



**PENENTUAN NILAI MASSA JENIS LOGAM ARGENTUM  
CUPRUM (AgCu) PADA BERBAGAI TINGKAT  
KEMURNIAN Ag**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Alvi Maulidia**

**NIM 160210102059**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2020**



**PENENTUAN NILAI MASSA JENIS LOGAM ARGENTUM  
CUPRUM (AgCu) PADA BERBAGAI TINGKAT  
KEMURNIAN Ag**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh :  
**Alvi Maulidia**  
**NIM 160210102059**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2020**

## PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim, dengan menyebut nama Allah SWT skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua, Ibu saya Erna Farida dan bapak saya Boyong Wibisono, yang selalu memberikan dukungan dan doanya yang tak terhingga.
2. Guru-guru saya yang sejak Taman Kanak-Kanak mendidik saya dan memberikan ilmu sampai dapat mengantarkan pada Perguruan Tinggi sekarang.
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

**MOTTO**

*“Man Jadda Wajada”*

“Barang siapa yang bersungguh-sungguh, maka ia akan berhasil”

(Al-Hadits)\*



---

\*) Anwar, Shabri Shaleh & Ade Jamaruddin. 2018. *Takhrij Hadits*. Riau : Indagiri Dot Com

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alvi Maulidia

Nim : 160210102059

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi ini yang berjudul “Penentuan Nilai Massa Jenis Logam *Argentum Cuprum* (AgCu) Pada Berbagai Tingkat Kemurnian Ag” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya yang bertanggung jawab atas kebenaran dan keabsahan isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa ada paksaan dan tekanan dari pihak mana pun dan bersedia mendapatkan sanksi akademik jika dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Januari 2020

Yang menyatakan,

Alvi Maulidia

NIM 160210102059

**SKRIPSI**

**PENENTUAN NILAI MASSA JENIS LOGAM ARGENTUM  
CUPRUM (AgCu) PADA BERBAGAI TINGKAT  
KEMURNIAN Ag**

Oleh:

Alvi Maulidia

160210102059

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utam : Drs. Albertus Djoko Lesmono, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Penentuan Nilai Massa Jenis Logam *Argentum Cuprum* (AgCu) Pada Berbagai Tingkat Kemurnian Ag” karya Alvi Maulidia telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

hari, tanggal : Selasa, 28 Januari 2020

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua

Sekretaris

**Drs. Albertus Djoko Lemono, M.Si**  
NIP. 19641230 199302 1 001

**Dr. Drs. Sri Handono Budi P., M.Si**  
NIP. 19580318 198503 1004

Anggota I

Anggota II

**Drs. Alex Harjanto, M.Si**  
NIP. 19641117 199103 1 001

**Drs. Bambang Supriadi, M.Sc**  
NIP. 19680710 199302 1 001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Jember,

**Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D**  
NIP. 19680802 199303 1 004

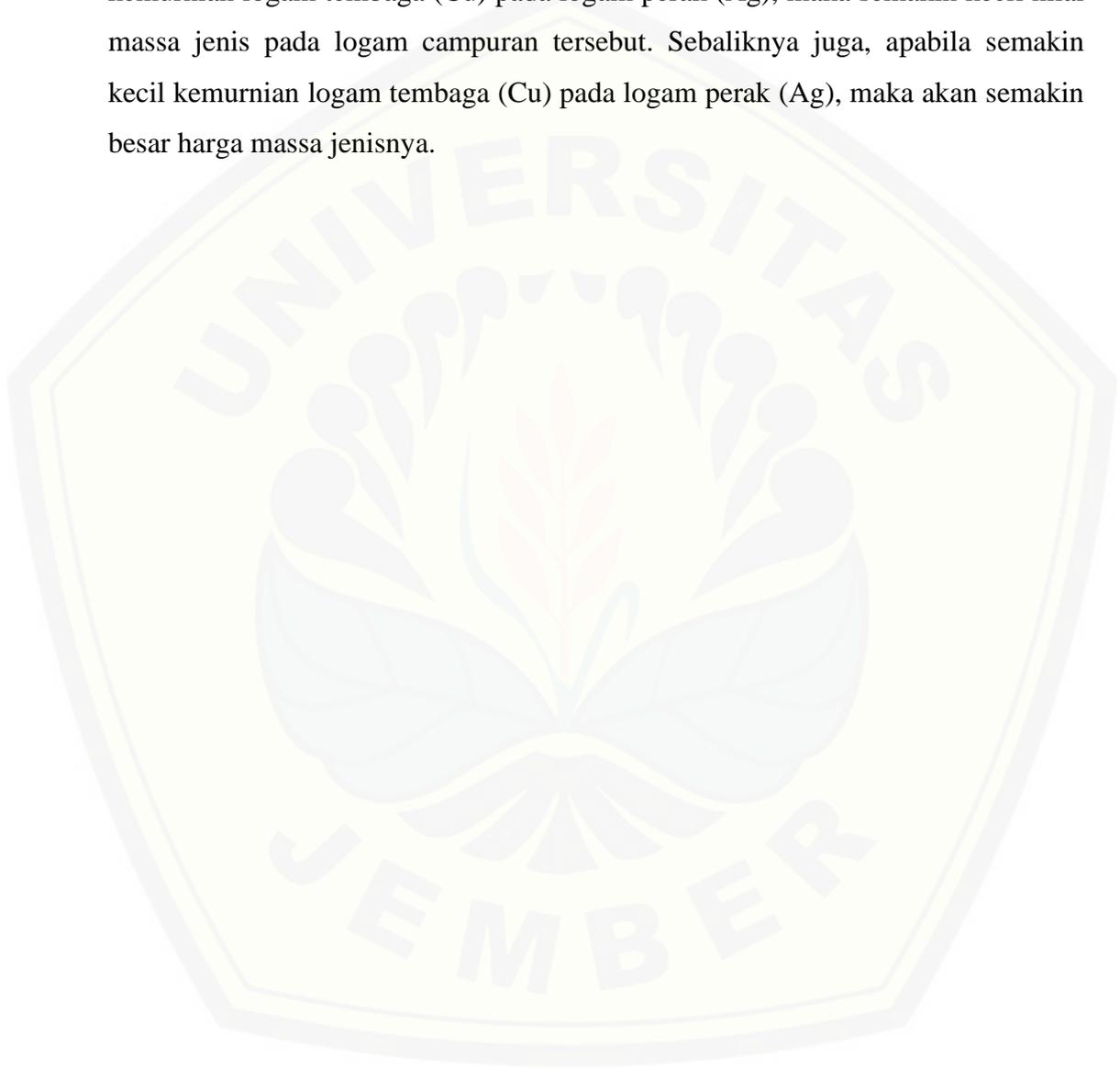
## RINGKASAN

**Penentuan Nilai Massa Jenis Logam *Argentum Cuprum* (AgCu) Pada Berbagai Tingkat Kemurnian Ag;** Alvi Maulidia, 16021010059; 2020; 55 Halaman; Program Studi Pendidikan Fisika; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Logam *argentum* (Ag) atau yang biasa dikenal oleh masyarakat dengan sebutan perak merupakan salah satu logam yang dapat dijadikan sebagai perhiasan. Logam perak berwarna putih mengkilat, memiliki daya tarik tersendiri bagi masyarakat dunia. Terkait dengan pembuatan logam *argentum* (Ag) sendiri tidak semua logam *argentum* di alam yang begitu murni, pasti pada logam perak tersebut terdapat campuran unsur lain. Logam *cuprum* (Cu) disebut juga sebagai tembaga, yang memiliki karakteristik logam yang berwarna coklat kekuningan mengkilat pada umumnya. Logam tembaga merupakan salah satu logam yang dicampurkan dengan perak untuk menghasilkan logam campuran yang lebih keras dan lebih kuat dari perak murninya. Ketika beberapa logam ditimbang dan diukur volumenya, maka logam tersebut memiliki nilai massa jenis yang bisa berbeda-beda, hal ini diakibatkan oleh kerapatan molekul pada logam yang berbeda-beda pula.

Logam perak(Ag) dan logam tembaga(Cu) juga memiliki nilai massa jenis yang berbeda, apabila dari kedua logam tersebut digabung menjadi satu dengan perbandingan massa yang berbeda-beda, maka hal ini akan memberikan hasil nilai massa jenis yang berbeda-beda tergantung pada tingkat kemurnian dari perak dan tembaga masing-masing. Metode penelitian data yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian secara langsung di tempat yaitu di desa Gesang, kec. Tempeh, kab Lumajang. Penelitian dengan cara membuat logam perak murni dan logam campuran perak tembaga dengan prosentase yang berbeda-beda. Kemurnian logam campuran yang pertama dengan 100% logam perak, 0% logam tembaga. Kemurnian logam campuran kedua dengan 90% logam perak dan 10% logam tembaga dan seterusnya hingga campuran logam kelima.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh nilai massa jenis logam perak tembaga (AgCu) pada berbagai tingkat kemurnian Ag. Hubungan kemurnian campuran *argentum cuprum* (AgCu) berbanding terbalik dengan besarnya nilai massa jenis logam campuran tersebut. Semakin besar kemurnian logam tembaga (Cu) pada logam perak (Ag), maka semakin kecil nilai massa jenis pada logam campuran tersebut. Sebaliknya juga, apabila semakin kecil kemurnian logam tembaga (Cu) pada logam perak (Ag), maka akan semakin besar harga massa jenisnya.



## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Penentuan Nilai Massa Jenis Logam *Argentum Cuprum* (AgCu) Pada Berbagai Tingkat Kemurnian Ag”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang telah membantu menerbitkan surat permohonan izin melakukan penelitian;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Jember yang telah memfasilitasi proses skripsi ini;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember;
4. Drs. Albertus Djoko Lesmono, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu membimbing dan menyetujui rencana studi selama menjadi mahasiswa;
5. Dr. Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota dan Drs. Albertus Djoko Lesmono, M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, tenaga dan perhatiannya selama penulisan skripsi ini;
6. Drs. Alex Harijanto, M.Si selaku Dosen Penguji Utama dan Drs. Bambang Supriadi, M.Sc selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberi masukan dan saran guna memperbaiki skripsi ini;
7. Semua dosen Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember, atas segala ilmu yang telah diberikan selama menjadi mahasiswa;

8. Nurridha Rahmania Yusuf, Nafilah Husnaul Azizah, Beni Aris Prasetyo serta seluruh keluarga besar Pendidikan Fisika 2016 Universitas Jember yang telah memberikan motivasi dan dukungannya dan kenangan indah selama ini;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis berharap agar pembaca memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

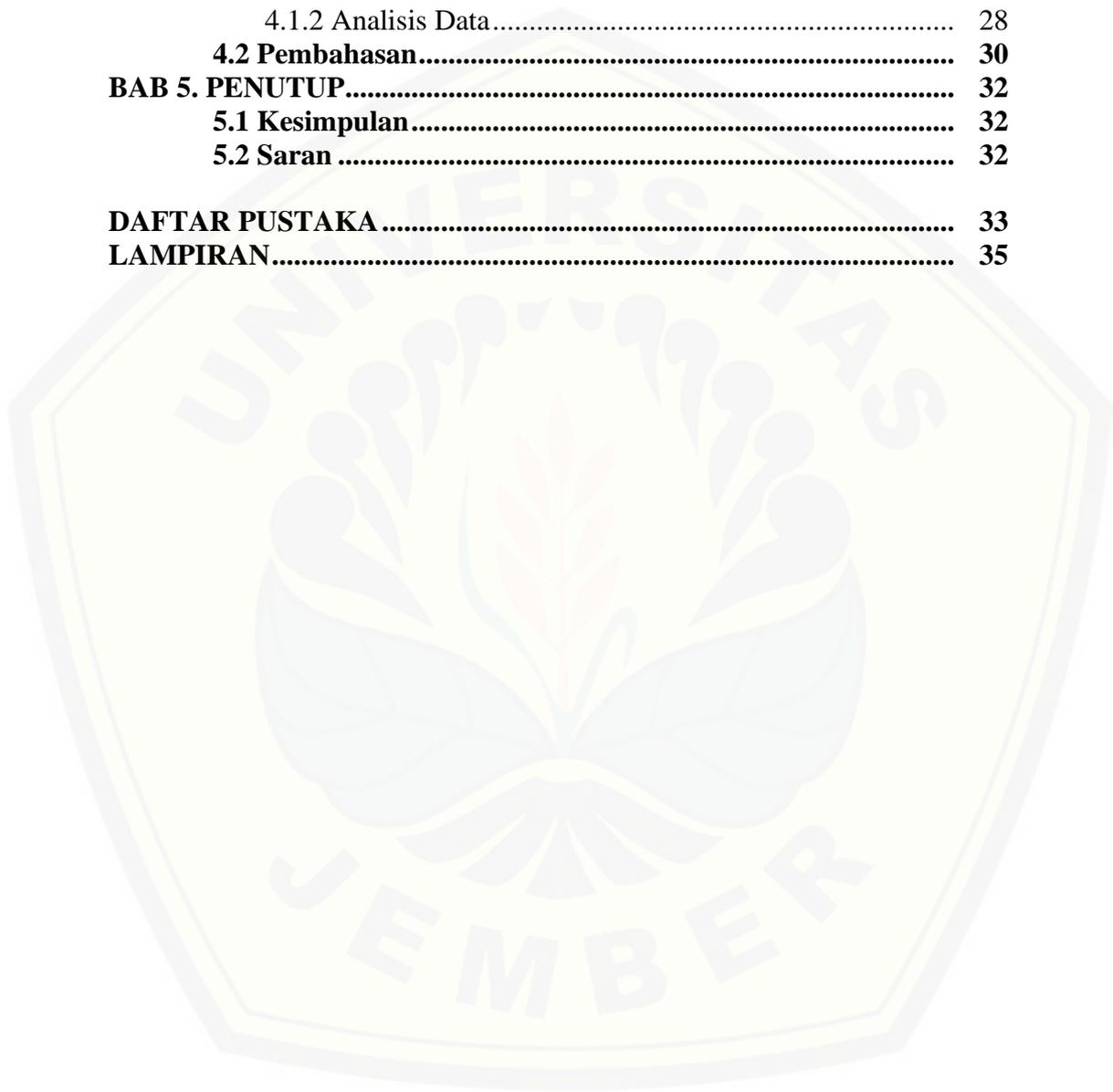
Jember, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>PEMBIMBINGAN.....</b>	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Batasan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian.....</b>	<b>4</b>
<b>BAB 2. KAJIAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Ilmu Fisika.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Logam.....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Logam Perak ( <i>Argentum/Ag</i> ).....	6
2.2.2 Logam Tembaga ( <i>Cuprum/Cu</i> ).....	7
2.2.3 Logam Perak Tembaga ( <i>Argentum Cuprum/AgCu</i> )..	10
<b>2.3 Massa Jenis.....</b>	<b>11</b>
2.3.1 Massa .....	12
2.3.2 Volume.....	14
<b>2.4 Pengukuran .....</b>	<b>14</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Jenis dan Desain Penelitian.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>15</b>
3.2.1 Tempat Penelitian .....	15
3.2.2 Waktu Penelitian.....	15
<b>3.3 Definisi Operasional Variabel.....</b>	<b>15</b>
<b>3.4 Alur Penelitian .....</b>	<b>16</b>
<b>3.5 Alat dan Bahan.....</b>	<b>17</b>
<b>3.6 Langkah-Langkah Penelitian .....</b>	<b>17</b>
3.6.1 Persiapan .....	17
3.6.2 Pengukuran .....	17
3.6.3 Perlakuan Sampel .....	18
<b>3.7 Teknik Pengambilan Data.....</b>	<b>18</b>
<b>3.8 Metode Analisa Data.....</b>	<b>19</b>

3.8.1 Tabel Hasil Pengukuran.....	19
3.8.2 Grafik.....	21
<b>3.9 Teknik Analisa Data .....</b>	<b>21</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Hasil.....</b>	<b>26</b>
4.1.1 Data Penelitian.....	26
4.1.2 Analisis Data.....	28
<b>4.2 Pembahasan.....</b>	<b>30</b>
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>32</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>32</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>35</b>

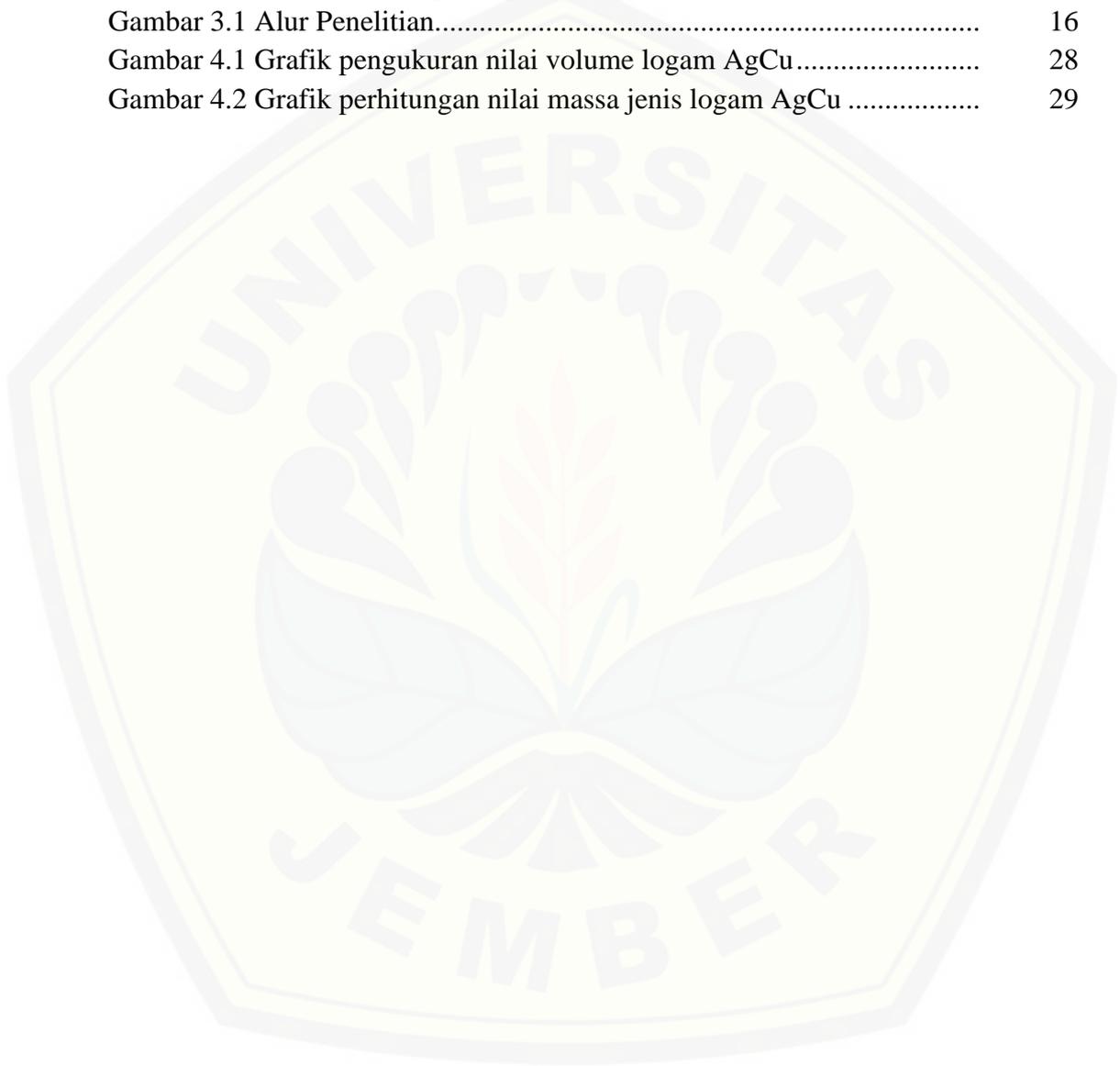


**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Tabel pemanfaatan logam perak (Ag).....	7
Tabel 2.2 Logam tambaga(Cu) yang terkandung pada mineral.....	9
Tabel 3.1 Hasil pengukuran massa, volume dan massa jenis .....	19
Tabel 4.1 Hasil pengamatan nilai massa jenis logam AgCu.....	26
Tabel 4.2 Hasil pengamatan logam campuran dengan kemurnian 100% ....	26
Tabel 4.3 Hasil pengamatan logam campuran dengan kemurnian 90% .....	27
Tabel 4.4 Hasil pengamatan logam campuran dengan kemurnian 80% .....	27
Tabel 4.5 Hasil pengamatan logam campuran dengan kemurnian 70% .....	27
Tabel 4.6 Hasil pengamatan logam campuran dengan kemurnian 60% .....	27
Tabel 4.7 Rekapitulasi hasil pengukuran ralat volume logam AgCu.....	28
Tabel 4.8 Rekapitulasi hasil pengukuran ralat massa jenis logam AgCu ....	29
Tabel 4.9 Rekapitulasi hasil perhitungan jari-jari atom logam AgCu .....	30

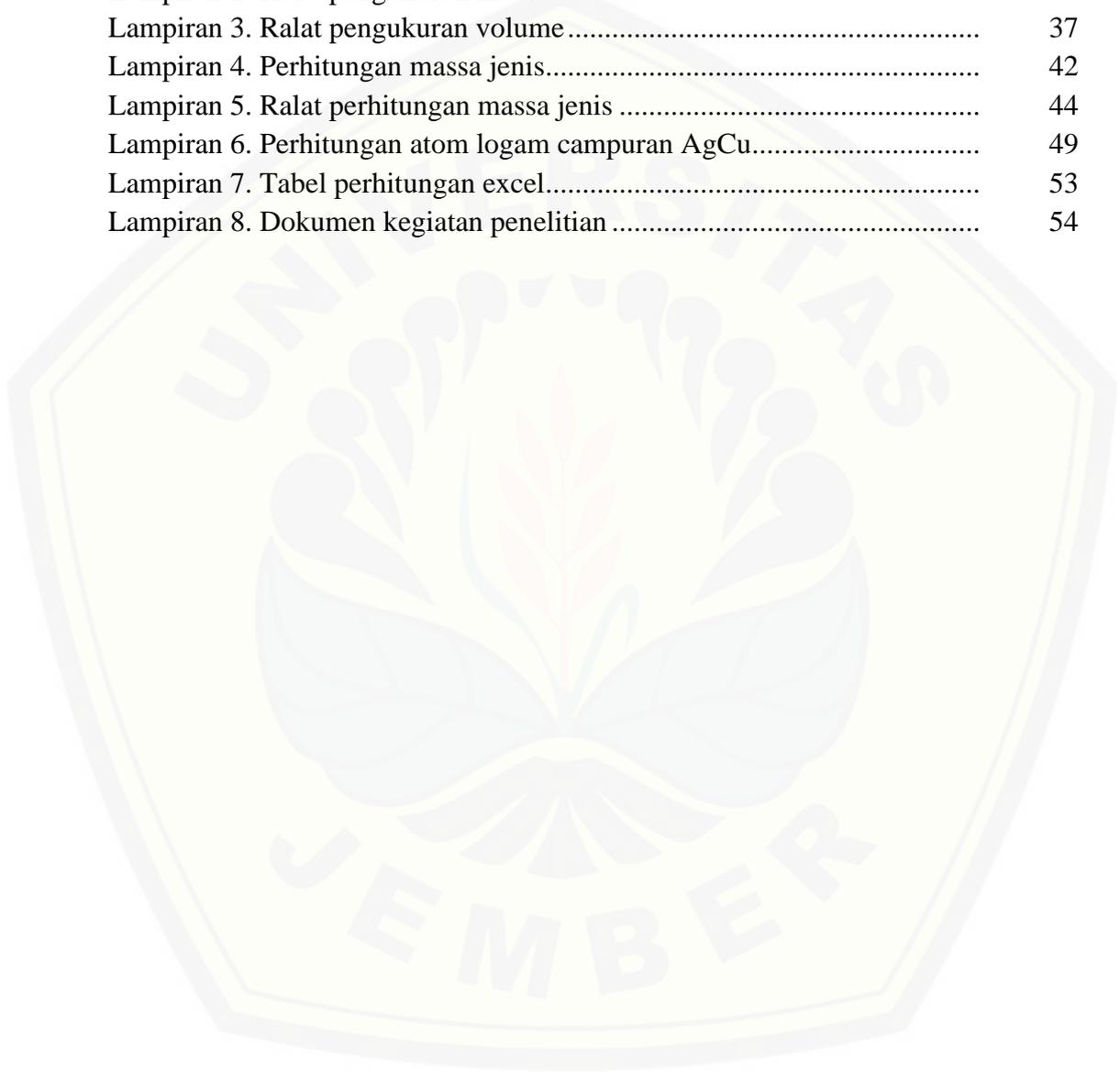
**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Timbangan analog menggunakan dua lengan .....	13
Gambar 2.2 Sebuah timbangan digital, dengan alat lebih modern .....	13
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	16
Gambar 4.1 Grafik pengukuran nilai volume logam AgCu.....	28
Gambar 4.2 Grafik perhitungan nilai massa jenis logam AgCu .....	29



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran 1. Matriks penelitian .....	35
Lampiran 2. Ralat pengukuran massa .....	36
Lampiran 3. Ralat pengukuran volume .....	37
Lampiran 4. Perhitungan massa jenis .....	42
Lampiran 5. Ralat perhitungan massa jenis .....	44
Lampiran 6. Perhitungan atom logam campuran AgCu .....	49
Lampiran 7. Tabel perhitungan excel .....	53
Lampiran 8. Dokumen kegiatan penelitian .....	54



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Fisika merupakan bagian ilmu yang terdapat dalam Ilmu Pengetahuan Alam atau IPA. Tanpa diketahui dan disadari pada setiap saat manusia pasti melakukan aktivitasnya yang berkaitan dengan ilmu fisika. Menurut Giancoli (2001) bahwa, “fisika merupakan ilmu yang paling mendasar dalam mempelajari perilaku dan struktur suatu benda”. Kadarisman (2015) mengatakan bahwa, “Fisika adalah ilmu yang mempelajari gejala alam secara keseluruhan. Fisika mempelajari materi, energi, dan fenomena atau kejadian alam, baik yang bersifat makroskopis (berukuran besar) maupun yang bersifat mikroskopis (berukuran kecil, seperti partikel). Gejala interaksi alam inilah menghasilkan materi-materi yang terbentuk berbagai jenis dengan kandungan yang berbeda-beda. Materi yang terbentuk dapat berupa logam dan non-logam.

Pada umumnya logam berbentuk padatan dan keras, logam banyak dijumpai berwarna mengkilat. Logam yang padat tersebut mudah untuk ditempa atau dipukul hingga patah dan retak yang mengakibatkan material logam itu bisa menjadi bentuk-bentuk yang diinginkan. Apabila logam dipanaskan dengan suhu yang sangat tinggi, logam akan berubah wujud menjadi cair karena leleh atau fusibel. Sifat yang mudah leleh ini mengakibatkan logam juga bisa di tarik menjadi kawat yang halus dan tipis. Tiga perempat unsur di alam ini dikuasai oleh unsur logam dan sisanya yaitu unsur nonlogam. Salah satu logam di alam ini yaitu logam *argentum*(Ag) dan *cuprum*(Cu).

Logam *argentum* (Ag) atau yang biasa dikenal oleh masyarakat dengan sebutan perak merupakan salah satu logam yang dapat dijadikan sebagai perhiasan. Logam perak berwarna putih mengkilat, memiliki daya tarik tersendiri bagi masyarakat dunia. Terkait dengan pembuatan logam *argentum* (Ag) sendiri tidak semua logam *argentum* di alam yang begitu murni, pasti pada logam perak tersebut terdapat campuran unsur lain. Logam *cuprum* (Cu) disebut juga sebagai tembaga, yang memiliki karakteristik logam yang berwarna coklat kekuningan

mengkilat pada umumnya. Logam tembaga merupakan salah satu logam yang dicampurkan dengan perak untuk menghasilkan logam campuran yang lebih keras dan lebih kuat dari perak murninya. Pada penelitian sebelumnya menyatakan bahwa hasil dari industri kerajinan perak ini dapat berupa perhiasan, asesoris, yang juga banyak mengandung logam tembaga (Andaka, 2008). Logam ini sangat membantu sekali untuk tambahan campuran perhiasan perak (Ag) seperti digunakan sebagai penggandengan logam perak (Ag).

Pada era perkembangan industri saat ini, terdapat persaingan pasar dengan berbagai produk. Salah satunya yaitu produk perhiasan. Perhiasan yang ada di pasar memiliki daya nilai tersendiri bagi masyarakat dan tidak akan pernah menurun sampai tahun-tahun yang akan datang. Manfaat perhiasan juga dapat dijadikan sebuah investasi bagi masyarakat. Perhiasan yang diminati pada masyarakat diantaranya seperti *platina*(Pt), *aurum*(Au), *argentum*(Ag), *cuprum* (Cu), dan *nikel*(Ni). Semua logam tersebut berasal dari kekayaan alam. Salah satu logam yang banyak diminati yaitu logam perak. Produk hasil industri yang berupa barang perhiasan dan aksesoris yang selama ini diekspor Indonesia adalah barang-barang perhiasan yang terbuat dari perak (Rufaida, 2006). Di Lumajang, terdapat banyak pengrajin perhiasan dengan bahan dasar *argentum*(Ag) dan *cuprum*(Cu). Berawal dari butiran-butiran logam kecil yang nantinya diolah dan dikemas menjadi sebuah perhiasan yang menarik dan siap produksi. Bukan hanya itu saja, perhiasan yang dikelola oleh masyarakat Lumajang juga sudah bisa bersaing dalam pasar global, bahkan produksi perhiasan Lumajang sudah diekspor hingga mancanegara yaitu Australia. Namun masyarakat sendiri umumnya belum mengetahui bagaimana bisa memilih perhiasan dengan tingkat kemurnian logam yang tinggi.

Ada beberapa cara untuk mengetahui tingkat kemurnian logam campuran perak tembaga (AgCu) diantaranya dengan cara mencari nilai koefisien muai logam, koefisien konduktivitas logam, kalor jenis logam, potensial listrik logam serta massa jenis logam. Dari beberapa cara tersebut, cara yang paling mudah dan efisien untuk dilakukan sebuah penelitian yaitu dengan menentukan nilai massa jenis logam campuran perak tembaga (AgCu). Ketika beberapa logam ditimbang

dan diukur volumenya, maka logam tersebut memiliki nilai massa jenis yang bisa berbeda-beda, hal ini diakibatkan oleh kerapatan molekul pada logam yang berbeda-beda pula. Logam perak(Ag) dan logam tembaga(Cu) juga memiliki nilai massa jenis yang berbeda, apabila dari kedua logam tersebut digabung menjadi satu dengan kemurnian yang berbeda-beda, maka hal ini akan memberikan hasil nilai massa jenis yang berbeda-beda. Lain halnya dengan logam emas yang sudah diketahui tingkat kemurniannya dengan melihat harga karatnya seperti 24 karat, 22 karat, 21 karat, dan sebagainya. Namun, pada logam perak tingkat kemurnian logam perak murni dan logam perak yang telah tercampur dengan tembaga masih belum bisa diketahui oleh masyarakat pada umumnya.

Berdasarkan uraian di atas perlu dilakukan penelitian tentang “***Penentuan Nilai Massa Jenis Logam Argentum Cuprum (AgCu) Pada Berbagai Tingkat Kemurnian Ag***”, agar nantinya dapat menjadikan referensi dengan memberikan gambaran kepada masyarakat bisa memilih dan menentukan perhiasan dengan kandungan kemurnian logam dari logam Perak (Ag) dan Tembaga (Cu).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat diambil perumusan masalah yaitu bagaimana pengaruh nilai massa jenis logam *argentum cuprum* (AgCu) pada berbagai tingkat kemurnian Ag?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan masalah dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui adanya pengaruh nilai massa jenis logam *argentum cuprum* (AgCu) pada berbagai tingkat kemurnian Ag.

## **1.4 Batasan Masalah**

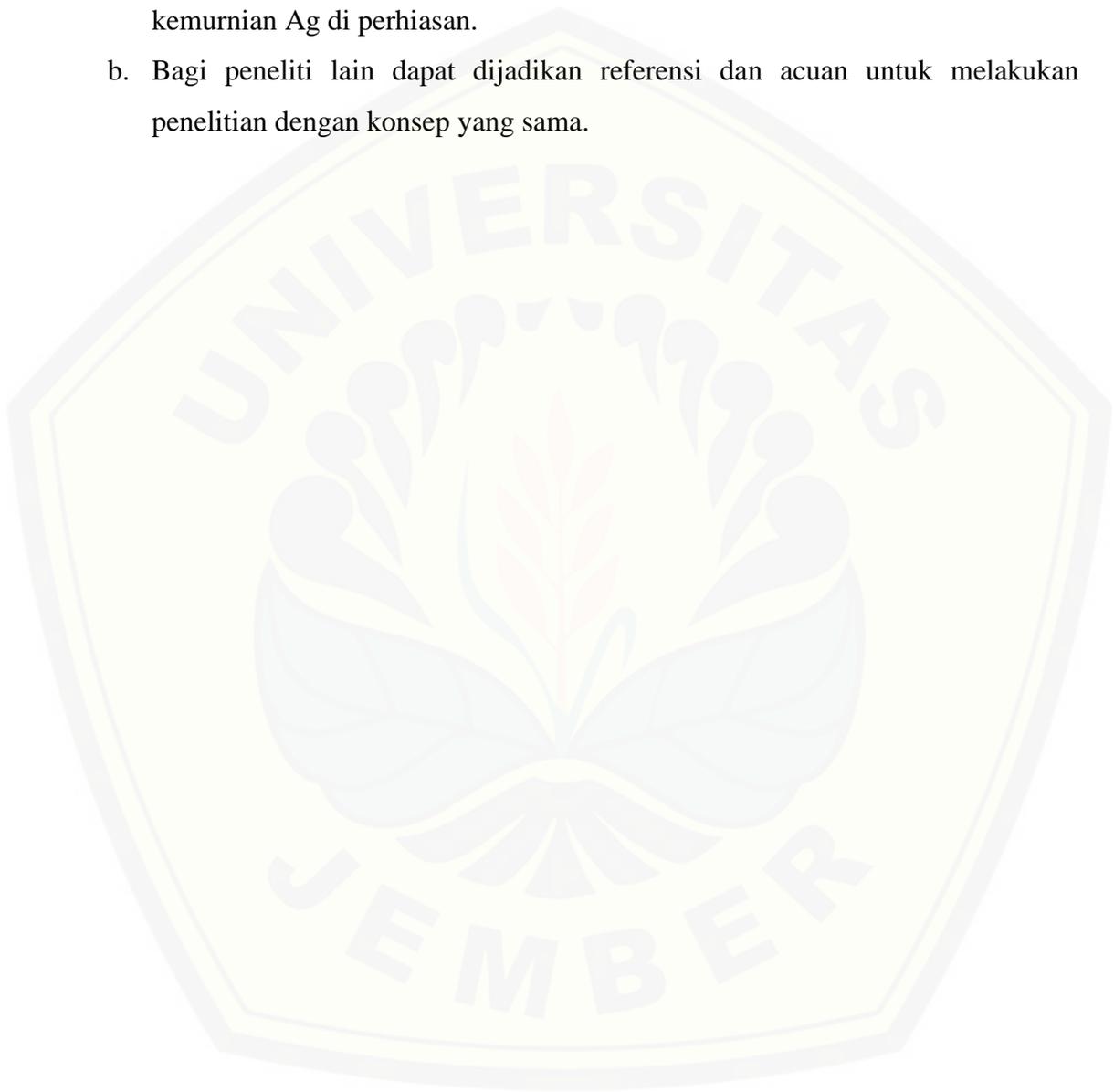
Batasan-batasan dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

- a. Penentuan nilai massa jenis dari logam *Argentum Cuprum*.
- b. Logam *Argentum* dan *Cuprum* yang berasal dari pengrajin di Lumajang.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

- a. Bagi masyarakat, memberikan informasi mengenai cara menentukan nilai massa jenis logam perak tembaga (AgCu) pada berbagai tingkat berbagai kemurnian Ag di perhiasan.
- b. Bagi peneliti lain dapat dijadikan referensi dan acuan untuk melakukan penelitian dengan konsep yang sama.



## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Ilmu Fisika**

Ilmu fisika merupakan suatu ilmu yang sangat empiris. Segala hal yang ada di alam semesta ini pasti terdapat gejala-gejala alam melalui pengamatan dan pengukuran terhadap gejala fisis dalam ilmu fisika. Ilmu yang mempelajari tentang gejala-gejala alam yang tidak hidup atau berupa materi dalam lingkup ruang dan waktu. Fisika yang kerap dikatakan sebagai ilmu yang paling mendasar daripada ilmu yang lainnya dan mempelajari setiap jenis sistem material tertentu. Namun, dengan meninjau dan mematuhi kaidah-kaidah dan hukum-hukum fisika.

Ilmu material itu sendiri merupakan ilmu yang mempelajari hubungan atau kaitan antara struktur bahan pada skala atom dan molekul pada tiap sifat mikroskopik mereka. Ilmu material juga berkaitan dengan sifat dan karakteristik bahan-bahan. Material dapat dibedakan menjadi kelompok logam dan non-logam (Sears, 1987). Di alam ini, terdapat banyak logam dengan berbagai bentuk kimia dan dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya dikarenakan adanya proses baik perubahan secara fisika maupun kimia dilihat dari lingkungan dimana logam tersebut berasal dan juga adanya aktivitas organisme dan manusia. Pada umumnya, logam dapat bermanfaat bagi kehidupan manusia karena dapat dikelola dan diproduksi menjadi bidang industri, pertanian dan sebagainya.

### **2.2 Logam**

Logam memiliki sifat-sifat diantaranya tingkat energi ionisasi yang rendah, afinitas elektron yang juga rendah, dan radius atom relatif sangat besar. Terkadang logam mempunyai sifat konduktor untuk aliran arus listrik yang baik. Unsur logam-logam pada tabel periodik berada pada posisi sebelah kiri yang bisa cenderung sebagai zat pereduksi terhadap unsur-unsur dan senyawa-senyawa lain. Logam pokok yang lain bisa sangat reaktif sebagai bentuk persenyawaan. Dalam tabel periodik deretan unsur pokok, semakin ke kanan sifat dari logam akan

semakin berkurang dan menjadi semakin bersifat nonlogam (Sastrohamidjojo, 2018).

Sebagian besar logam memiliki densitas yang lebih rendah daripada nonlogam. Logam pada golongan 1 dan golongan 2 sebagai logam yang ringan dikarenakan logam pada golongan tersebut memiliki densitas rendah dan titik lebur yang juga rendah. Rapatnya kisi kristal sebageian besar dari logam membuat tingginya densitas pada logam tersebut. Kekuatan dari ikatan logam yang berbeda-beda membuat logam transisi yang berbeda pula. Unsur-unsur dari logam tersebut memiliki sejumlah elektron dalam ikatan logam (Mortimer,1975).

### 2.2.1 Logam Perak (*Argentum*/Ag)

Perak dengan nama ilmiah *Argentum* (Ag) murni atau alami mempunyai sifat diantaranya kristal-kristal berkelompok tersusun secara sejajar, arboresen, menjaring atau menjarum terkadang berupa sisik dan logam mengkilap putih. Titik didih sebesar 2.162 °C, dan memiliki titik lebur sebesar 962 °C Logam perak juga dapat berupa mineral sebagai cerargirit (AgCl), proustit (Ag<sub>3</sub>AsS<sub>3</sub>), argentit (Ag<sub>2</sub>S), polybasit(Ag<sub>2</sub>SSb<sub>2</sub>S), miagirit (AgSSbS<sub>2</sub>), Pearceit dan Stephanit (Ag<sub>5</sub>SbS<sub>4</sub>). Logam perak 75% didapatkan dari hasil tambang sebagai hasil samping dari pengolahan biji emas, nikel, tembaga, seng dan timbal. Selain logam perak, logam lain yang terkandung di dalam mineral seperti platina, arsen, tembaga, air raksa, besi (Sukandarrumidi, 2018).

Pada struktur atom perak (Ag) merupakan unsur logam dengan nomor atom 47, dengan massa atom sebesar 107,8 sma dan jari-jari atomnya sebesar 1,60Å. Logam perak juga dapat menghasilkan konduktivitas termal yang cukup tinggi sebesar 429 W/(m.K), dan resisvitas listrik sebesar 15,87 nΩ.m diantara semua logam-logam yang ada (Hammond, 2004 & Oxtoby, 2003). Walaupun memiliki konduktivitas termal dengan nilai yang tertinggi, perak tidak digunakan untuk keperluan listrik dikarenakan biaya logam perak itu sendiri yang cukup mahal, hanya dimanfaatkan untuk pembuatan perhiasan dan assesories saja.

Logam perak (Ag) di dunia ini dihasilkan dari proses endapan hidrotermal tipe fissure filling. Logam Perak (Ag) di lingkungan alamiah mempunyai

konsentrasi yang sangat kecil atau sering disebut dengan konsentrasi trace. Hal ini dikarenakan adanya aktivitas manusia itu sendiri. Produksi perak (Ag) di dunia ini semakin meningkat mulai dari 7,4 juta kg di awal tahun 1964 kemudian pada tahun 1972 menjadi 9,1 juta kg. Pada tahun 1982 perak diproduksi sebanyak 9,7 juta kg, dan pada tahun 1999 melimpah menjadi 15,5 juta kg perak (Ag) (Santosa, 2014).

Sebagian besar logam perak digunakan sebagai perhiasan, pelapis logam (coating) dan mata uang. Logam perak juga bisa di pakai untuk membuat campuran logam (alloy), fotografi, solder perak, alat-alat listrik (sebagai kumparan pengukur, pengaman lebur, pengaman pada titik kontak), alat-alat kesehatan, peluru kendali. Manfaat perak juga bisa digunakan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Pemanfaatan logam perak

Nama	Komposisi % berat
Silver (rupee)	92%
Silver (US coin)	90%
Silver solder	63%
Sterling silver	92,5%
Bearing alloy	2,5%

(Sukandarrumidi, 2018).

Terdapat sifat-sifat perak, antara lain:

- Massa jenis  $10,49 \text{ gr/cm}^3$  dengan titik cair  $960^\circ \text{ C}$ .
- Lunak, ulet sehingga mudah di bentuk, warna yang mengkilat, dapat ditarik dan dapat dicetak.
- Sukar teroksidasi.
- Daya hantar listrik yang baik dan cukup besar dengan daya tahan jenisnya sebesar  $0,016 \text{ ohm mm}^2/\text{m}$  (Sukandarrumidi, 2018 & Heinemann, 1997).

### 2.2.2 Logam Tembaga (*Cuprum*/Cu)

Logam Tembaga merupakan salah satu logam yang biasanya dicampurkan dengan logam perak (Ag). Hal ini agar menghasilkan produk logam campuran yang lebih keras dan lebih kuat. Istilah nama lain tembaga yaitu *cuprum* (Cu), logam yang berbentuk kristal dengan karakter memiliki warna kemerahan

sehingga di alam sendiri banyak kita jumpai dengan bentuk logam bebas, dan banyak di temukan dalam persenyawaan padat. Titik lebur logam tembaga ialah  $1.085\text{ }^{\circ}\text{C}$ , titik didih  $2.562\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan massa jenis sebesar  $8,94\text{ gr/cm}^3$  (Palar, 1994). Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia tembaga (Cu) bertempat pada posisi dengan nomor atom 29. Tembaga juga memiliki kandungan bobot 63,6 sma. Pada struktur atom tembaga (Cu) merupakan unsur logam berbentuk padat. Dengan jari-jari atomnya sebesar  $1,42\text{ \AA}$ . Logam tembaga juga dapat menghasilkan konduktivitas termal sebesar  $401\text{ W/(m.K)}$ , dan resistivitas listrik sebesar  $16,78\text{ n}\Omega\cdot\text{m}$ . Unsur tembaga mempunyai sifat korosi yang cepat (Hammond, 2004 & Oxtoby, 2003).

Tembaga adalah logam yang berwarna merah muda yang memiliki karakter lunak, bisa di tempa, liat dan dapat melebur pada suhu  $1.038^{\circ}\text{C}$ . Logam tembaga juga memiliki bilangan valensi yang dibawahnya. Nama lain diantaranya cupri yang bervalensi +2 dan cupro yang bervalensi +1. Garam-Garam tembaga (II) umumnya berwarna kebiruan, baik dalam bentuk hidrat, padat, maupun larutan (Vogel,1985). Secara mineralogi, logam tembaga dibagi menjadi 4 bagian kelompok, diantaranya:

1. Logam tembaga murni.
2. Logam oksida tembaga.
3. Logam sulfida tembaga.
4. Logam tembaga kompleks (Sukandarrumidi, 2018).

Bentuk persenyawaan dari logam tembaga seperti  $\text{CuO}$ ,  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{Cu(OH)}_2$ , dan  $\text{Cu(CN)}_2$  tidak bisa terlarut didalam air baik itu air dingin maupun air panas, namun logam tersebut dapat dilarutkan dalam asam. Logam tembaga sendiri dapat dilarutkan dalam senyawa asam sulfat panas, dan pada larutan basa  $\text{NH}_4\text{OH}$ (Palar,1994). Tembaga banyak digunakan untuk produksi kerajinan sebagai *alloy* yang di campurkan dengan logam perak (Ag), kadmium (Cd), timah putih dan seng (Zn)(Dharmono, 1995).

Didalam perut bumi kandungan logam dapat berupa mineral, kandungan tembaga pada mineral terdapat sekitar 165 buah. Mineral-mineral biji tembaga yang utama antara lain: kalsit, kuarsa, siderit, dolomit, barit, zeolit, dan

rhodochrosit. Logam tembaga berbentuk sulfida berasosiasi dengan monzorit kuarsa yang merupakan batuan sejenis logam tersebut (Sukandarrumidi,2018). Berikut terdapat beberapa logam tembaga yang terkandung pada mineral, diantaranya sebagai berikut:

Tabel 2.2 Logam tembaga (Cu) yang terkandung pada mineral

	Nama Mineral	Senyawa Kimia	%Cu
1.	Kelompok Unsur		
	Tembaga Murni	Cu	100
2.	Kelompok sulfida		
	<i>Bornit</i>	$Cu_5FeS_4$	63,3
	<i>Kalkopirit</i>	$CuFeS_2$	34,5
	<i>Kovelit</i>	$CuS$	66,4
	<i>Kalkosit</i>	$Cu_2S$	79,8
	<i>Tennanit</i>	$CU_8As_2S_7$	57,0
	<i>Tetraedit</i>	$Cu_8Sb_2S_7$	52,1
3.	Kelompok Oksida		
	<i>Tenorit</i>	$CuO$	79,6
	<i>Kuprit</i>	$Cu_2O$	88,8
4.	Kelompok Senyawa Kompleks		
	<i>Azurit</i>	$2CuCO_3Cu(OH)_2$	55,1
	<i>Malakhit</i>	$CuCO_3Cu(OH)_2$	57,1
	<i>Atacamit</i>	$CuCl_2.3Cu(OH)_2$	59,4
	<i>Brochanit</i>	$Cu_4SO_4(OH)_6$	56,2
	<i>Antlerit</i>	$Cu_3SO_4(OH)_4$	54,2
	<i>Chrysocella</i>	$CuSiO_3.2H_2O$	36,0

(Sukandarrumidi, 2018).

Produksi cadangan logam tembaga terbesar yang ada di dunia adalah di Bingham, Utah, Amerika Serikat. Logam tembaga dari negara tersebut berasal dari proses endapan penggantian. Penelitian logam tembaga dilakukan dengan cara pemetaan tunneling, geologi, pemboran dan adapula dilakukan dengan cara penelitian geokimia. Proses penambangan dilakukan dengan cara terbuka, ketika

sebuah endapan biji tembaga ditemukan dengan kedalaman rendah. Penambangan juga bisa melalui cara underground dengan membuat terowongan bawah tanah. Tembaga yang ditemukan di perut bumi terdalam akan di angkut menggunakan alat-alat berat. Maka dari itu, pertambangan logam mampu dilaksanakan oleh perusahaan multi internasional(Sukandarrumidi, 2018).

Logam tembaga murni dapat diolah dengan melalui 3 tahapan, yaitu:

- a. Proses pengolahan biji tembaga dengan temperatur tinggi dari hasil proses pembakaran bahan bakar. Proses ini disebut dengan Pyrometallurgy.
- b. Proses pengolahan biji tembaga dengan melarutkan biji tembaga kemudian dipisahkan lagi dari larutan, maka akan didapatkan unsur tembaga yang murni dan bebas dari unsur lain. Proses ini disebut dengan Hidrometallurgy.
- c. Proses pengolahan biji tembaga dengan tenaga listrik seperti pada proses elektrolisa dan elektrothermis. Proses ini disebut sebagai electrometallurgy(Sukandarrumidi, 2018).

### 2.2.3 Logam Campuran Perak Tembaga (*Argentum Cuprum/AgCu*)

Perak murni dengan nilai kadar kemurnian yang tinggi sebesar 99,95% pasti mempunyai sifat yang lunak, sehingga untuk meningkatkan kekerasan produk logam perak perlu dicampur dengan logam lain yaitu tembaga (*Cuprum*). Logam campuran perak tembaga (AgCu) biasa disebut dengan *Sterling*, umumnya digunakan dalam pembuatan perhiasan dan pertukangan perak. Perak Sterling merupakan campuran perak dan tembaga yang biasa digunakan dalam pembuatan perhiasan. Apabila logam perak dan tembaga tercampur akan mempunyai nilai titik lebur sekitar 900 °C. Ada beberapa teknik dalam membuat logam campuran perak tembaga secara manual diantaranya teknik tata ukir, teknik gergajian, dan teknik polesan(Salim, 2003).

Dari struktur atomnya, logam perak (Ag) yang memiliki jari-jari atom sebesar  $160 \times 10^{-12}$  meter dengan massa atom 107,8 sma, dan logam tembaga (Cu) memiliki jari-jari atom sebesar  $142 \times 10^{-12}$  meter dengan massa atom sebesar 63,6 sma (Oxtoby, 2003). Jika kedua logam perak (Ag) dan tembaga (Cu) tercampur, logam campuran tersebut akan menempati ruang dan memiliki nilai volume logam

yang berbeda-beda. Hal tersebut yang dapat menjadikan logam campuran perak tembaga (AgCu) memiliki nilai massa jenis yang berbeda jika kemurnian massa pencampuran dari logam perak tembaga bervariasi.

### 2.3 Massa Jenis

Menurut Murdaka (2013) “massa jenis merupakan massa benda per satuan volume benda tersebut”. seperti halnya besaran turunan lain termasuk juga massa jenis. Sebuah benda apabila memiliki massa dengan harga  $m$  dan volume dengan harga  $V$ , maka benda tersebut akan memiliki massa jenis yang dirumuskan dengan:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

satuan dari massa jenis adalah  $\text{kg} / \text{m}^3$  (SI, MKS). Nama lain dari massa jenis sendiri biasanya di kenal sebagai densitas (density) atau bisa di sebut juga dengan sebutan rapat massa. Massa jenis berbeda dengan berat jenis dimana satuan dari berat jenis yaitu berat benda per satuan volume, dalam satuan internasional atau SI, MKS berat jenis memiliki satuan  $\text{newton}/\text{m}^3$ . Massa jenis dalam bentuk dua dimensi atau berbentuk plat, bisa juga dapat di katakan dengan satuan massa per luas. Maka satuannya akan menjadi  $\text{kg}/\text{m}^2$ . Jika plat tersebut memiliki harga massa sebesar  $m$  dan memiliki luas senilai  $A$ , maka massa jenisnya dapat dikanyatakan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{A} \quad (2.2)$$

Benda juga dapat berbentuk dimensi satu, bergeometri memanjang, misalkan saja sebuah senar atau benang, massa jenisnya juga bisa dinyatakan dengan satuan massa per satuan panjang dalam satuan SI, MKS yaitu  $\text{kg}/\text{m}$ . Jika ada sebuah senar atau benang yang memiliki massa dengan harga  $m$  dan memiliki panjang dengan harga  $L$ , maka massa jenisnya dapat dinyatakan :

$$\rho = \frac{m}{l} \quad (2.3)$$

Besaran dari massa jenis adalah salah satu dari sebuah identitas bahan. Identitas bahan itu sendiri dinyatakan dengan densitas relatif atau massa jenis relatif. Densitas relatif merupakan massa jenis benda per satuan massa jenis air sehingga

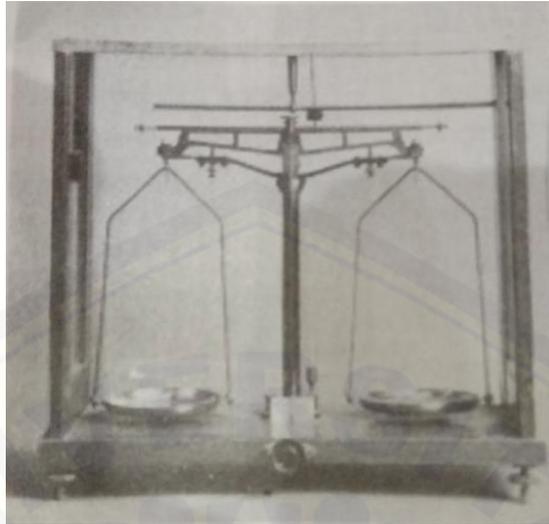
massa jenis relatif tersebut bersifat tidak bersatuan (Murdaka & Tri Kuntoro, 2013).

### 2.3.1 Massa

Massa merupakan besaran yang memberikan sebuah pengaruh pada kelakuan benda. Dalam satuan internasional SI satuan massa dinyatakan sebagai satuan Kilogram atau Kg. Ada dua hal yang mendasari kelakuan akibat adanya massa diantaranya sebagai berikut:

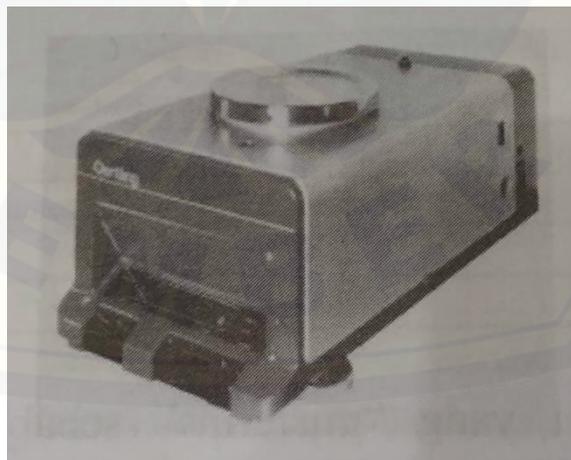
- a. Semua benda memiliki sifat menahan bila adanya sebuah perpindahan. Sehingga, semakin besar massa, benda tersebut akan memiliki sifat menahan terhadap perubahan perpindahan. Sifat menahan tersebut disebut dengan sifat malas atau inersia.
- b. Sifat seluruh benda yang dapat menarik bumi dapat mempengaruhi adanya massa. Semakin besar suatu massa pada benda tersebut, maka semakin pula besar gaya tarik bumi terhadap massa benda tersebut dan semakin besar juga gaya tarik benda tersebut terhadap bumi (Murdaka & Tri Kuntoro, 2013).

Pengukuran massa dapat diukur menggunakan alat yang disebut dengan timbangan atau neraca. Misalkan saja timbangan dua lengan. Cara penggunaannya apabila lengan kiri timbangan di letakkan massa dengan standar yang sudah diketahui nilainya, bagian lengan kanan akan di letakkan massa yang akan diukur. Jika kedua posisi lengan pada timbangan tersebut sudah seimbang maka massa benda sebelah kiri dan massa benda sebelah kanan hasilnya sama. Hal tersebut terjadi karena massa benda sebelah kiri dan massa benda sebelah kanan memiliki gaya tarik bumi terhadap massa yang sudah senilai.



Gambar 2.1 Timbangan analog menggunakan dua lengan (Sumber: Pople, 1993).

Pengukuran paling teliti untuk mengukur massa benda dengan menggunakan timbangan atau neraca digital dengan teknologi sekarang yang semakin canggih alat timbangan digital akan menarik sebuah gaya bumi terhadap massa yang nantinya diubah ke nilai tegangan listrik yang selanjutnya di kalibrasi dan langsung muncullah skala massa yang tertera.



Gambar 2.2 Sebuah timbangan digital, dengan alat lebih moderen (Sumber: Pople,1993).

### 2.3.2 Volume

Volume merupakan ukuran ruangan yang di tempati oleh benda. Dalam satuan internasional SI satu volume dinyatakan sebagai satuan meter kubik atau  $m^3$ . Misalkan saja daya tampung minyak pada sebuah truk ukuran besar adalah  $5.000 m^3$ . Ukuran volume yang di sebut  $1 m^3$  adalah ukuran yang ditempati oleh kubus yang sisi-sisinya 1 meter dan ukuran itu kira-kira senilai dengan ukuran volume sebuah almari. Volume pada zat cair juga bisa dinyatakan sebagai liter (l), besarnya 1 liter sama dengan  $1.000 cm^3$ . Harga 1 liter diperkirakan senilai dengan volume 1 botol plastik berukuran besar. 1 liter zat cair bisa di tampung menggunakan tabung atau silinder (Murdaka & Tri Kuntoro, 2013).

Ketika zat cair dimasukkan ke dalam sebuah tabung, maka permukaan cairan tersebut menunjukkan pada skala angka tertentu. Biasanya permukaan zat cair seperti air akan membuat permukaan air menjadi cekung keatas, maka untuk membaca ukuran volume tersebut dapat dilihat tepat di depan tabung silinder dan mengukur bagian permukaan yang cekung pada bagian bawah.

### 2.4 Pengukuran

Pengukuran merupakan kegiatan membandingkan suatu besaran dengan satuan yang dijadikan sebagai patokan. Pengukuran dapat diartikan sebagai proses memasang fakta-fakta suatu objek atau benda dengan satuan-satuan ukuran tertentu (Djali & P. Muljono, 2007). Suatu pengamatan pada penelitian terhadap besaran fisis harus melalui pengukuran. Pengukuran yang teliti diperlukan dalam fisika. Pengukuran yang sangat teliti akan menghasilkan kesalahan relatif yang sangat kecil. Ketika mengukur suatu benda mengukur suatu benda walaupun sudah menggunakan instrumen, tidak mungkin akan mendapatkan nilai benar dan tepat, melainkan akan terdapat suatu ketidakpastian. Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur, dan setiap alat ukur akan memiliki nilai skala terkecil (nst). Setiap alat ukur tersebut memiliki skala. Pada skala terdapat garis nilai dan garis terkecil sebagai pembagi yang di beri nilai-nilai tertentu. Nilai skala sesuai dengan garis-garis terkecil itu disebut nst alat ukur.

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Dalam hal ini, jenis penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen murni. Penelitian ini akan menganalisis nilai massa jenis logam campuran perak tembaga (AgCu) dengan berbagai konsentrasi kandungan logam campuran tersebut.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Lumajang tepatnya di desa Gesang, kecamatan Tempeh, kabupaten Lumajang. Daerah tersebut sangat banyak pengrajin perak (Ag) yang mengelolah menjadi sebuah perhiasan. Penelitian ini juga nantinya dapat diuji cobakan di Laboratium Pendidikan Fisika Fakultas dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Tahap uji coba dilaksanakan di ruangan laboratorium Fisika Dasar Gedung C Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember.

#### 3.2.2 Waktu Penelitian

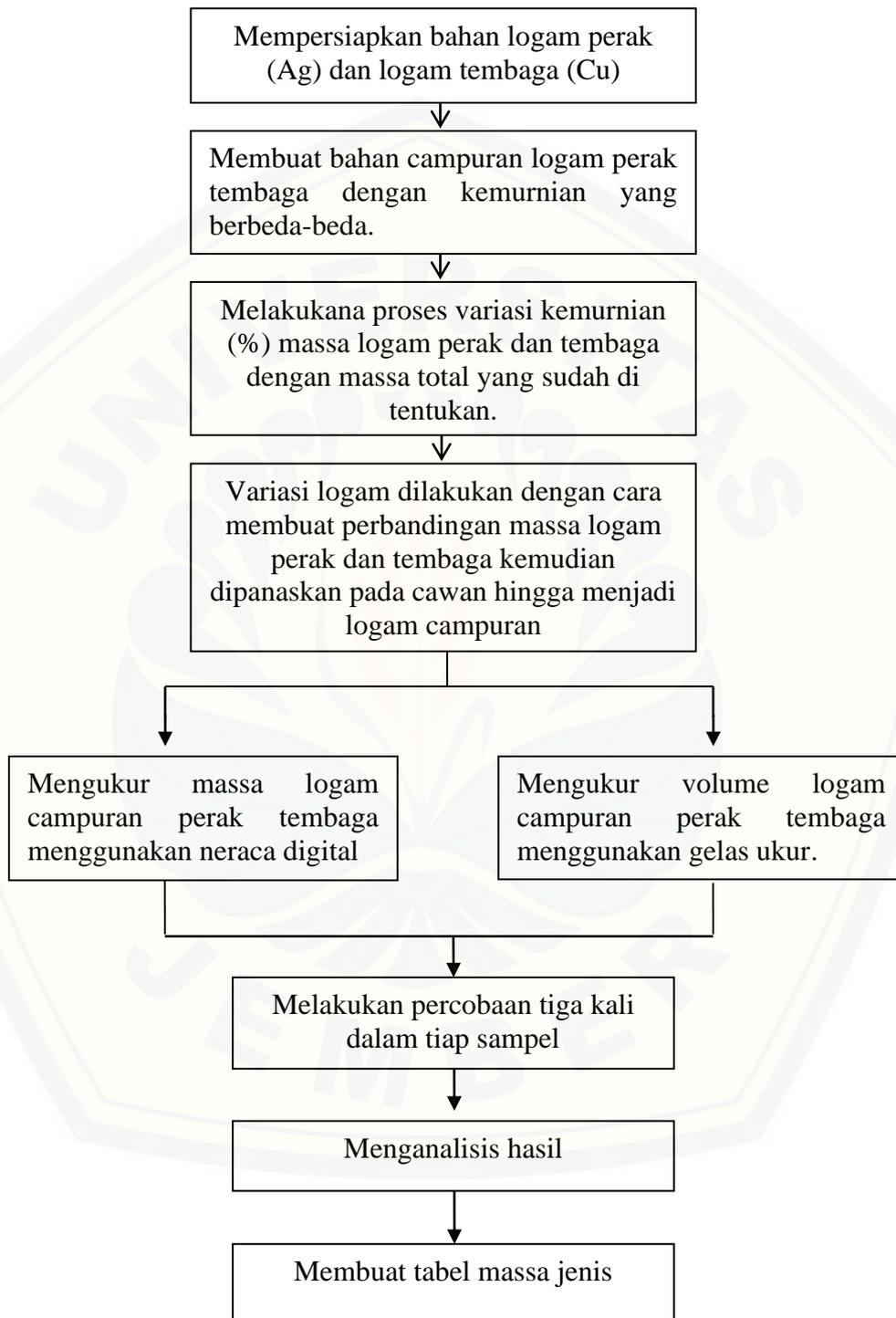
Penelitian akan dilaksanakan pada Semester Gasal Tahun Ajaran 2019/2020.

### 3.3 Definisi Operasional Variabel

- Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu tingkat kemurnian (%) massa logam *Argentum*(Ag) dan *Cuprum*(Cu).
- Variabel kontrol pada penelitian ini adalah massa total campuran logam perak tembaga (AgCu) dibuat bermassa 20 gram.
- Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai massa jenis dari logam campuran perak tembaga (AgCu).

### 3.4 Alur Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan mempunyai alur sebagai berikut :



Gambar 3.1 Alur Penelitian

### 3.5 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian saya di antaranya :

- a. Gelas ukur dengan volume maksimal 50 ml, berfungsi sebagai alat untuk mengukur volume benda yang akan di teliti.
- b. Neraca digital, berfungsi untuk mengukur massa benda yang akan di teliti baik perak (Ag) maupun tembaga (Cu) dengan satuannya yaitu gram.
- c. Lap kain, alat yang digunakan untuk membersihkan logam saat melakukan eksperimen.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Perak (Ag).
- b. Tembaga (Cu).

### 3.6 Langkah-langkah Penelitian

#### 3.6.1 Persiapan

Pada tahapan ini, dilakukan persiapan dengan melakukan pembuatan sampel berbagai kemurnian (%), kemudian mengolahnya menjadi logam campuran perak tembaga (AgCu).

#### 3.6.2 Pengukuran

Padatahapan ini, proses pengukuran dilakukan beberapa tahap, diantaranya:

- a. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Alat yang digunakan diantaranya neraca digital, gelas ukur, dan lap. Bahan yang digunakan berupa logam campuran perak tembaga (AgCu) dan air.
- b. Pengukuran yang akan dieksperimenkan yaitu mencari harga massa jenis dari berbagai logam campuran tersebut dengan menimbang massa dan mengukur volume awal sampai volume akhir pada gelas ukur yang sudah diberi air separuh gelas.
- c. Menghitung massa jenis logam campuran perak tembaga (AgCu).

- d. Membuat table dan grafik dari hasil pengukuran massa dan volume logam campuran tersebut.
- e. Menganalisis hasil penelitian.

### 3.6.3 Perlakuan Sampel

Perlakuan pada sampel penelitian ini dengan memberikan perlakuan sebagai berikut :

- a. Sampel pertama, logam perak (Ag) memiliki tingkat kemurnian sebesar 100%.
- b. Sampel kedua, logam perak (Ag) memiliki tingkat kemurnian sebesar 90% dan logam tembaga (Cu) dengan tingkat kemurnian 10%.
- c. Sampel ketiga, logam perak (Ag) memiliki tingkat kemurnian sebesar 80% dan logam tembaga (Cu) dengan tingkat kemurnian 20%.
- d. Sampel keempat, logam perak (Ag) memiliki tingkat kemurnian sebesar 70% dan logam tembaga (Cu) dengan tingkat kemurnian 30%.
- e. Sampel kelima, logam perak (Ag) memiliki tingkat kemurnian sebesar 60% dan logam tembaga (Cu) dengan tingkat kemurnian 40%.

### 3.7 Teknik Pengambilan Data

Metode penelitian data yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian secara langsung di tempat. Penelitian dengan cara membuat logam perak murni dan logam campuran perak tembaga dengan kemurnian yang berbeda-beda. Kemurnian logam campuran yang pertama dengan 100% logam perak, 0% logam tembaga. Kemurnian logam campuran kedua dengan 90% logam perak dan 10% logam tembaga dan seterusnya hingga campuran logam kelima. Setiap bahan campuran tersebut nantinya akan diukur massa dan volumenya kemudian di hitung massa jenis dari campuran logam tersebut. Hasil dari data tersebut nantinya akan di olah dalam bentuk tabel. Tabel tersebut yang dapat menjadikan sebuah patokan masyarakat untuk mengetahui kandungan logam campuran perak tembaga (AgCu) yang ada pada perhiasan atau yang lainnya.

Nilai massa jenis dari logam tersebut dapat kita cari dari:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

(Bueche, 2006)

$$\rho_c = \frac{m_1+m_2}{V_1+V_2} \quad (3.2)$$

Keterangan:

$\rho_c$  = mass jenis logam campuran.

$m_1$  = massa logam perak (Ag).

$m_2$  = massa logam tembaga (Cu).

$V_1$  = volume logam perak (Ag).

$V_2$  = volume logam tembaga (Cu).

### 3.8 Metode Analisa Data

#### 3.8.1 Tabel Hasil Pengukuran

Pengukuran nilai massa jenis logam campuran perak tembaga (AgCu)

Sampel 1

Kemurnian	Massa (gram)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa jenis logam campuran (gr/cm <sup>3</sup> )
100%			
Rata-rata			

Sampel 2

Kemurnian	Massa (gram)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa jenis logam campuran (gr/cm <sup>3</sup> )
90%			
Rata-rata			

## Sampel 3

Kemurnian	Massa (gram)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa jenis logam campuran (gr/cm <sup>3</sup> )
80%			
Rata-rata			

## Sampel 4

Kemurnian	Massa (gram)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa jenis logam campuran (gr/cm <sup>3</sup> )
70%			
Rata-rata			

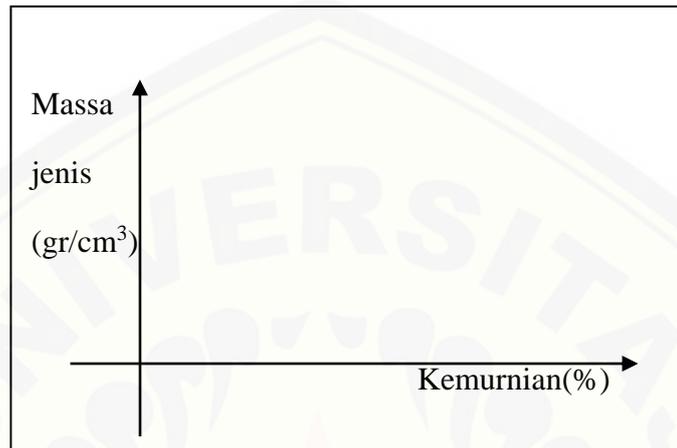
## Sampel 5

Kemurnian	Massa (gram)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa jenis logam campuran (gr/cm <sup>3</sup> )
60%			
Rata-rata			

### 3.8.2 Grafik

Grafik hubungan prosentase logam campuran dengan nilai massa jenis

- a. Hubungan kemurnian dengan nilai massa jenis logam campuran perak tembaga (AgCu).



### 3.9 Teknik Analisa Data

Teknik analisa yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisa deskriptif. Analisis deksriptif bertujuan untuk mendeskripsikan atau menggambarkan suatu objek yang diteliti melalui data atau sampel yang ada, melakukan analisis dan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Analisis deskriptif merupakan salah satu teknik penyajian data dengan melakukan kegiatan deskripsi terhadap suatu objek yang sedang diteliti sesuai dengan fakta yang ada. Analisis deksriptif berisi penyajian data berupa tabel, grafik, dan diagram. Data yang akan dideskripsikan dalam penelitian ini adalah nilai massa jenis dari logam capuran perak tembaga (AgCu), dengan tingkat ketelitian yang mendekati akurat, keakuratan dapat diperoleh dengan melakukan percobaan sebanyak tiga kali dalam setiap sampel akan menghasilkan kesalahan relatif yang cukup kecil.

Analisa data dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

Perhitungan massa rata-rata

No	$m$	$m - \bar{m}$	$(m - \bar{m})^2$
1.			
2.			
3.			
$\Sigma$			

$$\bar{m} = \frac{\Sigma m}{n}$$

$$\bar{m} = \frac{\dots}{\dots}$$

$$\bar{m} = \dots\dots$$

Perhitungan volume rata-rata

No	$v$	$v - \bar{v}$	$(v - \bar{v})^2$
1.			
2.			
3.			
$\Sigma$			

$$\bar{v} = \frac{\Sigma v}{n}$$

$$\bar{v} = \frac{\dots}{\dots}$$

$$\bar{v} = \dots\dots$$

Perhitungan massa jenis rata-rata

No	$\rho$	$\rho - \bar{\rho}$	$(\rho - \bar{\rho})^2$
1.			
2.			
3.			
$\Sigma$			

$$\bar{\rho} = \frac{\Sigma \rho}{n}$$

$$\bar{\rho} = \frac{\dots}{\dots}$$

$$\bar{\rho} = \dots\dots$$

Dari hasil besaran rata-rata yang sudah dihitung akan ditemukan kesalahan relatif dengan cara sebagai berikut:

Kesalahan relatif massa

$$\Delta m = \sqrt{\frac{\sum(m - \bar{m})^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta m = \sqrt{\frac{\sum \dots}{\dots}}$$

$$\Delta m = \sqrt{\dots \dots \dots}$$

$$\Delta m = \dots$$

Kesalahan relatif volume

$$\Delta v = \sqrt{\frac{\sum(v - \bar{v})^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{\sum \dots}{\dots}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\dots \dots \dots}$$

$$\Delta v = \dots$$

Kesalahan relatif massa jenis

$$\Delta \rho = \sqrt{\frac{\sum(\rho - \bar{\rho})^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta \rho = \sqrt{\frac{\sum \dots}{\dots}}$$

$$\Delta \rho = \sqrt{\dots \dots \dots}$$

$$\Delta \rho = \dots$$

Angka dari kesalahan relatif bisa kita ukur dengan menghitung presentase kesalahan relatif. Presentase kesalahan relatif dalam sebuah penelitian tidak boleh lebih dari 3%. Sehingga presentase kesalahan relatif dapat diperkirakan dengan:

Presentase kesalahan relatif massa

$$I = \frac{\Delta m}{\bar{m}} \times 100\%$$

$$I = \frac{\dots\dots}{\dots} \times 100\%$$

$$I = \dots \times 100\%$$

$$I = \dots$$

Presentase kesalahan relatif volume

$$I = \frac{\Delta v}{\bar{v}} \times 100\%$$

$$I = \frac{\dots\dots}{\dots} \times 100\%$$

$$I = \dots \times 100\%$$

$$I = \dots$$

Presentase kesalahan relatif massa jenis

$$I = \frac{\Delta \rho}{\bar{\rho}} \times 100\%$$

$$I = \frac{\dots\dots}{\dots} \times 100\%$$

$$I = \dots \times 100\%$$

$$I = \dots$$

Kesalahan relatif tersebut dapat menjadi acuan apakah hasil penelitian yang dilakukan menghasilkan data dengan ketelitian yang tinggi atau tidak. Presentase ketelitian harus lebih dari 97%. Maka, ketelitian dapat dicari dapat dicari dengan sebagai berikut:

$$K = 100\% - I$$

$$K = 100\% - \dots$$

$$K = \dots$$

Apabila penelitian sudah memenuhi ketelitian yang tinggi, diperoleh hasil pengukuran sebagai berikut:

massa logam campuran *argentum cuprum* (AgCu)

$$\begin{aligned} \text{Massa Logam} &= \{m \pm \Delta m\} \\ &= \{ \dots \pm \dots \} \\ &= \dots \end{aligned}$$

volume logam campuran *argentum cuprum* (AgCu)

$$\begin{aligned} \text{Volume Logam} &= \{v \pm \Delta v\} \\ &= \{ \dots \pm \dots \} \\ &= \dots \end{aligned}$$

massa jenis logam campuran *argentum cuprum* (AgCu)

$$\begin{aligned} \text{Massa Jenis: } \rho &= \frac{\{m \pm \Delta m\}}{\{v \pm \Delta v\}} \\ &= \frac{\{ \dots \pm \dots \}}{\{ \dots \pm \dots \}} \\ &= \{ \dots \pm \dots \} \\ &= \dots \end{aligned}$$

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang “Penentuan Nilai Massa Jenis Logam *Argentum Cuprum* (AgCu) Pada Berbagai Tingkat Kemurnian Ag” dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh antara logam campuran perak tembaga (AgCu) terhadap besarnya nilai massa jenis logam campuran pada berbagai kemurnian. Hubungan kemurnian logam *argentum cuprum* (AgCu) berbanding terbalik dengan besarnya harga massa jenis logam campuran tersebut. Semakin besar kemurnian campuran logam tembaga (Cu) pada logam perak (Ag), maka semakin kecil nilai massa jenis pada logam campuran tersebut. Sebaliknya juga, apabila semakin kecil kemurnian pencampuran logam tembaga (Cu) pada logam perak (Ag), maka akan semakin besar harga massa jenisnya.

### 5.2 Saran

Dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan adanya penelitian lebih lanjut tentang penentuan massa jenis logam campuran dengan bahan lain seperti besi (Fe), nikel (Ni), timah (Sn), atau emas (Au).
2. Untuk penelitian selanjutnya apabila menggunakan bahan logam yang sama sebaiknya mempertimbangkan untuk mengukur nilai koefisien muai logam, potensial listrik logam, kalor jenis logam atau koefisien konduktivitas logam, agar mengetahui apakah ada hubungan antara perlakuan yang dilakukan tersebut.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Andaka, Ganjar. 2008. Penurunan Kadar Tembaga Pada Limbah Cair Industri Kerajinan Perak dengan Presipitasi Menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurnal Teknologi*. 1(2): 127-134.
- Bueche, Frederick J.& Eugene Hecht. 2006. *Schaum's Outlines of Theory and Problems of College Physics Tenth Edition*. Jakarta: Erlangga
- Dharmono, 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Djali & P. Muljono. 2007. *Pengukuran Dalam Bidang Pendidikan*. Jakarta: Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga
- Hammond, C. R. 2004. *The Elements, Handbook of Chemistry and Physics (81st edition)*. Florida: CRC Press.
- Heinemann, Butterworth. 1997. *Chemistry Of The Elements by N.N. Greenwood*. US: National Library of Medicine.
- Kadarisman, Nur. 2015. *Keterpaduan Dalam Fisika*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta Press
- Mortimer, C. 1975. *Chemistry A Conceptual Approach 3rd*. New York: D. Van Nostard Company.
- Murdaka, Bambang E. J. & Tri Kuntoro P. 2013. *Pengantar Fisika 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Oxtoby, David W., H.P. Gillis & Norman H. Nachtrieb. 2003. *Prinsip-prinsip Kimia Modern Edisi Keempat Jilid 2*. Jakarta: Erlangga
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pople, S. 1993. *Explaining Physics, 4th edition, GCSE Edition*. London: Oxford Oxford University Press.
- Rufaida, Evi Y., Surti Indriastuti. 2006. Pembuatan Kerajinan Perak Menggunakan Logam Campuran Tembaga Dengan Teknik Kombinasi Manual Dan Masinal. *Jurnal Sains*. vol.23: 11-17
- Salim, Priyo. 2013. *Kerajinan Perak Kotagede*. Yogyakarta

- Santosa, S. 2014. *Dekontaminasi Ion Logam dengan Bisorben Berbasis Asam Humat, Kitin dan Kitosan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Sastrohamidjojo, H. 2018. *Kimia Dasar*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Sears, F. W., M. W. Zemansky, & H. D. Young. 1987. *Fisika Universitas Jilid 1 Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.
- Sukandarrumidi. 2018. *Geologi Mineral Logam*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Vogel. 1985. *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semi Mikro*. Jakarta: PT.Kalman Pusaka.
- Young, H. D., & Roger A. F. 2001. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

## Lampiran 1. Matriks Penelitian

Judul	Rumusan Masalah	Tujuan Penelitian	Variabel	Pengambilan Data	Metode Penelitian
Penentuan Nilai Massa Jenis Logam Campuran <i>Argentum Cuprum</i> (AgCu) Pada Tingkat Kemurnian Ag	Bagaimana pengaruh logam Perak Tembaga (AgCu) terhadap nilai massa jenis pada berbagai kemurnian (konsentrasi)?	Untuk mengetahui pengaruh logam perak tembaga (AgCu) terhadap nilai massa jenis pada berbagai kemurnian (konsentrasi).	1. V. Bebas : Variasi % (kemurnian) massa logam perak tembaga (AgCu). 2. V. Kontrol : Massa total campuran logam perak (AgCu) dibuat sebesar 20 gram. 3. V. Terikat : Massa jenis dari logam campuran perak tembaga (AgCu).	1. Sumber data: a. Buku b. Jurnal c. Internet 2. Teknik pengambilan data: Menggunakan eksperimen dan diujicoba di laboratorium.	1. Jenis penelitian: Eksperimen murni. 2. Analisis data: a. Massa b. Volume c. Massa jenis

**Lampiran 2. Ralat pengukuran massa**

- Pada semua kemurnian logam campuran *argentum cuprum*(AgCu)

No.	Massa (gram)	$m - \bar{m}$	$(m - \bar{m})^2$
1.	20	0	0
2.	20	0	0
3.	20	0	0
$\Sigma$	60		0

- a. Massa rata-rata

$$\bar{m} = \frac{\Sigma m}{n}$$

$$\bar{m} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{n}$$

$$\bar{m} = \frac{20 + 20 + 20}{3}$$

$$\bar{m} = \frac{60}{3}$$

$$\bar{m} = 20 \text{ gram}$$

$$I = 0\%$$

- d. Keseksamaan/ketelitian massa

$$K = 100\% - I$$

$$K = 100\% - 0\%$$

$$K = 100\%$$

- e. Hasil Pengukuran (HP) massa

$$HP = \{\bar{m} \pm \Delta m\}$$

$$HP = \{20 \pm 0\} \text{ gram}$$

- b. Kesalahan mutlak massa

$$\Delta m = \sqrt{\frac{\Sigma(m - \bar{m})^2}{n(n - 1)}}$$

$$\Delta m = \sqrt{\frac{0}{3(3 - 1)}}$$

$$\Delta m = \sqrt{\frac{0}{6}}$$

$$\Delta m = \sqrt{0}$$

$$\Delta m = 0 \text{ gram}$$

- c. Kesalahan relatife massa

$$I = \frac{\Delta m}{\bar{m}} \times 100\%$$

$$I = \frac{0}{20} \times 100\%$$

**Lampiran 3. Ralat pengukuran volume**

- Pada logam campuran *argentum cuprum*(AgCu) dengan kemurnian perak 100%

No.	Volume (cm <sup>3</sup> )	$v - \bar{v}$	$(v - \bar{v})^2$
1.	1,90	0	0
2.	1,89	-0,01	0,0001
3.	1,91	0,01	0,0001
$\Sigma$	5,70		0,0002

- a. Volume rata-rata

$$\bar{v} = \frac{\Sigma v}{n}$$

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{n}$$

$$\bar{v} = \frac{1,90 + 1,89 + 1,91}{3}$$

$$\bar{v} = \frac{5,70}{3}$$

$$\bar{v} = 1,90 \text{ cm}^2$$

- b. Kesalahan mutlak volume

$$\Delta v = \sqrt{\frac{\Sigma(v - \bar{v})^2}{n(n - 1)}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{0,0002}{3(3 - 1)}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{0,0002}{6}}$$

$$\Delta v = \sqrt{0,33 \times 10^{-4}}$$

$$\Delta v = 0,57 \times 10^{-2}$$

$$\Delta v = 0,0057 \text{ cm}^3$$

- c. Kesalahan relative volume

$$I = \frac{\Delta v}{\bar{v}} \times 100\%$$

$$I = \frac{0,0057}{1,90} \times 100\%$$

$$I = 0,30\%$$

- d. Keseksamaan/ketelitian volume

$$K = 100\% - I$$

$$K = 100\% - 0,30\%$$

$$K = 99,70\%$$

- e. Hasil Pengukuran

$$HP = \{\bar{v} \pm \Delta v\}$$

$$HP = \{1,90 \pm 0,0057\} \text{ cm}^3$$

- Pada logam campuran *argentum cuprum*(AgCu) dengan kemurnian perak 90%

No.	Volume ( $cm^3$ )	$v - \bar{v}$	$(v - \bar{v})^2$
1.	1,93	-0,01	0,0001
2.	1,95	0,01	0,0001
3.	1,94	0	0
$\Sigma$	5,82		0,0002

- a. Volume rata-rata

$$\bar{v} = \frac{\Sigma v}{n}$$

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{n}$$

$$\bar{v} = \frac{1,93 + 1,95 + 1,94}{3}$$

$$\bar{v} = \frac{5,82}{3}$$

$$\bar{v} = 1,94 \text{ cm}^2$$

- b. Kesalahan mutlak volume

$$\Delta v = \sqrt{\frac{\Sigma(v - \bar{v})^2}{n(n - 1)}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{0,0001}{3(3 - 1)}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{0,0002}{6}}$$

$$\Delta v = \sqrt{0,333 \times 10^{-4}}$$

$$\Delta v = 0,58 \times 10^{-2}$$

$$\Delta v = 0,0058 \text{ cm}^3$$

- c. Kesalahan relative volume

$$I = \frac{\Delta v}{\bar{v}} \times 100\%$$

$$I = \frac{0,0058}{1,94} \times 100\%$$

$$I = 0,30\%$$

- d. Keseksamaan/ketelitian volume

$$K = 100\% - I$$

$$K = 100\% - 0,30\%$$

$$K = 99,70\%$$

- e. Hasil Pengukuran

$$HP = \{\bar{v} \pm \Delta v\}$$

$$HP = \{1,93 \pm 0,0058\} \text{ cm}^3$$

- Pada logam campuran *argentum cuprum*(AgCu) dengan kemurnian perak 80%

No.	Volume ( $cm^3$ )	$v - \bar{v}$	$(v - \bar{v})^2$
1.	2,00	0,01	0,0001
2.	1,98	-0,01	0,0001
3.	1,98	-0,01	0,0001
$\Sigma$	5,96		0,0003

- a. Volume rata-rata

$$\bar{v} = \frac{\Sigma v}{n}$$

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{n}$$

$$\bar{v} = \frac{2,00 + 1,98 + 1,98}{3}$$

$$\bar{v} = \frac{5,96}{3}$$

$$\bar{v} = 1,99 \text{ cm}^3$$

- b. Kesalahan mutlak volume

$$\Delta v = \sqrt{\frac{\Sigma(v - \bar{v})^2}{n(n - 1)}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{0,0003}{3(3 - 1)}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{0,0003}{6}}$$

$$\Delta v = \sqrt{0,5 \times 10^{-4}}$$

$$\Delta v = 0,71 \times 10^{-2}$$

$$\Delta v = 0,0071 \text{ cm}^3$$

- c. Kesalahan relative volume

$$I = \frac{\Delta v}{\bar{v}} \times 100\%$$

$$I = \frac{0,0071}{1,99} \times 100\%$$

$$I = 0,36\%$$

- d. Keseksamaan/ketelitian volume

$$K = 100\% - I$$

$$K = 100\% - 0,36\%$$

$$K = 99,64\%$$

- e. Hasil Pengukuran

$$HP = \{\bar{v} \pm \Delta v\}$$

$$HP = \{1,99 \pm 0,0071\} \text{ gram}$$

- Pada logam campuran *argentum cuprum*(AgCu) dengan kemurnian perak 70%

No.	Volume ( $cm^3$ )	$v - \bar{v}$	$(v - \bar{v})^2$
1.	2,03	0,01	0,0001
2.	2,02	0	0,0001
3.	2,01	-0,01	0,0001
$\Sigma$	6,06		0,0002

- a. Volume rata-rata

$$\bar{v} = \frac{\Sigma v}{n}$$

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{n}$$

$$\bar{v} = \frac{2,03 + 2,02 + 2,01}{3}$$

$$\bar{v} = \frac{6,06}{3}$$

$$\bar{v} = 2,02 \text{ cm}^3$$

- b. Kesalahan mutlak volume

$$\Delta v = \sqrt{\frac{\Sigma(v - \bar{v})^2}{n(n - 1)}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{0,0002}{3(3 - 1)}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{0,0002}{6}}$$

$$\Delta v = \sqrt{0,33 \times 10^{-4}}$$

$$\Delta v = 0,57 \times 10^{-2}$$

$$\Delta v = 0,0057 \text{ cm}^3$$

- c. Kesalahan relative volume

$$I = \frac{\Delta v}{\bar{v}} \times 100\%$$

$$I = \frac{0,0057}{2,02} \times 100\%$$

$$I = 0,28\%$$

- d. Keseksamaan/ketelitian volume

$$K = 100\% - I$$

$$K = 100\% - 0,28\%$$

$$K = 99,72\%$$

- e. Hasil Pengukuran

$$HP = \{\bar{v} \pm \Delta v\}$$

$$HP = \{2,02 \pm 0,0057\} \text{ gram}$$

- Pada logam campuran *argentum cuprum*(AgCu) dengan kemurnian perak 60%

No.	Volume ( $cm^3$ )	$v - \bar{v}$	$(v - \bar{v})^2$
1.	2,03	-0,01	0,0001
2.	2,03	-0,01	0,0001
3.	2,05	0,01	0,0001
$\Sigma$	6,11		0,0003

- a. Volume rata-rata

$$\bar{v} = \frac{\Sigma v}{n}$$

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{n}$$

$$\bar{v} = \frac{2,03 + 2,03 + 2,03}{3}$$

$$\bar{v} = \frac{6,11}{3}$$

$$\bar{v} = 2,04 \text{ gram}$$

- b. Kesalahan mutlak volume

$$\Delta v = \sqrt{\frac{\Sigma(v - \bar{v})^2}{n(n - 1)}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{0,0003}{3(3 - 1)}}$$

$$\Delta v = \sqrt{\frac{0,0003}{6}}$$

$$\Delta v = \sqrt{0,5 \times 10^{-4}}$$

$$\Delta v = 0,71 \times 10^{-2}$$

$$\Delta v = 0,0071 \text{ cm}^3$$

- c. Kesalahan relative volume

$$I = \frac{\Delta v}{\bar{v}} \times 100\%$$

$$I = \frac{0,0071}{2,04} \times 100\%$$

$$I = 0,35\%$$

- d. Keseksamaan/ketelitian volume

$$K = 100\% - I$$

$$K = 100\% - 0,35\%$$

$$K = 99,65\%$$

- e. Hasil Pengukuran

$$HP = \{\bar{v} \pm \Delta v\}$$

$$HP = \{2,04 \pm 0,0071\} \text{ gram}$$

**Lampiran 4. Perhitungan massa jenis**

a. massa jenis logam AgCu dengan

kemurnian perak 100%

$$\rho_1 = \frac{m}{v_1}$$

$$\rho_1 = \frac{20 \text{ gr}}{1,90 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_1 = 10,52 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_2 = \frac{m}{v_2}$$

$$\rho_2 = \frac{20 \text{ gr}}{1,89 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_2 = 10,58 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_3 = \frac{m}{v_3}$$

$$\rho_3 = \frac{20 \text{ gr}}{1,91 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_3 = 10,47 \text{ gr/cm}^3$$

b. Massa jenis logam AgCu

dengan kemurnian 90%

$$\rho_1 = \frac{m}{v_1}$$

$$\rho_1 = \frac{20 \text{ gr}}{1,93 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_1 = 10,36 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_2 = \frac{m}{v_2}$$

$$\rho_2 = \frac{20 \text{ gr}}{1,95 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_2 = 10,26 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_3 = \frac{m}{v_3}$$

$$\rho_3 = \frac{20 \text{ gr}}{1,94 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_3 = 10,31 \text{ gr/cm}^3$$

c. Massa jenis logam AgCu  
dengan kemurnian 80%

$$\rho_1 = \frac{m}{v_1}$$

$$\rho_1 = \frac{20 \text{ gr}}{2,00 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_1 = 10,00 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_2 = \frac{m}{v_2}$$

$$\rho_2 = \frac{20 \text{ gr}}{1,98 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_2 = 10,10 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_3 = \frac{m}{v_3}$$

$$\rho_3 = \frac{20 \text{ gr}}{1,98 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_3 = 10,10 \text{ gr/cm}^3$$

d. Massa jenis logam AgCu

dengan kemurnian 70%

$$\rho_1 = \frac{m}{v_1}$$

$$\rho_1 = \frac{20 \text{ gr}}{2,03}$$

$$\rho_1 = 9,85 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_2 = \frac{m}{v_2}$$

$$\rho_2 = \frac{20 \text{ gr}}{2,02}$$

$$\rho_2 = 9,90 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_3 = \frac{m}{v_3}$$

$$\rho_3 = \frac{20 \text{ gr}}{2,01}$$

$$\rho_3 = 9,95 \text{ gr/cm}^3$$

e. Massa jenis logam AgCu

dengan kemurnian 60%

$$\rho_1 = \frac{m}{v_1}$$

$$\rho_1 = \frac{20 \text{ gr}}{2,03}$$

$$\rho_1 = 9,85 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_2 = \frac{m}{v_2}$$

$$\rho_2 = \frac{20 \text{ gr}}{2,03}$$

$$\rho_2 = 9,76 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_3 = \frac{m}{v_3}$$

$$\rho_3 = \frac{20 \text{ gr}}{2,05}$$

$$\rho_3 = 9,76 \text{ gr/cm}^3$$

### Lampiran 5. Ralat perhitungan massa jenis

- Pada logam campuran *argentum cuprum* (AgCu) dengan kemurnian perak 100%

No.	massa jenis ( $gr/cm^3$ )	$\rho - \bar{\rho}$	$(\rho - \bar{\rho})^2$
1.	10,52	0	0
2.	10,58	0,06	0,0036
3.	10,47	-0,05	0,0025
$\Sigma$	31,57		0,0061

- a. Volume rata-rata

$$\bar{\rho} = \frac{\Sigma \rho}{n}$$

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{n}$$

$$\bar{\rho} = \frac{10,52 + 10,58 + 10,47}{3}$$

$$\bar{\rho} = \frac{31,57}{3}$$

$$\bar{\rho} = 10,52 \text{ gr/cm}^3$$

- b. Kesalahan mutlak volume

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{\Sigma(\rho - \bar{\rho})^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{0,0061}{3(3-1)}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{0,00061}{6}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{10,167 \times 10^{-4}}$$

$$\Delta\rho = 3,19 \times 10^{-2}$$

$$\Delta\rho = 0,0319 \text{ cm}^3$$

- c. Kesalahan relative volume

$$I = \frac{\Delta\rho}{\bar{\rho}} \times 100\%$$

$$I = \frac{0,0319}{10,52} \times 100\%$$

$$I = 0,30\%$$

- d. Keseksamaan/ketelitian volume

$$K = 100\% - I$$

$$K = 100\% - 0,30\%$$

$$K = 99,70\%$$

- e. Hasil Pengukuran

$$HP = \{\bar{\rho} \pm \Delta\rho\}$$

$$HP = \{10,52 \pm 0,0319\} \text{ gr/cm}^3$$

- Pada logam campuran *argentum cuprum*(AgCu) dengan kemurnian perak 90%

No.	massa jenis ( $gr/cm^3$ )	$\rho - \bar{\rho}$	$(\rho - \bar{\rho})^2$
1.	10,36	0,05	0,0025
2.	10,26	-0,05	0,0025
3.	10,31	0	0
$\Sigma$	30,93		0,0050

- a. Volume rata-rata

$$\bar{\rho} = \frac{\Sigma \rho}{n}$$

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{n}$$

$$\bar{\rho} = \frac{10,36 + 10,26 + 10,31}{3}$$

$$\bar{\rho} = \frac{31,03}{3}$$

$$\bar{\rho} = 10,31 \text{ gr/cm}^3$$

- b. Kesalahan mutlak volume

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{\Sigma(\rho - \bar{\rho})^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{0,0050}{3(3-1)}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{0,0050}{6}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{8,33 \times 10^{-4}}$$

$$\Delta\rho = 2,88 \times 10^{-2}$$

$$\Delta\rho = 0,0288 \text{ cm}^3$$

- c. Kesalahan relative volume

$$I = \frac{\Delta\rho}{\bar{\rho}} \times 100\%$$

$$I = \frac{0,0288}{10,31} \times 100\%$$

$$I = 0,28\%$$

- d. Keseksamaan/ketelitian volume

$$K = 100\% - I$$

$$K = 100\% - 0,28\%$$

$$K = 99,72\%$$

- e. Hasil Pengukuran

$$HP = \{\bar{\rho} \pm \Delta\rho\}$$

$$HP = \{10,31 \pm 0,0288\} \text{ gr/cm}^3$$

- Pada logam campuran *argentum cuprum*(AgCu) dengan kemurnian perak 80%

No.	massa jenis ( $gr/cm^3$ )	$\rho - \bar{\rho}$	$(\rho - \bar{\rho})^2$
1.	10,00	0	0,0049
2.	10,10	0,06	0,0009
3.	10,10	-0,05	0,0009
$\Sigma$	30,20		0,0067

a. Volume rata-rata

$$\bar{\rho} = \frac{\Sigma \rho}{n}$$

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{n}$$

$$\bar{\rho} = \frac{10,00 + 10,10 + 10,10}{3}$$

$$\bar{\rho} = \frac{30,20}{3}$$

$$\bar{\rho} = 10,07 \text{ gr/cm}^3$$

b. Kesalahan mutlak volume

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{\Sigma(\rho - \bar{\rho})^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{0,0067}{3(3-1)}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{0,00067}{6}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{11,17 \times 10^{-4}}$$

$$\Delta\rho = 3,34 \times 10^{-2}$$

$$\Delta\rho = 0,0334 \text{ cm}^3$$

c. Kesalahan relative volume

$$I = \frac{\Delta\rho}{\bar{\rho}} \times 100\%$$

$$I = \frac{0,0334}{10,07} \times 100\%$$

$$I = 0,33\%$$

d. Keseksamaan/ketelitian volume

$$K = 100\% - I$$

$$K = 100\% - 0,33\%$$

$$K = 99,67\%$$

e. Hasil Pengukuran

$$HP = \{\bar{\rho} \pm \Delta\rho\}$$

$$HP = \{10,07 \pm 0,0334\} \text{ gr/cm}^3$$

- Pada logam campuran *argentum cuprum*(AgCu) dengan kemurnian perak 70%

No.	massa jenis ( $gr/cm^3$ )	$\rho - \bar{\rho}$	$(\rho - \bar{\rho})^2$
1.	9,85	-0,06	0,0036
2.	9,90	-0,01	0,0001
3.	9,95	0,04	0,0016
$\Sigma$	29,70		0,0053

a. Volume rata-rata

$$\bar{\rho} = \frac{\Sigma \rho}{n}$$

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{n}$$

$$\bar{\rho} = \frac{9,85 + 9,90 + 9,95}{3}$$

$$\bar{\rho} = \frac{29,70}{3}$$

$$\bar{\rho} = 9,91 \text{ gr/cm}^3$$

b. Kesalahan mutlak volume

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{\Sigma(\rho - \bar{\rho})^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{0,0053}{3(3-1)}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{0,0053}{6}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{8,83 \times 10^{-4}}$$

$$\Delta\rho = 2,97 \times 10^{-2}$$

$$\Delta\rho = 0,0297 \text{ cm}^3$$

c. Kesalahan relative volume

$$I = \frac{\Delta\rho}{\bar{\rho}} \times 100\%$$

$$I = \frac{0,0297}{9,91} \times 100\%$$

$$I = 0,30\%$$

d. Keseksamaan/ketelitian volume

$$K = 100\% - I$$

$$K = 100\% - 0,30\%$$

$$K = 99,70\%$$

e. Hasil Pengukuran

$$HP = \{\bar{\rho} \pm \Delta\rho\}$$

$$HP = \{9,91 \pm 0,0297\} \text{ gr/cm}^3$$

- Pada logam campuran *argentum cuprum*(AgCu) dengan kemurnian perak 60%

No.	massa jenis ( $gr/cm^3$ )	$\rho - \bar{\rho}$	$(\rho - \bar{\rho})^2$
1.	9,85	0,06	0,0036
2.	9,76	-0,03	0,0009
3.	9,76	-0,03	0,0009
$\Sigma$	29,37		0,0054

a. Volume rata-rata

$$\bar{\rho} = \frac{\Sigma \rho}{n}$$

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{n}$$

$$\bar{\rho} = \frac{9,85 + 9,76 + 9,76}{3}$$

$$\bar{\rho} = \frac{29,37}{3}$$

$$\bar{\rho} = 9,79 \text{ gr/cm}^3$$

b. Kesalahan mutlak volume

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{\Sigma(\rho - \bar{\rho})^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{0,0054}{3(3-1)}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{0,0054}{6}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{9 \times 10^{-4}}$$

$$\Delta\rho = 3 \times 10^{-2}$$

$$\Delta\rho = 0,03 \text{ cm}^3$$

c. Kesalahan relative volume

$$I = \frac{\Delta\rho}{\bar{\rho}} \times 100\%$$

$$I = \frac{0,03}{9,79} \times 100\%$$

$$I = 0,31\%$$

d. Keseksamaan/ketelitian volume

$$K = 100\% - I$$

$$K = 100\% - 0,31\%$$

$$K = 99,69\%$$

e. Hasil Pengukuran

$$HP = \{\bar{\rho} \pm \Delta\rho\}$$

$$HP = \{9,79 \pm 0,03\} \text{ gr/cm}^3$$

**Lampiran 6. Perhitungan atom logam argentum cuprum (AgCu)**

- **perak (Ag)**

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari atom} &= 1,60 \text{ \AA} \\ &= 1,60 \times 10^{-8} \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume}_{1 \text{ atom}} &= \frac{4}{3} \pi r^3 \\ &= \frac{4}{3} \times 3,14 \times (1,60 \times 10^{-8} \text{ cm})^3 \\ &= 17,149 \times 10^{-24} \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{massa atom} &= 107,8 \text{ sma} \\ &= 107,8 \times 1,67 \cdot 10^{-24} \text{ gr} \\ &= 180,026 \times 10^{-24} \text{ gr} \end{aligned}$$

$$1 \text{ gram} = \frac{1}{180,026 \times 10^{-24}} \text{ atom}$$

$$1 \text{ gram} = 5,554 \times 10^{21} \text{ atom.}$$

Untuk kemurnian 100% perak (Ag)

$$\text{massa} = 20 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah atom} &= 20 \times 5,554 \cdot 10^{21} \text{ atom} \\ &= 111,08 \times 10^{21} \text{ atom} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{volume atom} &= 111,08 \cdot 10^{21} \times 17,149 \cdot 10^{-24} \\ &= 1905 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 \\ &= 1,905 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Untuk kemurnian 90% perak (Ag)

$$\text{massa} = 18 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah aton} &= 18 \times 5,554 \cdot 10^{21} \text{ atom} \\ &= 99,972 \times 10^{21} \text{ atom} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{volume atom} &= 99,972 \cdot 10^{21} \times 17,149 \cdot 10^{-24} \text{ cm} \\ &= 1714 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 \\ &= 1,714 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Untuk kemurnian 80% perak (Ag)

$$\text{massa} = 16 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah atom} &= 16 \times 5,554 \cdot 10^{21} \text{ atom} \\ &= 88,864 \times 10^{21} \text{ atom} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{volume atom} &= 88,864 \cdot 10^{21} \times 17,149 \cdot 10^{-3} \text{ cm} \\ &= 1524 \times 10^{-3} \text{ cm} \\ &= 1,524 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Untuk kemurnian 70% perak (Ag)

$$\text{massa} = 14 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah atom} &= 14 \times 5,554 \cdot 10^{21} \text{ atom} \\ &= 77,756 \times 10^{21} \text{ atom} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{volume atom} &= 77,756 \cdot 10^{21} \times 17,149 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3 \\ &= 1333 \times 10^{-3} \text{ cm} \\ &= 1,333 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Untuk kemurnian 60% perak (Ag)

$$\text{massa} = 12 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah atom} &= 12 \times 5,554 \cdot 10^{21} \text{ atom} \\ &= 66,648 \times 10^{21} \text{ atom} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{volume atom} &= 66,648 \cdot 10^{21} \times 17,149 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3 \\ &= 1143 \times 10^{-3} \text{ cm} \\ &= 1,143 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

- Tembaga (Cu)

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari atom} &= 1,42 \text{ \AA} \\ &= 1,42 \times 10^{-8} \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume}_{1 \text{ atom}} &= \frac{4}{3} \pi r^3 \\ &= \frac{4}{3} \times 3,14 \times (1,42 \times 10^{-8} \text{ cm})^3 \\ &= 11,98 \times 10^{-24} \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{massa atom} &= 63,6 \text{ sma} \\ &= 63,6 \times 1,67 \cdot 10^{-24} \text{ gr} \\ &= 106,88 \times 10^{-24} \text{ gr} \end{aligned}$$

$$1 \text{ gram} = \frac{1}{106,88 \times 10^{-24}} \text{ atom}$$

$$1 \text{ gram} = 9,356 \times 10^{21} \text{ atom.}$$


---

Untuk kemurnian 10% (Cu)

$$\text{massa} = 2 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah atom} &= 2 \times 9,356 \cdot 10^{21} \text{ atom} \\ &= 18,712 \times 10^{21} \text{ atom} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{volume atom} &= 18,712 \cdot 10^{21} \times 11,98 \cdot 10^{-24} \\ &= 224,1 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 \\ &= 0,224 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Untuk kemurnian 20% tembaga (Cu)

$$\text{massa} = 4 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah atom} &= 4 \times 9,356 \cdot 10^{21} \text{ atom} \\ &= 37,424 \times 10^{21} \text{ atom} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{volume atom} &= 37,424 \cdot 10^{21} \times 11,98 \cdot 10^{-24} \text{ cm} \\ &= 448,3 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 \\ &= 0,448 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Untuk kemurnian 30% tembaga (Cu)

$$\text{massa} = 6 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah atom} &= 6 \times 9,356 \cdot 10^{21} \text{ atom} \\ &= 56,136 \times 10^{21} \text{ atom} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{volume atom} &= 56,136 \cdot 10^{21} \times 11,98 \cdot 10^{-3} \text{ cm} \\ &= 672,5 \times 10^{-3} \text{ cm} \\ &= 0,673 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Untuk kemurnian 40% perak (Ag)

$$\text{massa} = 8 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah atom} &= 8 \times 9,356 \cdot 10^{21} \text{ atom} \\ &= 74,843 \times 10^{21} \text{ atom} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{volume atom} &= 74,843 \cdot 10^{21} \times 11,98 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^3 \\ &= 896,7 \times 10^{-3} \text{ cm} \\ &= 0,897 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

**Lampiran 7. Tabel Perhitungan Excel**

Dari literatur yang ada besar massa jenis logam perak murni ( $\rho_{\text{Ag}} = 10,49$  gr/cm<sup>3</sup>) dan massa jenis logam tembaga murni ( $\rho_{\text{Cu}} = 8,94$  gr/cm<sup>3</sup>)(Sukandarrumidi, 2018).

m Ag (gr)	m Cu (gr)	Vol. Ag (cm <sup>3</sup> )	Vol.Cu (cm <sup>3</sup> )	V. Total (cm <sup>3</sup> )	M. Total (gr)	Massa Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	Prosentase Ag
100	0	9,532888	0	9,532888	100	10,49	100%
95	5	9,056244	0,559284	9,615528	100	10,39984	95%
90	10	8,5796	1,118568	9,698168	100	10,31123	90%
85	15	8,102955	1,677852	9,780808	100	10,2241	85%
80	20	7,626311	2,237136	9,863447	100	10,13844	80%
75	25	7,149666	2,796421	9,946087	100	10,05421	75%
70	30	6,673022	3,355705	10,02873	100	9,971356	70%
65	35	6,196378	3,914989	10,11137	100	9,88986	65%
60	40	5,719733	4,474273	10,19401	100	9,809686	60%
55	45	5,243089	5,033557	10,27665	100	9,730802	55%
50	50	4,766444	5,592841	10,35929	100	9,653176	50%

Lampiran 8. Dokumentasi Kegiatan Penelitian



