. Betapa pentingnya air untuk kehidupan manusia tecermin dari ayat yang menganjurkan agar manusia memperhatikan air minumnya sebagaimana tersurat dalam QS Al – Waqiah ayat 68:

أَفَرَأَيْتُمُ الْمَاءَ الَّذِي تَشْرَبُونَ

Artinya: “Pernahkah kamu memperhatikan air yang kamu minum?”

Merupakan sebuah ayat yang mengingatkan kita untuk selalu memperhatikan air yang kita minum, mulai dari segi kebersihan, dampak kesehatan, dan juga dari mana air itu berasal. Sehingga kita patut untuk bersyukur kepada Allah SWT atas karunia berupa air minum bersih yang selama ini kita konsumsi.

Bentuk bersyukur kepada Allah dapat diwujudkan dengan berbagai bentuk, yaitu bersyukur dengan hati, dengan lisan, dan juga dengan perbuatan. Dalam

hubungan air minum dengan logam berat yang terdapat di dalam air minum, kita sebagai makhluk Allah wajib menjaga sumber air minum dari kontaminasi yang membahayakan tubuh, sebagai contoh jika kita meminum air yang bersumber dari air tanah, maka kita wajib menjaga kebersihan disekitar tempat sumber air, karena jika ada air tanah sudah tercemar dengan limbah dan kotoran maka air tersebut akan membahayakan kesehatan.

Namun pada masa sekarang dengan adanya pertumbuhan jumlah penduduk dan kegiatan perekonomian, kebutuhan air bersih semakin meningkat, sedangkan di sisi lain jumlah dan kualitasnya semakin menurun. Pencemaran lingkungan banyak berdampak pada keberadaan akan air bersih dan tanah yang subur. Hal terbesar yang mempengaruhi menurunnya sumber air bersih dalam tanah karena faktor buatan manusia. Faktor perbuatan manusia yang banyak berpengaruh terhadap kerusakan lingkungan seperti limbah – limbah kegiatan rumah tangga, kegiatan industri, pertambangan, pertanian, kegiatan rumah sakit, pembakaran hutan dan kegiatan fasilitas umum lainnya. Dalam ayat Allah di jelaskan dalam surah Ar-Ruum ayat 41.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا  
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: *“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”*

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa logam berat pada air minum salah satu penyebabnya berasal dari pencemaran lingkungan, yaitu dari limbah industri, limbah pertanian, dan limbah rumah tangga. Limbah tersebut sebagian terbawa oleh air sungai dan sebagian lagi terserap ke dalam tanah sehingga menyebabkan kandungan logam berat air minum yang bersumber dari tanah semakin hari semakin tinggi.

Maka dari itu, kita sebagai manusia wajib bersyukur kepada Allah kerana telah memberikan air bersih melewati sebuah proses jatuhnya air dari langit (hujan), sehingga kita bisa mengambil air tersebut dari dalam tanah dalam kondisi yang

bersih juga, sehingga kita harus menjaga kebersihan air tanah yang menjadi sumber kehidupan kita dengan cara merawat lingkungan dan meminimalisir pencemaran limbah yang bisa menyebabkan air minum memiliki logam berat yang tinggi atau bahkan sampai memiliki sifat beracun.

## BAB V PENUTUP

### 1. Kesimpulan

1. Dari lima sampel air minum isi ulang yang diambil dari lima kecamatan di pesisir Kabupaten Banyuwangi memiliki kadar Tembaga (Cu) berkisar antara 0.0099 mg/L sampai dengan 0.0489 mg/L. Sedangkan untuk hasil analisa kadar logam berat Timbal (Pb) berkisar antara 0.0019 mg/L sampai dengan 0.0067 mg/L. Mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 429 Tahun 2010 tentang Persyaratan Air Minum, kadar Tembaga dan Timbal tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 2 mg/L untuk Cu dan 0.01 mg/L untuk Pb, sehingga dapat disimpulkan bahwa air minum dari lima depot tersebut layak dan aman dikonsumsi.
2. Jumlah *catridge filter* yang digunakan mempengaruhi kadar logam berat pada air minum, terlihat hasil analisa DAMIU C yang hasil Cu dan Pb nya paling tinggi di antara yang lain karena penggunaan *catridge filter* yang paling sedikit. Selain itu juga pemakaian karbon aktif dan *catridge filter* yang terlalu lama, menyebabkan kadar logam berat cenderung tinggi, akibat menurunnya fungsi dari *filter* tersebut. Jarak industri terhadap sumber air depot tidak ada korelasinya, hal tersebut didasarkan bahwa DAMIU B, C, D, dan E memiliki jarak yang sama terhadap industri, namun kadar logam berat cenderung *fluktuatif*. Yang mempengaruhi adalah jarak aliran sungai yang terindikasi membawa cemaran logam berat dari limbah industri. Hasil DAMIU C dan E yang jaraknya kurang dari 1 Km dari aliran sungai, dan sungai tersebut membawa limbah dari industri asbes, beton, dan tekstil, memiliki kadar Cu dan Pb yang relatif tinggi.

## 2. SARAN

Dalam penelitian kali ini, saran yang bisa penulis berikan kepada pengelola Depot Air Minum Isi Ulang antara lain adalah, penggantian perangkat *filter* agar lebih teratur dan penentuan jangka waktu pengantiannya didasari dengan data ilmiah. Selain itu pelaku usaha DAMIU supaya melakukan monitoring terhadap kualitas air minum secara temporary 6 bulan sekali dan terus-menerus agar air minum yang diperjual belikan lebih terjamin kelayakannya, mengingat air minum tersebut bersumber dari sumur bor yang tinggi resiko kontaminasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. 2015. *Penentuan kadar logam timbal (Pb) dalam minuman ringan berkarbonasi menggunakan desktruksi basah secara spektroskopi serapan atom*. Skripsi. Jurusan kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Bakri, S. T. 2017. *Kandungan logamm timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada organ kulit, daging dan hati ikan layang (Decapterus russeli) di perairan pantai Losari Kota Makassar*. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
- BSN (Badan Standarisasi Nasional). 2009. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan*. Jakarta.
- BSN (Badan Standarisasi Nasional). 2018. SNI-6989-82-2018. *Cara uji logam menggunakan Spektrometer Emisi Atom Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometric (ICP-OES)*. Jakarta.
- Giudice, E. D., Alberto, T., Vittorio, E. 2009. *The role of water in the living organisms*. *Neural Network World*. 4(9): 355-360.
- Hasanah, S. M. 2018. *Kandungan logam berat Cd pada sedimen dan kerang kepah (Polymesoda erosa) serta keluhan kesehatan masyarakat pesisir (Studi pantai Tratas Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi)*. Skripsi. Jurusan Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
- Irianti, T. T. 2017. *Logam berat dan kesehatan*. Yogyakarta: UGM Press
- Jaishankar, M. 2014. *Toxicity, Mechanism and Heakth Effects of Some Heavy Metals*. *Interdiscip Toxicol*. 7(2): 60-72.
- Julhidah. 2017. *Kadar logam kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada hati, ginjal dan daging ikan kembung (Rastraliger kanagurta) di pantai Losari*. Makassar.

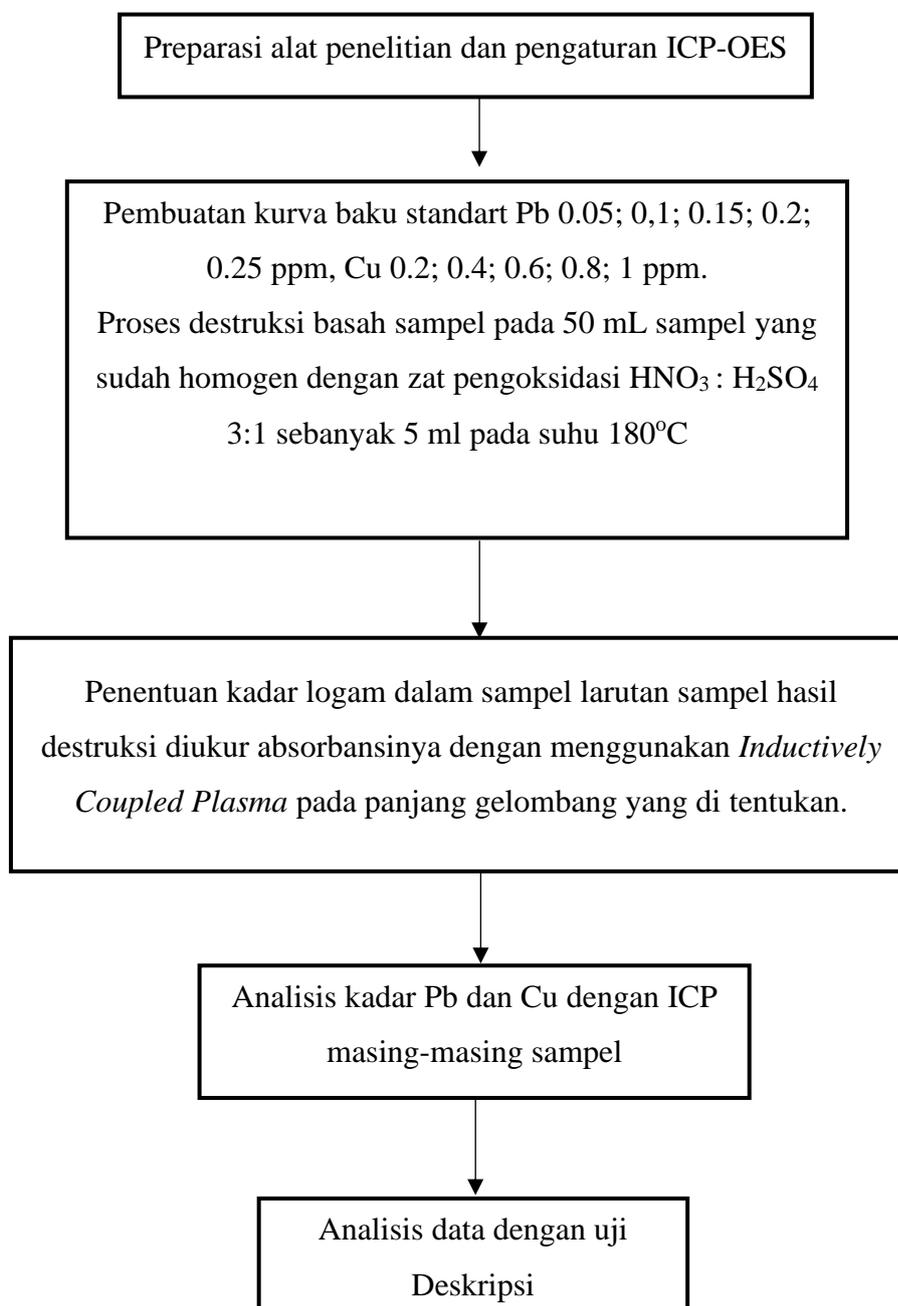
- Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
- Kemenperindag. 2004. *Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia No. 651 Tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum dan Perdagangannya*. Jakarta.
- Margareta, S. N. 2019. *Analisis kandungan logam 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 UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Menkes RI. 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan No. 495 Tentang Persyaratan Air Minum*. Jakarta.
- Mila, W. Sayu L. N. Septa, I. P. *Higiene dan sanitasi depot air minum isi ulang di Kecamatan Banyuwangi Kabupaten Banyuwangi Jawa Timur : Kajian deskriptif*. Jurnal Ikesma volume 16 Nomor 1.
- Muchtadi, D. 2007. *Seng (Zn) dalam pangan : Dampaknya terhadap kesehatan, kebutuhan dan toksisitas pada manusia*. Bogor: IPB Press
- Nurventi, Novi. 2019. *Perbandingan Metode Analisis Logam Berat Kromium Dan Timbal Menggunakan Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP OES) Dan Atomic Absorbation Spectrometry (AAS)*. Malang. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Pratiwi, Astri Wulandari. 2011. *Kualitas Bakteriologis Air Minum Isi Ulang di Wilayah Kabupaten Bogor*. Jurnal. Fakultas Kesehatan Lingkungan: Bogor
- Rahayu, B. 2013. *Analisis logam zink (Zn) dan besi (Fe) air sumur di kelurahan Pantoalan Kecamatan Palu Utara*. Jurnal Akad. Kim. 2(1): 1-4.
- Rasmini, wayan. 2017. *Perencanaan pemilihan pompa dan sistem kontrol kerja pompa untuk penyediaan air bersih pada rumah tangga*. Politeknik Negeri Bali. Jurnal Matrix. Vol.7.

- Sahwilaksa, J. 2014. *Pengaruh air laut terhadap kualitas air tanah dangkal di kawasan pantai Kota Surabaya*. Rekayasa Teknik Sipil Vol 3 No 3/rekat/14: 241-247.
- Santoso, B. I. 2011. *Air bagi kesehatan*. Jakarta: Centra Communications.
- Sarkar, B. 2002. *Heavy metals in the environment*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Setyaningrum, E. W, dkk. 2018. *Analisis kandungan logam berat Cu, Pb, Hg dan Sn terlarut di pesisir kabupaten Banyuwangi*. Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan IV. Swiss-Belinn, Surabaya.
- Suharyono, Gatot dan Yulizon Menry. 2003. *Anlisa Logam Berat Dalam Debu Udara Daerah Pemukiman Penduduk Di Sekitar Pabrik Semen Citeureup Bogor. Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir : Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembanagn Aplikasi Isotop dan Radiasi*. Jakarta
- Suminar, Ayu Lintang. 2019. *Strategi Pengendalian Dampak Kegiatan Produksi Air Minum Isi Ulang (Ultra Violet dan Ozon) Dengan Proses LCA*. Institut Tinggi Surabaya. Thesis Fakultas Teknik Lingkungan.
- Walangitan, M. R. Margareth, S. Jane, P. 2016. *Gambaran kualitas air minum dari depot air minum isi ulang di kelurahan Ranotana-Weru dan Kelurahan Karombasan Selatan menurut parameter mikrobiologi*. Jurnal kedokteran komunitas dan tropik : Volume IV No 1.
- Yuniastuti, A. 2014. *Nutrisi mikromineral dan kesehatan*. Semarang : UNNES PRESS
- Zarkasi, F. R. 2019. *Analisis kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd) dan seng (Zn) dan kelayakan konsumsi daging kerang hijau (Perna viridis) di pantai Muncar Kabupaten Banyuwangi dan muara sungai Ujung pangkah Kabupaten Gresik*. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Ramawati, Eny. dkk. 2015. *Analysis of Metal Copper Concentration at Candy using Atomic Absorption*

Spectrophotometry (AAS). Malang. Universitas Islam Negeri Maulana  
Malik Ibrahim Malang.

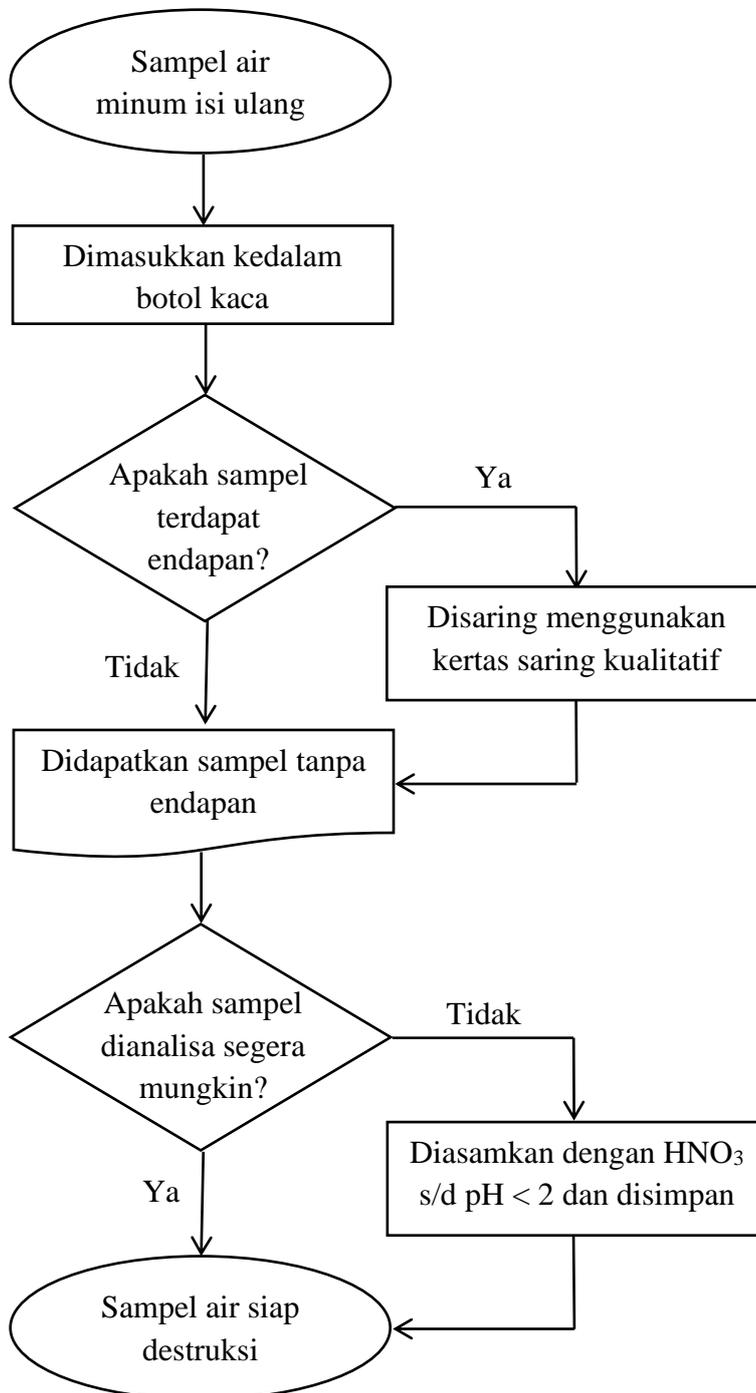
## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Rancangan Penelitian

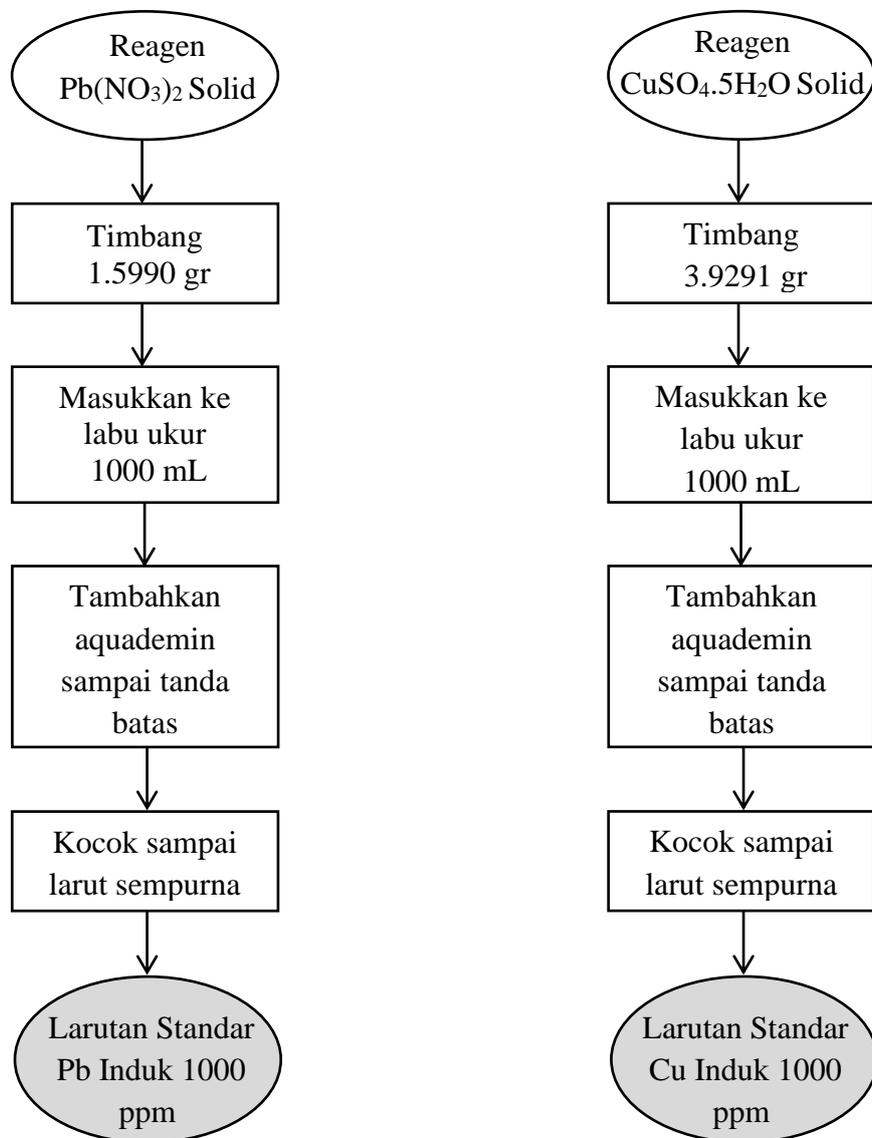


## Lampiran 2. Diagram Alir

### 2.1 Diagram Alir Preparasi Sampel

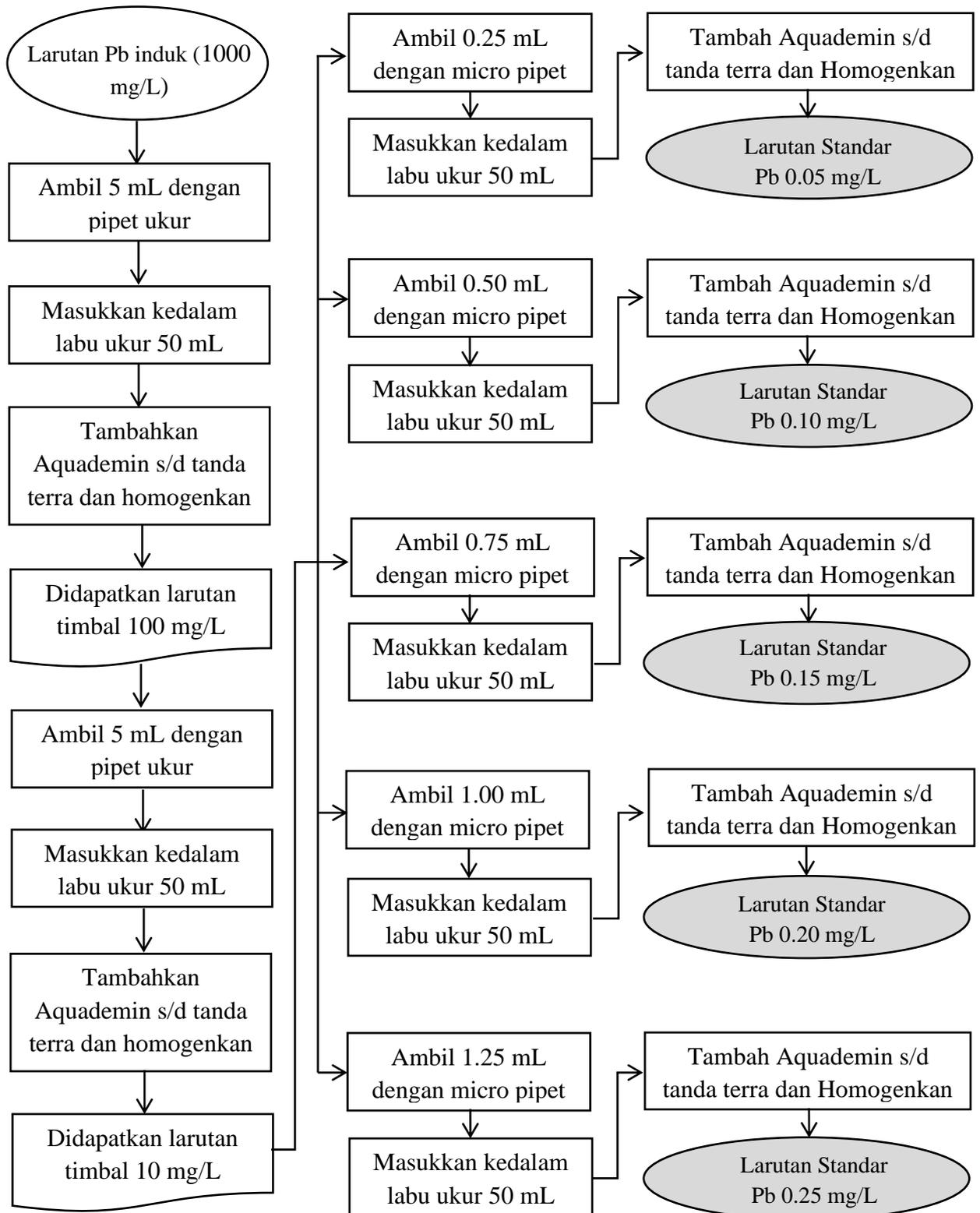


## 2.2 Diagram Alir Pembuatan Larutan Induk Pb dan Cu 1000 ppm

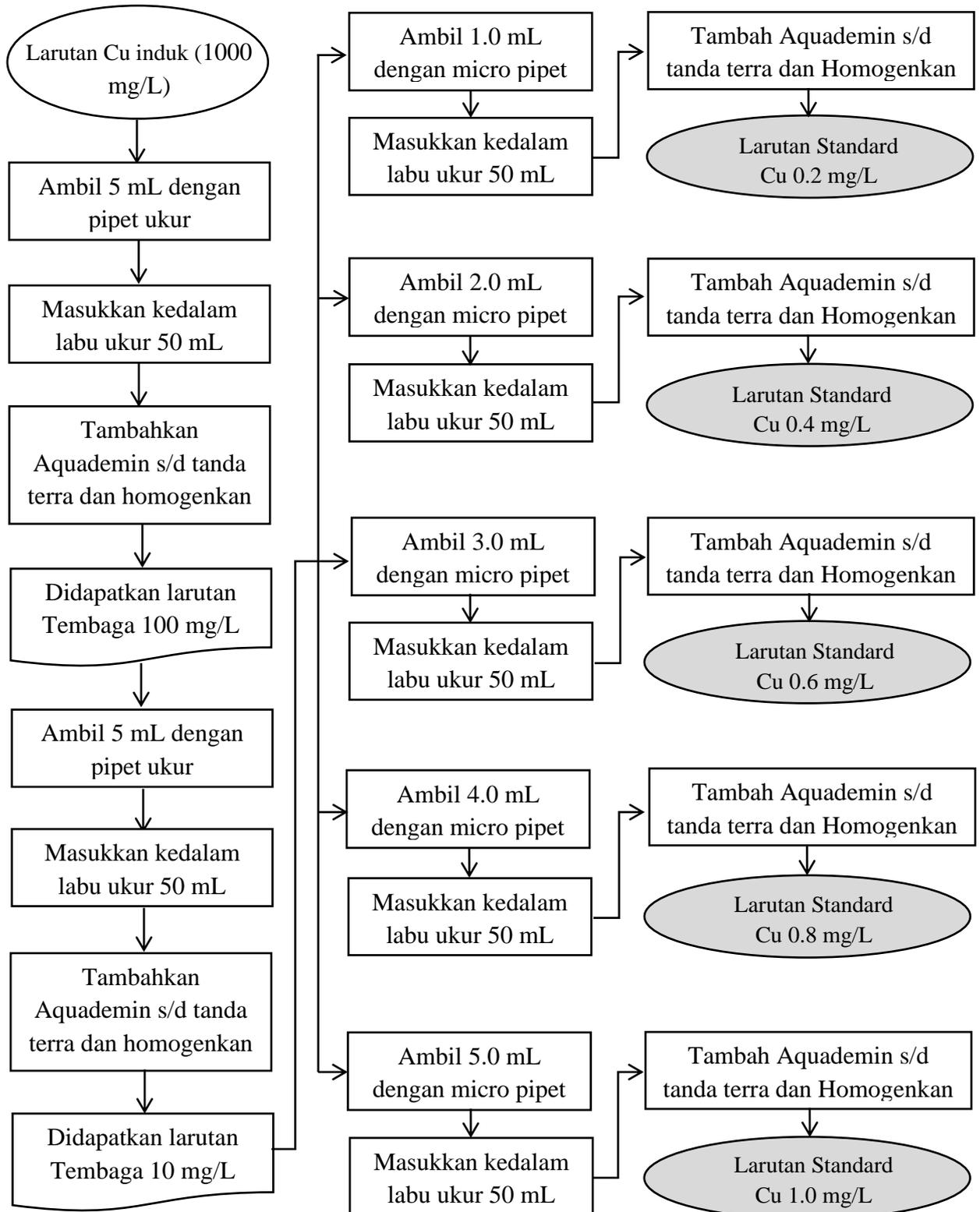


## 2.3 Diagram Alir Pembuatan Larutan Standar

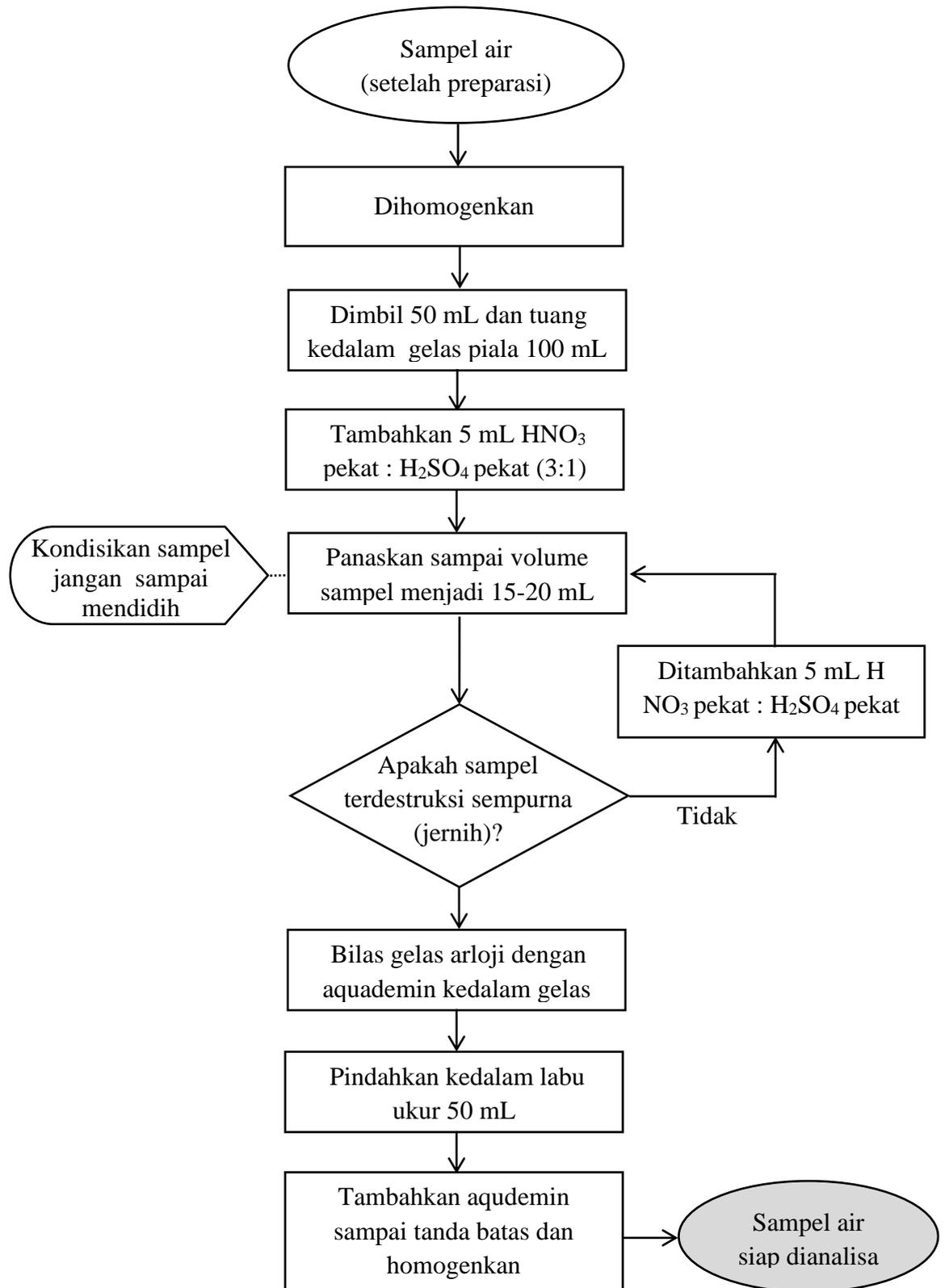
### 2.2.1 Diagram Alir Pembuatan Larutan Standar Timbal (Pb)



### 2.2.2 Diagram Alir Pembuatan Larutan Standar Tembaga (Cu)



## 2.4 Diagram Alir Proses Destruksi Basah Sampel



### Lampiran 3

#### 3.1 Perhitungan Pembuatan Larutan Standard Timbal (Pb)

##### 3.1.A Perhitungan Pembuatan larutan stok 1000 ppm Pb dalam $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

$$\begin{aligned} \text{Mr Pb}(\text{NO}_3)_2 &= 331 \text{ g/mol} \\ \text{Ar Pb} &= 207 \text{ g/mol} \\ \text{Masa Pb}(\text{NO}_3)_2 &= \frac{\text{Mr Pb}(\text{NO}_3)_2 \times \text{ppm} \times \text{volume}}{\text{Ar Pb}} \\ &= \frac{331 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mg/L} \times 1 \text{ L}}{207 \text{ g/mol}} \\ &= 1599,0 \text{ mg} \\ &= 1,5990 \text{ g} \end{aligned}$$

##### 3.1.B Perhitungan Pengenceran Pb 1000 ppm menjadi 100 ppm dalam 50 mL

$$\begin{aligned} M_1 \quad x \quad V_1 &= M_2 \quad x \quad V_2 \\ 1000 \text{ mg/L} \quad x \quad V_1 &= 100 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{100 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL}}{1000 \text{ mg/L}} \\ V_1 &= 5 \text{ mL} \end{aligned}$$

##### 3.1.C Perhitungan Pengenceran Pb 10 ppm menjadi 10 ppm dalam 50 mL

$$\begin{aligned} M_1 \quad x \quad V_1 &= M_2 \quad x \quad V_2 \\ 100 \text{ mg/L} \quad x \quad V_1 &= 10 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{100 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}} \\ V_1 &= 5 \text{ mL} \end{aligned}$$

##### 3.1.D Perhitungan Pengenceran Pb 10 ppm menjadi 0.05 ppm dalam 50 mL

$$\begin{aligned} M_1 \quad x \quad V_1 &= M_2 \quad x \quad V_2 \\ 10 \text{ mg/L} \quad x \quad V_1 &= 0.05 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{0.05 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}} \\ V_1 &= 0.25 \text{ mL} \end{aligned}$$

3.1.E Perhitungan Pengenceran Pb 10 ppm menjadi 0.10 ppm dalam 50 mL

$$\begin{aligned} M_1 \quad x \quad V_1 &= M_2 \quad x \quad V_2 \\ 10 \text{ mg/L} \quad x \quad V_1 &= 0.10 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{0.10 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}} \\ V_1 &= 0.50 \text{ mL} \end{aligned}$$

3.1.F Perhitungan Pengenceran Pb 10 ppm menjadi 0.15 ppm dalam 50 mL

$$\begin{aligned} M_1 \quad x \quad V_1 &= M_2 \quad x \quad V_2 \\ 10 \text{ mg/L} \quad x \quad V_1 &= 0.15 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{0.15 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}} \\ V_1 &= 0.75 \text{ mL} \end{aligned}$$

3.1.G Perhitungan Pengenceran Pb 10 ppm menjadi 0.20 ppm dalam 50 mL

$$\begin{aligned} M_1 \quad x \quad V_1 &= M_2 \quad x \quad V_2 \\ 10 \text{ mg/L} \quad x \quad V_1 &= 0.20 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{0.20 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}} \\ V_1 &= 1.00 \text{ mL} \end{aligned}$$

3.1.H Perhitungan Pengenceran Pb 10 ppm menjadi 0.25 ppm dalam 50 mL

$$\begin{aligned} M_1 \quad x \quad V_1 &= M_2 \quad x \quad V_2 \\ 10 \text{ mg/L} \quad x \quad V_1 &= 0.25 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL} \\ V_1 &= \frac{0.25 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}} \\ V_1 &= 1.25 \text{ mL} \end{aligned}$$

### 3.2 Perhitungan Pembuatan Larutan Standard Tembaga (Cu)

3.2.A Perhitungan pembuatan larutan stok 1000 ppm Cu dalam  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

$$\text{Mr CuSO}_4 = 249.5 \text{ g/mol}$$

$$\text{Ar Cu} = 63.5 \text{ g/mol}$$

$$\text{Masa CuSO}_4 = \frac{\text{Mr CuSO}_4 \times \text{ppm} \times \text{volume}}{\text{Ar Pb}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{249,5 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mg/L} \times 1 \text{ L}}{63,5 \text{ g/mol}} \\
 &= 3929,1 \text{ mg} \\
 &= 3,9291 \text{ g}
 \end{aligned}$$

3.2.B Perhitungan Pengenceran Cu 1000 ppm menjadi 100 ppm dalam 50 mL

$$\begin{aligned}
 M_1 \quad x \quad V_1 &= M_2 \quad x \quad V_2 \\
 1000 \text{ mg/L} \quad x \quad V_1 &= 100 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{100 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL}}{1000 \text{ mg/L}} \\
 V_1 &= 5 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

3.2.C Perhitungan Pengenceran Cu 100 ppm menjadi 10 ppm dalam 50 mL

$$\begin{aligned}
 M_1 \quad x \quad V_1 &= M_2 \quad x \quad V_2 \\
 100 \text{ mg/L} \quad x \quad V_1 &= 10 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{10 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL}}{100 \text{ mg/L}} \\
 V_1 &= 5 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

3.2.D Perhitungan Pengenceran Cu 10 ppm menjadi 0.2 ppm dalam 50 mL

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

3.2.E Perhitungan Pengenceran Cu 10 ppm menjadi 0.4 ppm dalam 50 mL

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

3.2.F Perhitungan Pengenceran Cu 10 ppm menjadi 0.6 ppm dalam 50 mL

$$\begin{aligned}
 M_1 \quad x \quad V_1 &= M_2 \quad x \quad V_2 \\
 10 \text{ mg/L} \quad x \quad V_1 &= 0.6 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{0.6 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}} \\
 V_1 &= 3 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

3.2.G Perhitungan Pengenceran Cu 10 ppm menjadi 0.8 ppm dalam 50 mL

$$\begin{aligned}
 M_1 \quad x \quad V_1 &= M_2 \quad x \quad V_2 \\
 10 \text{ mg/L} \quad x \quad V_1 &= 0.8 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{0.8 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}} \\
 V_1 &= 4 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

3.2.G Perhitungan Pengenceran Cu 10 ppm menjadi 1.0 ppm dalam 50 mL

$$\begin{aligned}
 M_1 \quad x \quad V_1 &= M_2 \quad x \quad V_2 \\
 10 \text{ mg/L} \quad x \quad V_1 &= 1.0 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{1.0 \text{ mg/L} \quad x \quad 50 \text{ mL}}{10 \text{ mg/L}} \\
 V_1 &= 5 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

#### Lapiran 4

Perhitungan Kadar Cu berdasarkan intensitas ICP:

Sampel	Pengulangan	Intensitas (y)	Konsentrasi Cu (x)	Persamaan Kurva Standar
DAMIU A	1	88,194	0,0227	$y = 2644.3x + 28.168$ $R^2 = 0.9996$
	2	91,631	0,0240	
	3	90,309	0,0235	
DAMIU B	1	53,818	0,0097	
	2	55,404	0,0103	
	3	54,611	0,0100	
DAMIU C	1	155,094	0,0480	
	2	160,119	0,0499	
	3	156,945	0,0487	
DAMIU D	1	87,400	0,0224	
	2	91,631	0,0240	
	3	94,540	0,0251	
DAMIU E	1	132,618	0,0395	
	2	130,767	0,0388	
	3	135,262	0,0405	

### Lampiran 5

Perhitungan Kadar Pb berdasarkan intensitas ICP:

Sampel	Pengulangan	Intensitas (y)	Konsentrasi Pb (x)	Persamaan Kurva Standar
DAMIU A	1	45,153	0,0033	$y = 5993.7x + 25.374$ $R^2 = 0.9996$
	2	44,554	0,0032	
	3	46,352	0,0035	
DAMIU B	1	36,163	0,0018	
	2	38,560	0,0022	
	3	36,163	0,0018	
DAMIU C	1	61,936	0,0061	
	2	67,929	0,0071	
	3	66,731	0,0069	
DAMIU D	1	54,743	0,0049	
	2	47,551	0,0037	
	3	52,945	0,0046	
DAMIU E	1	60,137	0,0058	
	2	66,131	0,0068	
	3	63,734	0,0064	

## Lampiran 6

Perhitungan rata-rata dan standar eror kadar tembaga:

### 2. DAMIU A

Sampel	Pengulangan	Konsentrasi Cu	Rata-rata Konsentrasi Cu
DAMIU A	1	0,0227	0,0234
	2	0,0240	
	3	0,0235	

Standar Deviasi:

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$n = 3$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma xi}{n}$$

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{0,0227 + 0,0240 + 0,0235}{3} \\ &= 0,0234\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma(x - \bar{x})^2 &= (0,0227 - 0,0234)^2 + (0,0240 - 0,0234)^2 + (0,0235 - 0,0234)^2 \\ &= 0,00000086\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n} \\ &= \frac{\sqrt{0,00000086}}{3} \\ &= 0,00031\end{aligned}$$

Standard eror kadar Cu DAMIU A

$$\begin{aligned}\text{Std. Error mean} &= \frac{S}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{0,00031}{\sqrt{3}} \\ &= 0,00018\end{aligned}$$

## 3. DAMIU B

Sampel	Pengulangan	Konsentrasi Cu	Rata-rata Konsentrasi Cu
DAMIU B	1	0,0097	0,0099
	2	0,0103	
	3	0,0100	

\Standar Deviasi:

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$n = 3$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0,0097 + 0,0103 + 0,0100}{3}$$

$$= 0,0099$$

$$\begin{aligned} \Sigma(x - \bar{x})^2 &= (0,0097 - 0,0099)^2 + (0,0103 - 0,0099)^2 + (0,0100 - 0,0099)^2 \\ &= 0,00000021 \end{aligned}$$

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$= \frac{\sqrt{0,00000021}}{3}$$

$$= 0,00015$$

Standard eror kadar Cu DAMIU B

$$\text{Std. Error mean} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{0,00015}{\sqrt{3}}$$

$$= 0,00009$$

## 4. DAMIU C

Sampel	Pengulangan	Konsentrasi Cu	Rata-rata Konsentrasi Cu
DAMIU C	1	0,0480	0,0489
	2	0,0499	
	3	0,0487	

\Standar Deviasi:

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$n = 3$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0,0480 + 0,0499 + 0,0487}{3}$$

$$= 0,0489$$

$$\begin{aligned} \Sigma(x - \bar{x})^2 &= (0,0480 - 0,0489)^2 + (0,0499 - 0,0489)^2 + (0,0487 - 0,0489)^2 \\ &= 0,00000185 \end{aligned}$$

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$= \frac{\sqrt{0,00000185}}{3}$$

$$= 0,00045$$

Standard eror kadar Cu DAMIU C

$$\text{Std. Error mean} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{0,00045}{\sqrt{3}}$$

$$= 0,00026$$

## 5. DAMIU D

Sampel	Pengulangan	Konsentrasi Cu	Rata-rata Konsentrasi Cu
DAMIU D	1	0,0224	0,0238
	2	0,0240	
	3	0,0251	

\Standar Deviasi:

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$n = 3$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0,0224 + 0,0240 + 0,0251}{3}$$

$$= 0,0238$$

$$\Sigma(x - \bar{x})^2 = (0,0224 - 0,0238)^2 + (0,0240 - 0,0238)^2 + (0,0251 - 0,0238)^2$$

$$= 0,00000369$$

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$= \frac{\sqrt{0,00000369}}{3}$$

$$= 0,00064$$

Standard eror kadar Cu DAMIU D

$$\text{Std. Error mean} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{0,00064}{\sqrt{3}}$$

$$= 0,00037$$

## 6. DAMIU E

Sampel	Pengulangan	Konsentrasi Cu	Rata-rata Konsentrasi Cu
DAMIU E	1	0,0395	0,0396
	2	0,0388	
	3	0,0405	

\Standar Deviasi:

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$n = 3$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0,0395 + 0,0240 + 0,0251}{3}$$

$$= 0,0396$$

$$\begin{aligned} \Sigma(x - \bar{x})^2 &= (0,0395 - 0,0396)^2 + (0,0388 - 0,0396)^2 + (0,0388 - 0,0396)^2 \\ &= 0,00000146 \end{aligned}$$

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$= \frac{\sqrt{0,00000146}}{3}$$

$$= 0,00040$$

Standard eror kadar Cu DAMIU E

$$\text{Std. Error mean} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{0,00040}{\sqrt{3}}$$

$$= 0,00023$$

### Lampiran 7

Perhitungan rata-rata dan standar eror kadar timbal:

#### 1. DAMIU A

Sampel	Pengulangan	Konsentrasi Pb	Rata-rata Konsentrasi Pb
DAMIU A	1	0,0033	0,0033
	2	0,0032	
	3	0,0035	

Standar Deviasi:

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$n = 3$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma xi}{n}$$

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{0,0033 + 0,0032 + 0,0035}{3} \\ &= 0,0033\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma(x - \bar{x})^2 &= (0,0033 - 0,0033)^2 + (0,0032 - 0,0033)^2 + (0,0035 - 0,0033)^2 \\ &= 0,000000047\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S &= \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n} \\ &= \frac{\sqrt{0,000000048}}{3} \\ &= 0,000072\end{aligned}$$

Standard eror kadar Pb DAMIU A

$$\begin{aligned}\text{Std. Error mean} &= \frac{S}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{0,000072}{\sqrt{3}} \\ &= 0,000042\end{aligned}$$

## 2. DAMIU B

Sampel	Pengulangan	Konsentrasi Pb	Rata-rata Konsentrasi Pb
DAMIU B	1	0,0018	0,0019
	2	0,0022	
	3	0,0018	

\Standar Deviasi:

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$n = 3$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0,0018 + 0,0022 + 0,0018}{3}$$

$$= 0,0019$$

$$\Sigma(x - \bar{x})^2 = (0,0018 - 0,0019)^2 + (0,0022 - 0,0019)^2 + (0,0018 - 0,0019)^2$$

$$= 0,000000107$$

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$= \frac{\sqrt{0,000000107}}{3}$$

$$= 0,000109$$

Standard eror kadar Pb DAMIU B

$$\text{Std. Error mean} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{0,000109}{\sqrt{3}}$$

$$= 0,000063$$

## 3. DAMIU C

Sampel	Pengulangan	Konsentrasi Pb	Rata-rata Konsentrasi Pb
DAMIU C	1	0,0061	0,0067
	2	0,0071	
	3	0,0069	

\Standar Deviasi:

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$n = 3$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0,0061 + 0,0071 + 0,0018}{3}$$

$$= 0,0067$$

$$\begin{aligned} \Sigma(x - \bar{x})^2 &= (0,0061 - 0,0067)^2 + (0,0071 - 0,0067)^2 + (0,0069 - 0,0067)^2 \\ &= 0,000000560 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n} \\ &= \frac{\sqrt{0,000000560}}{3} \\ &= 0,000249 \end{aligned}$$

Standard eror kadar Pb DAMIU C

$$\begin{aligned} \text{Std. Error mean} &= \frac{S}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{0,000249}{\sqrt{3}} \\ &= 0,000144 \end{aligned}$$

## 4. DAMIU D

Sampel	Pengulangan	Konsentrasi Pb	Rata-rata Konsentrasi Pb
DAMIU D	1	0,0049	0,0044
	2	0,0037	
	3	0,0046	

\Standar Deviasi:

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$n = 3$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0,0049 + 0,0037 + 0,0018}{3}$$

$$= 0,0044$$

$$\begin{aligned} \Sigma(x - \bar{x})^2 &= (0,0049 - 0,0044)^2 + (0,0037 - 0,0044)^2 + (0,0046 - 0,0044)^2 \\ &= 0,000000780 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n} \\ &= \frac{\sqrt{0,000000780}}{3} \\ &= 0,000294 \end{aligned}$$

Standard eror kadar Pb DAMIU D

$$\begin{aligned} \text{Std. Error mean} &= \frac{S}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{0,000294}{\sqrt{3}} \\ &= 0,000170 \end{aligned}$$

## 5. DAMIU E

Sampel	Pengulangan	Konsentrasi Pb	Rata-rata Konsentrasi Pb
DAMIU E	1	0,0058	0,0063
	2	0,0058	
	3	0,0064	

\Standar Deviasi:

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$n = 3$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{0,0058 + 0,0058 + 0,0064}{3}$$

$$= 0,0063$$

$$\Sigma(x - \bar{x})^2 = (0,0058 - 0,0063)^2 + (0,0058 - 0,0063)^2 + (0,0064 - 0,0063)^2$$

$$= 0,000000507$$

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{n}$$

$$= \frac{\sqrt{0,000000507}}{3}$$

$$= 0,000237$$

Standard eror kadar Pb DAMIU D

$$\text{Std. Error mean} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{0,000237}{\sqrt{3}}$$

$$= 0,000137$$

## Lampiran 8 – Kuisioner terhadap pengelola DAMIU

### Lampiran 6. Kuisioner terhadap pelaku usaha DAMIU

KUISIONER DAMIU  A / B / C / D / E

1. Dari mana sumber air yang digunakan untuk isi ulang air minum?
  - a. PDAM
  - b. Sumur bor
  - c. Perusahaan air minum swasta
  - d. Lainnya .....
2. Berapa jarak sumber air dengan *septic tank*?
  - a. < 5 m
  - b. 5 m s/d 10 m
  - c. 10 m s/d 20 m
  - d. Lebih dari 20 m
3. Berapa jarak bibir pantai dengan sumber air minum?
  - a. < 1 Km
  - b. 1 Km s/d 2 Km
  - c. 2 Km s/d 3 Km
  - d. > 3 Km
4. Berapa jarak sumber air minum dengan aliran sungai terdekat?
  - b. < 1 Km
  - c. 1 Km s/d 2 Km
  - d. 2 Km s/d 3 Km
  - e. > 3 Km
5. Berapa jarak pabrik / industri dengan sumber air minum? .
  - a. < 1 Km
  - b. 1 Km s/d 2 Km
  - c. 2 Km s/d 3 Km
  - d. > 3 Km
6. Apakah sampel air pernah di cek laboratorium? (bisa pilih 2 jawaban)
  - a. Tidak pernah
  - b. Pernah, Mikrobiologi
  - c. Pernah, Fisika
  - d. Pernah, Logam berat
7. Berapa waktu penggantian pasir silika dan aktif karbon?
  - a. 3 bulan sekali
  - b. 6 bulan sekali
  - c. 9 bulan sekali
  - d. 12 bulan sekali
8. Sudah jalan berapa lama pemakaian pasir silika dan aktif karbon? (bulan)
 

1	2	3	4	5	6
<input checked="" type="radio"/> 7	8	9	10	11	12
9. Berapa waktu penggantian cartridge filter?
  - a. 3 bulan sekali
  - b. 6 bulan sekali
  - c. 9 bulan sekali
  - d. 12 bulan sekali
10. Berapa jumlah cartridge filter yang digunakan pada mesin isi ulang air minum? (buah)
 

1	2	3	4	5	6	7	8	<input checked="" type="radio"/> 9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------------------	----
11. Sudah jalan berapa lama pemakaian cartridge filter? (bulan)
 

1	2	<input checked="" type="radio"/> 3	4	5	6
7	8	9	10	11	12

**Lampiran 6. Kuisisioner terhadap pelaku usaha DAMIU**

KUISISIONER DAMIU A /  B / C / D / E

1. Dari mana sumber air yang digunakan untuk isi ulang air minum?
  - a. PDAM
  - b. Sumur bor
  - c. Perusahaan air minum swasta
  - d. Lainnya .....
2. Berapa jarak sumber air dengan *septic tank*?
  - a. < 5 m
  - b. 5 m s/d 10 m
  - c. 10 m s/d 20 m
  - d. Lebih dari 20 m
3. Berapa jarak bibir pantai dengan sumber air minum?
  - a. < 1 Km
  - b. 1 Km s/d 2 Km
  - c. 2 Km s/d 3 Km
  - d. > 3 Km
4. Berapa jarak sumber air minum dengan aliran sungai terdekat?
  - b. < 1 Km
  - c. 1 Km s/d 2 Km
  - d. 2 Km s/d 3 Km
  - e. > 3 Km
5. Berapa jarak pabrik / industri dengan sumber air minum? .
  - a. < 1 Km
  - b. 1 Km s/d 2 Km
  - c. 2 Km s/d 3 Km
  - d. > 3 Km
6. Apakah sampel air pernah di cek laboratorium? (bisa pilih 2 jawaban)
  - a. Tidak pernah
  - b. Pernah, Mikrobiologi
  - c. Pernah, Fisika
  - d. Pernah, Logam berat
7. Berapa waktu penggantian pasir silika dan aktif karbon?
  - a. 3 bulan sekali
  - b. 6 bulan sekali
  - c. 9 bulan sekali
  - d. 12 bulan sekali
8. Sudah jalan berapa lama pemakaian pasir silika dan aktif karbon? (bulan)
 

1	2	3	4	5	6
7	8	<input checked="" type="radio"/> 9	10	11	12
9. Berapa waktu penggantian cartridge filter?
  - a. 3 bulan sekali
  - b. 6 bulan sekali
  - c. 9 bulan sekali
  - d. 12 bulan sekali
10. Berapa jumlah cartridge filter yang digunakan pada mesin isi ulang air minum? (buah)
 

1	2	3	4	5	6	7	<input checked="" type="radio"/> 8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	------------------------------------	---	----
11. Sudah jalan berapa lama pemakaian cartridge filter? (bulan)
 

1	2	<input checked="" type="radio"/> 3	4	5	6
7	8	9	10	11	12

**Lampiran 6. Kuisisioner terhadap pelaku usaha DAMIU**

KUISISIONER DAMIU A / B /  C / D / E

1. Dari mana sumber air yang digunakan untuk isi ulang air minum?
  - a. PDAM
  - b. Sumur bor
  - c. Perusahaan air minum swasta
  - d. Lainnya .....
2. Berapa jarak sumber air dengan *septic tank*?
  - a. < 5 m
  - b. 5 m s/d 10 m
  - c. 10 m s/d 20 m
  - d. Lebih dari 20 m
3. Berapa jarak bibir pantai dengan sumber air minum?
  - a. < 1 Km
  - b. 1 Km s/d 2 Km
  - c. 2 Km s/d 3 Km
  - d. > 3 Km
4. Berapa jarak sumber air minum dengan aliran sungai terdekat?
  - b. < 1 Km
  - c. 1 Km s/d 2 Km
  - d. 2 Km s/d 3 Km
  - e. > 3 Km
5. Berapa jarak pabrik / industri dengan sumber air minum? .
  - a. < 1 Km
  - b. 1 Km s/d 2 Km
  - c. 2 Km s/d 3 Km
  - d. > 3 Km
6. Apakah sampel air pernah di cek laboratorium? (bisa pilih 2 jawaban)
  - a. Tidak pernah
  - b. Pernah, Mikrobiologi
  - c. Pernah, Fisika
  - d. Pernah, Logam berat
7. Berapa waktu penggantian pasir silika dan aktif karbon?
  - a. 3 bulan sekali
  - b. 6 bulan sekali
  - c. 9 bulan sekali
  - d. 12 bulan sekali
8. Sudah jalan berapa lama pemakaian pasir silika dan aktif karbon? (bulan)
 

1	2	3	4	5	6
7	8	9	<input checked="" type="radio"/> 10	11	12
9. Berapa waktu penggantian cartridge filter?
  - a. 3 bulan sekali
  - b. 6 bulan sekali
  - c. 9 bulan sekali
  - d. 12 bulan sekali
10. Berapa jumlah cartridge filter yang digunakan pada mesin isi ulang air minum? (buah)
 

1	2	3	4	5	<input checked="" type="radio"/> 6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	------------------------------------	---	---	---	----
11. Sudah jalan berapa lama pemakaian cartridge filter? (bulan)
 

1	2	3	4	5	6
7	8	9	<input checked="" type="radio"/> 10	11	12

**Lampiran 6. Kuisisioner terhadap pelaku usaha DAMIU**

KUISISIONER DAMIU A / B / C / ~~D~~ / E

1. Dari mana sumber air yang digunakan untuk isi ulang air minum?
  - a. PDAM
  - ~~b.~~ Sumur bor
  - c. Perusahaan air minum swasta
  - d. Lainnya .....
2. Berapa jarak sumber air dengan *septic tank*?
  - a. < 5 m
  - b. 5 m s/d 10 m
  - c. 10 m s/d 20 m
  - ~~d.~~ Lebih dari 20 m
3. Berapa jarak bibir pantai dengan sumber air minum?
  - a. < 1 Km
  - ~~b.~~ 1 Km s/d 2 Km
  - c. 2 Km s/d 3 Km
  - d. > 3 Km
4. Berapa jarak sumber air minum dengan aliran sungai terdekat?
  - b. < 1 Km
  - ~~c.~~ 1 Km s/d 2 Km
  - d. 2 Km s/d 3 Km
  - e. > 3 Km
5. Berapa jarak pabrik / industri dengan sumber air minum? .
  - a. < 1 Km
  - b. 1 Km s/d 2 Km
  - ~~c.~~ 2 Km s/d 3 Km
  - d. > 3 Km
6. Apakah sampel air pernah di cek laboratorium? (bisa pilih 2 jawaban)
  - a. Tidak pernah
  - ~~b.~~ Pernah, Mikrobiologi
  - c. Pernah, Fisika
  - d. Pernah, Logam berat
7. Berapa waktu penggantian pasir silika dan aktif karbon?
  - a. 3 bulan sekali
  - b. 6 bulan sekali
  - c. 9 bulan sekali
  - ~~d.~~ 12 bulan sekali
8. Sudah jalan berapa lama pemakaian pasir silika dan aktif karbon? (bulan)
 

1	<del>2</del>	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
9. Berapa waktu penggantian cartridge filter?
  - a. 3 bulan sekali
  - ~~b.~~ 6 bulan sekali
  - c. 9 bulan sekali
  - d. 12 bulan sekali
10. Berapa jumlah cartridge filter yang digunakan pada mesin isi ulang air minum? (buah)
 

1	2	3	4	5	6	7	8	<del>9</del>	10
---	---	---	---	---	---	---	---	--------------	----
11. Sudah jalan berapa lama pemakaian cartridge filter? (bulan)
 

1	<del>2</del>	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12

**Lampiran 6. Kuisisioner terhadap pelaku usaha DAMIU**

KUISISIONER DAMIU A / B / C / D /  E

1. Dari mana sumber air yang digunakan untuk isi ulang air minum?
  - a. PDAM
  - b. Sumur bor
  - c. Perusahaan air minum swasta
  - d. Lainnya .....
2. Berapa jarak sumber air dengan *septic tank*?
  - a. < 5 m
  - b. 5 m s/d 10 m
  - c. 10 m s/d 20 m
  - d. Lebih dari 20 m
3. Berapa jarak bibir pantai dengan sumber air minum?
  - a. < 1 Km
  - b. 1 Km s/d 2 Km
  - c. 2 Km s/d 3 Km
  - d. > 3 Km
4. Berapa jarak sumber air minum dengan aliran sungai terdekat?
  - b. < 1 Km
  - c. 1 Km s/d 2 Km
  - d. 2 Km s/d 3 Km
  - e. > 3 Km
5. Berapa jarak pabrik / industri dengan sumber air minum? .
  - a. < 1 Km
  - b. 1 Km s/d 2 Km
  - c. 2 Km s/d 3 Km
  - d. > 3 Km
6. Apakah sampel air pernah di cek laboratorium? (bisa pilih 2 jawaban)
  - a. Tidak pernah
  - b. Pernah, Mikrobiologi
  - c. Pernah, Fisika
  - d. Pernah, Logam berat
7. Berapa waktu penggantian pasir silika dan aktif karbon?
  - a. 3 bulan sekali
  - b. 6 bulan sekali
  - c. 9 bulan sekali
  - d. 12 bulan sekali
8. Sudah jalan berapa lama pemakaian pasir silika dan aktif karbon? (bulan)
 

1	2	3	4	5	6
<input checked="" type="radio"/> 7	8	9	10	11	12
9. Berapa waktu penggantian cartridge filter?
  - a. 3 bulan sekali
  - b. 6 bulan sekali
  - c. 9 bulan sekali
  - d. 12 bulan sekali
10. Berapa jumlah cartridge filter yang digunakan pada mesin isi ulang air minum? (buah)
 

1	2	3	4	5	6	7	8	<input checked="" type="radio"/> 9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------------------	----
11. Sudah jalan berapa lama pemakaian cartridge filter? (bulan)
 

1	2	3	4	5	6
<input checked="" type="radio"/> 7	8	9	10	11	12

Lampiran 9 - Hasil pembacaan standar Tembaga

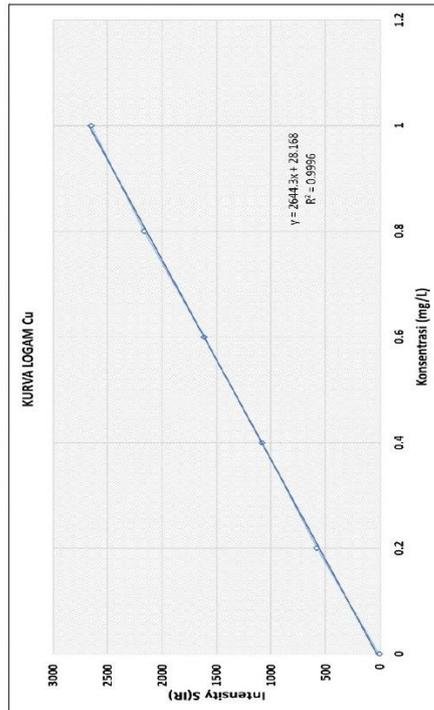
KURVA KALIBRASI

1. Informasi Umum

Parameter : Logam Cu  
 Rentang Pengukuran : 0.0 - 1.0 mg/L  
 Peralatan : Inductively Coupled Plasma (ICP) Model: Thermo 6500  
 Tanggal Pengujian : 7 April 2022

2. Tabel Kurva Kalibrasi

Larutan Standar	Konsentrasi (mg/L)	Intensity S(IR)
Std-1	0.00	8.11
Std-2	0.20	580.24
Std-3	0.40	1080.81
Std-5	0.60	1615.11
Std-6	0.80	2165.72
Std-7	1.00	2652.04



Lampiran 10 - Hasil pembacaan standar Timbal

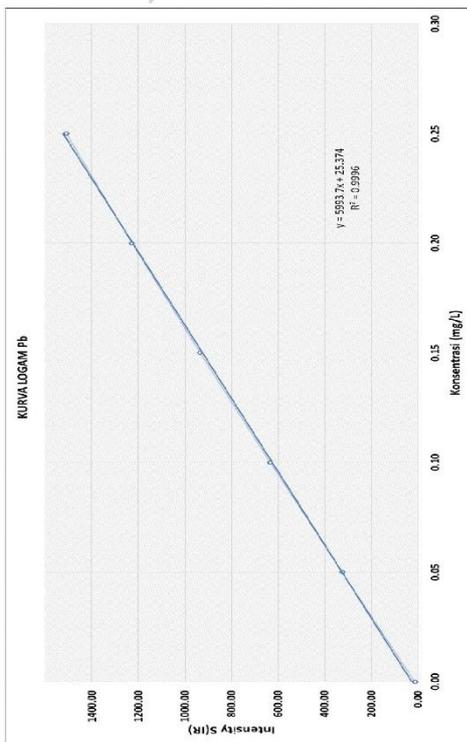
KURVA KALIBRASI

1. Informasi Umum

Parameter : Logam Pb  
 Rentang Pengukuran : 0.0 - 0.25 mg/L  
 Peralatan : Inductively Coupled Plasma (ICP)  
 Tanggal Pengujian : 7 April 2022  
 Model: Thermo 6500

2. Tabel Kurva Kalibrasi

Larutan Standar	Konsentrasi (mg/L)	Intensity S(IR)
Std-1	0.00	13.28
Std-2	0.05	325.56
Std-3	0.10	635.11
Std-4	0.15	935.99
Std-5	0.20	1228.10
Std-6	0.25	1509.41



1/4/22

## Lampiran 11 - Sertifikat Hasil Analisa Pb dan Cu



## LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976  
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 333370  
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

### SERTIFIKAT CERTIFICATE

**Nomor : 11.10 S/LL MLG/IV/2022**

#### IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : *Elvin Eka Wanidia Utami*

Name

Alamat : *Jl. Candi Mendut Barat B14 Malang*

Address

#### IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : *EXT 17-21/PC/IV/2022/17-21*

Sample Code

Jenis Contoh Uji : *Air Minum*

Type Sample

Lokasi Pengambilan Conyoh Uji : *Terlampir*

Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji : *-*

Sampling Done By

Tgl/Jam Pengambilan Contoh Uji : *04 April 2022* Jam: *11.00 WIB*

Date Time of Sampling

Tgl/Jam Penerimaan Contoh Uji : *04 April 2022* Jam: *13.15 WIB*

Date Time of Sample Received in Laboratory

Kondisi Contoh uji : *Belum dilakukan pengawetan*

Sample Condition (s)

#### HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir

Enclosed

Diterbitkan Di/Tanggal : *Malang, 19 April 2022*

Place / Date of Issue



Laboratorium Lingkungan  
Perum Jasa Tirta I



**Dwi Hastuti Nurzaenab, ST**  
Deputi Manajer Teknis Laboratorium Lingkungan

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari  
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I  
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from  
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation



## LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976  
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 333370  
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

No : 11.10 S/LL MLG/IV/2022

Halaman 2 dari 4  
 Page 2 of 4

Kode Contoh Uji  
*Sample Code* EXT 17-21/PC/IV/2022/17-21

Metode Pengambilan Contoh Uji  
*Sampling Method* :-

Tempat Analisa  
*Place of Analysis* : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang

Tanggal Analisa  
*Testing Date(s)* : 04 - 19 April 2022

### HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
<b>DAMIU E</b>						
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0395	-	APHA. 3111 B-2017	-
3	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0058	-	APHA. 3111 B-2017	-

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
<b>DAMIU D</b>						
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0224	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0049	-	APHA. 3111 B-2017	-

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
<b>DAMIU C</b>						
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0480	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0061	-	APHA. 3111 B-2017	-

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
<b>DAMIU B</b>						
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0097	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0018	-	APHA. 3111 B-2017	-

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
<b>DAMIU A</b>						
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0227	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0033	-	APHA. 3111 B-2017	-

\*) Standar Baku Mutu sesuai dengan :-  
*Threshold Value fully adopted from*



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa tjin dari  
 Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I  
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from  
 Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation



## LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976  
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 333370  
 E-mail : laboratoriumjasaTirta1@yahoo.co.id

No : 11.10 S/LL MLG/IV/2022

Halaman 3 dari 4  
 Page 3 of 4

Kode Contoh Uji : EXT 17-21/PC/IV/2022/17-21  
*Sample Code*  
 Metode Pengambilan Contoh Uji : -  
*Sampling Method*  
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang  
*Place of Analysis*  
 Tanggal Analisa : 04 - 19 April 2022  
*Testing Date(s)*

### HASIL ANALISA

*Result of Analysis*

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
<b>DAMIU E</b>						
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0388	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0068	-	APHA. 3111 B-2017	-

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
<b>DAMIU D</b>						
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0240	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0037	-	APHA. 3111 B-2017	-

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
<b>DAMIU C</b>						
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0499	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0071	-	APHA. 3111 B-2017	-

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
<b>DAMIU B</b>						
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0103	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0022	-	APHA. 3111 B-2017	-

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
<b>DAMIU A</b>						
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0240	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0032	-	APHA. 3111 B-2017	-

\*) Standar Baku Mutu sesuai dengan : -  
*Threshold Value fully adopted from*



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I  
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation



## LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976  
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 333370  
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

No : 11.10 S/LL MLG/IV/2022

Halaman 4 dari 4  
 Page 4 of 4

Kode Contoh Uji : EXT 17-21/PC/IV/2022/17-21  
*Sample Code*  
 Metode Pengambilan Contoh Uji : -  
*Sampling Method*  
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang  
*Place of Analysis*  
 Tanggal Analisa : 04 - 19 April 2022  
*Testing Date(s)*

### HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
	<b>DAMIU E</b>					
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0405	-	APHA. 3111 B-2017	-
3	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0064	-	APHA. 3111 B-2017	-

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
	<b>DAMIU D</b>					
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0251	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0046	-	APHA. 3111 B-2017	-

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
	<b>DAMIU C</b>					
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0487	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0069	-	APHA. 3111 B-2017	-

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
	<b>DAMIU B</b>					
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0100	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0018	-	APHA. 3111 B-2017	-

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
	<b>DAMIU A</b>					
1	Tembaga (Cu) larut	mg/L	0,0235	-	APHA. 3111 B-2017	-
2	Timbal (Pb) larut	mg/L	0,0035	-	APHA. 3111 B-2017	-

\*) Standar Baku Mutu sesuai dengan : -  
*Threshold Value fully adopted from*



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I  
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

Lampiran 11. Foto aktifitas penelitian



Proses sampling air minum



Proses wawancara pemilik DAMIU



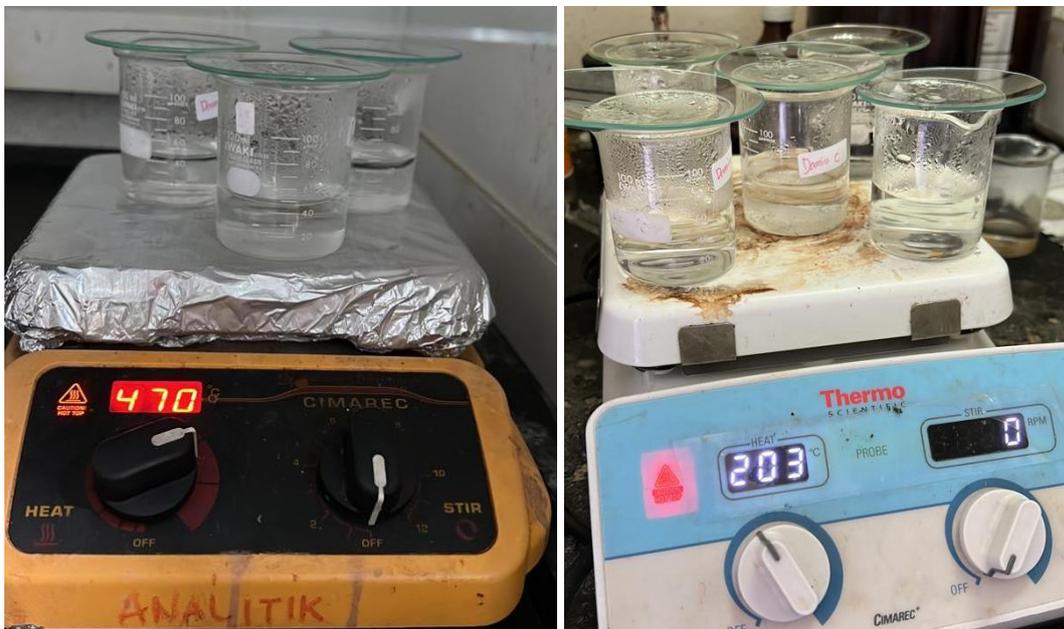
*Cartridge filter 0,3 µ*



Proses pengenceran standar logam berat Pb



Larutan untuk destruksi



Proses destruksi sample



Penyerahan sampel kepada Laboratorium Jasa Tirta 1



Pengambilan hasil analisa di Laboratorium Jasa Tirta 1