

repository.ub.ac.id

**Uji Selektivitas Pengaruh Kation Logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  
 $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  serta Uji Validitas dalam  
Pembuatan Tes Kit Merkuri Menggunakan  
Membran Hidrofobik dengan Metode  
Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**

SKRIPSI

Oleh:

Caprilia Adiyat Prihasti

155090200111027



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018

Uji Selektivitas Pengaruh Kation Logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  
dan  $\text{Zn}^{2+}$  serta Uji Validitas dalam Pembuatan Tes Kit  
Merkuri Menggunakan Membran Hidrofobik dengan  
Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Oleh:

Caprilia Adiyat Prihasti

155090200111027



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Uji Selektivitas Pengaruh Kation Logam  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ , dan  $Zn^{2+}$  serta Uji Validitas dalam Pembuatan Tes Kit Merkuri Menggunakan Membran Hidrofobik dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

oleh:

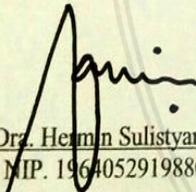
Caprilia Adiyat Prihasti

155090200111027

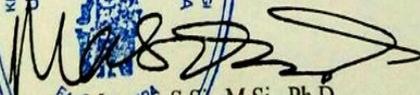
Setelah diseminarkan di depan Majelis Penguji pada tanggal ..... dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Hermin Sulistyarti, Ph.D.  
NIP. 196405291988022001

  
Dr. Ir. Adam Wiryawan, MS.  
NIP. 195806211984031004

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya  
  
Masrofi, S.Si., M.Si., Ph.D.  
NIP. 197310202002121001

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Caprilia Adiyat Prihasti

NIM : 155090200111027

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul :

Uji Selektivitas Pengaruh Kation Logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  dan Uji Validitas Dalam Pembuatan Tes Kit Merkuri Menggunakan Membran Hidrofobik Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

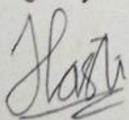
Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam tugas akhir ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Desember 2018

Yang menyatakan,



(Caprilia Adiyat Prihasti)

NIM. 155090200111027

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1. Nama                     | : Caprilia Adiyat Prihasti   |
| 2. NIM                      | : 155090200111027  |
| 3. Jurusan                  | : Kimia  |
| 4. Fakultas                 | : MIPA   |
| 5. Jenis Kelamin            | : Perempuan  |
| 6. Tempat dan Tanggal Lahir | : Makassar, 13 April 1997  |
| 7. Alamat                   | : Juanda Harapan Permai AA 08,<br>RT 05, RW 04, Ds. Wedi, Kec.<br>Gedangan, Kab. Sidoarjo, Jawa<br>Timur |
| 8. Status Perkawinan        | : Belum Kawin  |
| 9. Agama                    | : Islam  |
| 10. No. Telp / HP           | : 0895621098292  |
| 11. E-mail                  | : <a href="mailto:Apriliadiyat01@gmail.com">Apriliadiyat01@gmail.com</a>                                 |

### DATA ORANG TUA

- |                   |  |
|-------------------|--|
| 1. Nama Ayah      | : Syamsul Hidayat  |
| 2. Pekerjaan Ayah | : Pensiun PNS BPKP Jawa Timur  |
| 3. No. Telp Ayah  | : 08123045226  |
| 4. Nama Ibu       | : Lilik Yuniari  |
| 5. Pekerjaan Ibu  | : Ibu Rumah Tangga   |
| 6. No. Telp Ibu   | : 081945309620   |
| 7. Alamat         | : Juanda Harapan Permai AA 08,<br>RT 05, RW 04, Ds. Wedi, Kec.<br>Gedangan, Kab. Sidoarjo, Jawa<br>Timur |

## RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Pendidikan Formal  
2003 – 2009 : SD Hang Tuah 10  
2009 – 2012 : SMPN 3 Waru  
2012 – 2015 : SMA Hang Tuah 2  
2015 – 2019 : Universitas Brawijaya

## DAFTAR PRESTASI

1. Finalis Lomba Airlangga Essay Competition (ACW) 2016 di Universitas Airlangga , Surabaya
2. Gold Medal pada kompetisi The World Invention Creativity Content (WICC) 2017 di Korea Selatan
3. International Special Award dari Malaysia Research and Innovative Society pada kompetisi The World Invention Creativity Content (WICC) 2017 di Korea Selatan
4. Gold Medal pada kompetisi International Young Invention Awards (IYIA) 2017 di Jakarta
5. Best Presentation pada lomba LKTI Research of Applied Chemistry Competition (REACTION) 2017 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya
6. Silver Medal pada kompetisi International Young Invention Awards (IYIA) 2018 di Bali

## PENGALAMAN ORGANISASI

1. Staf muda HRD di Riset dan Karya Ilmiah (RKIM) Universitas Brawijaya
2. Staf ahli HRD di Riset dan Karya Ilmiah (RKIM) Universitas Brawijaya

## PENGALAMAN KERJA

1. Praktek Kerja Lapangan (PKL)  
Praktek kerja di Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BB POM), Surabaya  
Periode : 2 – 31 Juli 2018  
Tujuan : Kewajiban untuk memenuhi kelulusan sebagai Sarjana di Universitas Brawijaya  
Posisi : Analis

Pekerjaan :

1. Analisis produk minuman yang sesuai standar
  2. Analisis kosmetik yang sesuai standar
  3. Analisis obat-obat tradisional yang sesuai standar
  4. Analisis pil KB yang sesuai standar
2. Asisten Praktikum
1. Kimia Analitik 1  
Periode : 28 Agustus 2018 – 27 November 2018  
Tujuan : Untuk menambah wawasan di bidang kimia  
Posisi : Penanggung jawab praktikum titrasi asam basa  
Pekerjaan :
    1. Membimbing para praktikan untuk mengetahui tujuan dan kegiatan pada praktikum kimia analitik I
    2. Memberikan ujian dan penilaian praktikan
    3. Mengatur dan mengawasi persediaan alat dan bahan di laboratorium
  2. Kimia Analitik 3  
Periode : 3 September 2018 – 12 November 2018  
Tujuan : Untuk menambah wawasan di bidang kimia  
Posisi : Penanggung jawab praktikum Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)  
Pekerjaan :
    1. Membimbing para praktikan untuk mengetahui tujuan dan kegiatan pada praktikum kimia analitik I
    2. Memberikan ujian dan penilaian praktikan
    3. Mengatur dan mengawasi persediaan alat dan bahan di laboratorium
    4. Menghubungi operator Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) di Laboratorium Instrumen saat melakukan pengujian
  3. Kimia Dasar Jurusan Fisika  
Periode : 5 September 2018 – 14 November 2018  
Tujuan : Untuk menambah wawasan di bidang kimia

Posisi : Penanggung jawab praktikum larutan elektrolit  
Pekerjaan :

1. Membimbing para praktikan untuk mengetahui tujuan dan kegiatan pada praktikum kimia analitik I
2. Memberikan ujian dan penilaian praktikan
3. Mengatur dan mengawasi persediaan alat dan bahan di laboratorium

4. Biokimia Fakultas Kedokteran Hewan

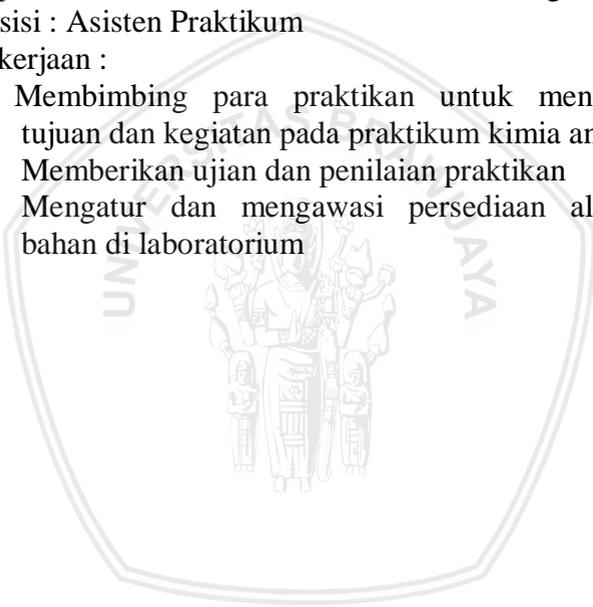
Periode : 3 September 2018 - 5 November 2018

Tujuan : Untuk menambah wawasan di bidang kimia

Posisi : Asisten Praktikum

Pekerjaan :

1. Membimbing para praktikan untuk mengetahui tujuan dan kegiatan pada praktikum kimia analitik I
2. Memberikan ujian dan penilaian praktikan
3. Mengatur dan mengawasi persediaan alat dan bahan di laboratorium



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul **Uji Selektivitas Pengaruh Kation Logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  dan Uji Validitas Dalam Pembuatan Tes Kit Merkuri Menggunakan Membran Hidrofobik Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)** dengan lancar. Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan skripsi tidak lepas dari bimbingan, bantuan, serta doa dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Hermin Sulistyarti dan Dr. Ir. Adam Wiryawan, MS. selaku dosen pembimbing I dan II atas segala bimbingan, saran, perhatian, dan doa yang telah diberikan.
2. Drs. Mohammad Misbah Khunur, M.Si., selaku dosen penasihat akademik atas bimbingan dan nasehat yang telah diberikan selama penulis melakukan studi.
3. Masruri, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Brawijaya yang telah memberikan fasilitas kepada penulis untuk mengadakan penelitian di Laboratorium Kimia.
4. Bapak/Ibu dosen penguji atas segala saran yang diberikan untuk perbaikan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu staf pengajar dan karyawan yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama penulis menempuh pendidikan di Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang.
6. Kedua orangtua tercinta, Ayahanda Syamsul Hidayat dan Ibunda Lilik Yuniari serta kakak-kakak dan adik-adik tersayang, yang tidak henti-hentinya memberikan doa, semangat, dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

- repository.ub.ac.id
7. Dewi Setyowati serta rekan-rekan kimia analitik sebagai partner skripsi yang selama ini senantiasa memberikan kebahagiaan dan motivasi kepada penulis.
  8. Teman-teman seperjuangan Kimia 2015 yang menemani penulis selama 4 tahun menyelesaikan studi.
  9. Seluruh pijak dan instansi yang telah membantu terselesaikannya penelitian dan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharap kritik dan saran demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangan pengetahuan khususnya di Program Studi Kimia Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang dan pembaca pada umumnya.

Malang, Desember 2018

Penulis

repository.ub.ac.id

Uji Selektivitas Pengaruh Kation Logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  serta Uji Validitas dalam Pembuatan Tes Kit Merkuri Menggunakan Membran Hidrofobik dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

ABSTRAK

Merkuri adalah salah satu logam berat toksik yang sering disalahgunakan dalam bahan baku kosmetik. Oleh karena itu, diperlukan metode untuk analisis merkuri. Pada penelitian ini, metode sederhana berupa tes kit telah dikembangkan untuk penentuan kadar merkuri. Tes kit ini dibuat berdasarkan pembentukan kompleks merkuri dengan ditizon membentuk kompleks  $[\text{Hg}(\text{DTZ})_2]^{2+}$  yang berwarna jingga pada membran hidrofobik. Tes Kit hasil penelitian ini diuji selektivitasnya dengan mengujikan sampel merkuri dengan beberapa ion logam yang seringkali ditemukan berada bersama dalam kosmetik antara lain ion  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$ . Hasil uji selektivitas menunjukkan bahwa metode tes kit cukup selektif pada ion  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  dengan konsentrasi  $6\text{-}18 \text{ mg L}^{-1}$  serta ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada konsentrasi  $6\text{-}60 \text{ mg L}^{-1}$  yang ditunjukkan tidak terjadi perubahan warna pada tes kit dan nilai absorbansi. Namun, metode tes kit kurang selektif terhadap ion  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  pada konsentrasi  $60 \text{ mg L}^{-1}$  yang ditunjukkan adanya perubahan warna yang signifikan pada tes kit dan nilai absorbansi yang mengalami perubahan. Hasil uji validitas tes kit merkuri yang dibandingkan dengan hasil analisis menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA) menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata karena hasil uji-t yaitu  $t_{\text{hitung}} < t_{\text{tabel}}$ .

**Kata Kunci : Ditizon, Merkuri, Tes Kit Merkuri**

Selectivity Test of The Effect of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , and  $\text{Zn}^{2+}$   
Metal Cations and Validity Test in The Mercury Test Kits  
Using Hydrophobic Membrane With Atomic Absorption  
Spectrophotometric (AAS) Method

### ABSTRACT

Mercury is one of the heavy metals that are toxic compounds. Generally, mercury is misused as a raw material in cosmetics. Therefore, a method for mercury analysis is needed. In this experiment, the alternative method using test kit for determining mercury levels. This test kit is based on the formation of a mercury complex with dithizone forming an orange complex of  $[\text{Hg}(\text{DTZ})_2]^{2+}$ . The chemical parameters conducted in this experiment are selectivity using a mercury test kit. The test kit results of this experiment were tested by selecting a sample of mercury with several metal ions which are often found to be present in cosmetics including  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ , and  $\text{Zn}^{2+}$  ions. This method was not interfered the performance of the mercury test kit by  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , and  $\text{Zn}^{2+}$  ions at 6-18  $\text{mg L}^{-1}$  and  $\text{Cd}^{2+}$  ions at 6-60  $\text{mg L}^{-1}$  which from the relatively constant absorbance and RGB values. But, the test kit method was interfered by  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , and  $\text{Zn}^{2+}$  ions at 60  $\text{mg L}^{-1}$  which indicated a change in the absorbance and RGB values. The results of the validity test of the mercury test kit compared to the result of analysis using atomic absorption spectrophotometry (AAS) showed that it was not significantly different because of the results t-test of  $t_{\text{count}} < t_{\text{table}}$ .

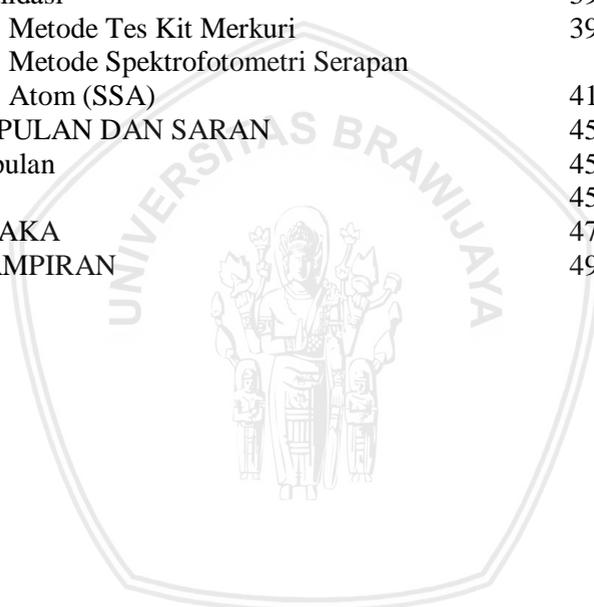
**Keywords :** Dithizone, Mercury, Mercury Test Kit

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Merkuri	5
2.1.1 Sifat Merkuri	5
2.1.2 Keberadaan Merkuri	5
2.1.3 Toksisitas Merkuri	6
2.2 Senyawa dalam Bahan Kosmetik	7
2.3 Ditizon	8
2.3.1 Senyawa Kompleks Ditizon	9
2.4 Membran PTFE	10
2.5 RGB	11
2.6 Selektivitas	12
2.7 Validasi	13
2.8 Metode Analisis Merkuri	15
2.8.1 Spektrofotometri Visible	15
2.8.1.1 Komponen Instrumen Spektrofotometri Visible	15
2.8.1.2 Metode Analisis Merkuri Menggunakan Spektrofotometri Visible	16

2.8.2	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	16
2.8.2.1	Komponen Instrumen Spektrofotometri Serapan Atom	17
2.8.2.2	Metode Analisis Merkuri Pada Sampel Kosmetik Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	17
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b>		19
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	19
3.2.1	Alat	19
3.2.2	Bahan	19
3.3	Tahapan Penelitian	19
3.4	Prosedur Kerja	20
3.4.1	Preparasi Larutan Ditizon 0,03%	20
3.4.2	Preparasi Larutan HNO <sub>3</sub>	20
3.4.3	Preparasi Larutan Induk Hg <sup>2+</sup> 100 mg L <sup>-1</sup>	21
3.4.4	Preparasi Larutan Induk Cu <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Cd <sup>2+</sup> dan Zn <sup>2+</sup> 100 mg L <sup>-1</sup>	21
3.4.5	Preparasi Larutan Standar Hg <sup>2+</sup>	21
3.4.6	Preparasi Larutan Campuran	21
3.4.7	Desain Tes Kit Merkuri	22
3.4.8	Preparasi Larutan Sampel Merkuri dari Kosmetik	22
3.4.9	Preparasi Larutan Sampel Sintetik Merkuri 4 dan 5 mg L <sup>-1</sup>	23
3.4.10	Proses Dopping Membran PTFE dengan Reagen Ditizon	23
3.4.11	Pembuatan Komparator Warna ( <i>Colour Chart</i> )	23
3.4.12	Uji Selektivitas Kation Logam Cu <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Cd <sup>2+</sup> , dan Zn <sup>2+</sup>	23
3.4.13	Penentuan Nilai RGB	24
3.4.14	Uji Validitas Tes Kit Merkuri	24
3.5	Analisis Data	25
3.5.1	Perhitungan Persamaan Regresi Linier dan Koefisien Korelasi	25
3.5.2	Perhitungan Standar Deviasi	26

3.5.3	Perhitungan Akurasi	26
3.5.4	Perhitungan Uji-t	27
<b>BAB IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>29</b>
4.1	Komparator Warna ( <i>Colour Chart</i> ) Tes Kit Merkuri	29
4.2	Uji Selektivitas terhadap Kation Pengganggu $\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , dan $\text{Zn}^{2+}$	30
4.2.1	Pengaruh Ion $\text{Cu}^{2+}$	31
4.2.2	Pengaruh Ion $\text{Co}^{2+}$	33
4.2.3	Pengaruh Ion $\text{Cd}^{2+}$	35
4.2.4	Pengaruh Ion $\text{Zn}^{2+}$	36
4.3	Uji Validasi	39
4.3.1	Metode Tes Kit Merkuri	39
4.3.2	Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	41
<b>BAB V.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>45</b>
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>47</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>		<b>49</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 :	Struktur kimia ditizon	8
Gambar 2.2 :	Struktur PTFE	11
Gambar 2.3 :	Membran PTFE	11
Gambar 3.1 :	Desain tes kit merkuri	22
Gambar 4.1 :	Komparator warna ( <i>colour chart</i> ) tes kit merkuri	30
Gambar 4.2 :	Pengaruh penambahan ion $\text{Cu}^{2+}$ terhadap Nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ	31
Gambar 4.3 :	Kurva hubungan pengaruh penambahan Ion asing $\text{Cu}^{2+}$ terhadap nilai RGB senyawa Kompleks Hg(II)-DTZ	32
Gambar 4.4 :	Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing $\text{Cu}^{2+}$ terhadap absorbansi senyawa kompleks Hg(II)-DTZ	32
Gambar 4.5 :	Pengaruh penambahan ion $\text{Co}^{2+}$ terhadap nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ	33
Gambar 4.6 :	Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing $\text{Co}^{2+}$ terhadap nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ	34
Gambar 4.7 :	Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing $\text{Co}^{2+}$ terhadap absorbansi senyawa kompleks Hg(II)-DTZ	34
Gambar 4.8 :	Pengaruh penambahan ion $\text{Cd}^{2+}$ terhadap Nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ	35
Gambar 4.9 :	Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing $\text{Cd}^{2+}$ terhadap nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ	36
Gambar 4.10 :	Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing $\text{Cd}^{2+}$ terhadap absorbansi senyawa kompleks Hg(II)-DTZ	36
Gambar 4.11 :	Pengaruh penambahan ion $\text{Zn}^{2+}$ terhadap Nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ	37
Gambar 4.12 :	Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing $\text{Zn}^{2+}$ terhadap nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ	38
Gambar 4.13 :	Kurva hubungan pengaruh penambahan	

	ion asing $\text{Cd}^{2+}$ terhadap absorbansi senyawa kompleks $\text{Hg(II)-DTZ}$	38
Gambar C.1 :	Panjang gelombang maksimum $\text{Hg(II)-ditizonat}$	55
Gambar C.2 :	Kurva standar merkuri menggunakan spektrofotometri visible	56
Gambar C.2 :	Kurva standar merkuri menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA)	60
Gambar E.1 :	Uji selektivitas ion $\text{Cu}^{2+}$ terhadap tes kit merkuri	76
Gambar E.2 :	Uji selektivitas ion $\text{Co}^{2+}$ terhadap tes kit merkuri	76
Gambar E.3 :	Uji selektivitas ion $\text{Cd}^{2+}$ terhadap tes kit merkuri	76
Gambar E.4 :	Uji selektivitas ion $\text{Zn}^{2+}$ terhadap tes kit merkuri	76
Gambar E.5 :	Hasil ekstraksi larutan campuran merkuri (Hg) dan tembaga (Cu)	77
Gambar E.6 :	Hasil ekstraksi larutan campuran merkuri (Hg) dan kobalt (Co)	77
Gambar E.7 :	Hasil ekstraksi larutan campuran merkuri (Hg) dan kadmium (Cd)	77
Gambar E.8 :	Hasil ekstraksi larutan campuran merkuri (Hg) dan seng (Zn)	77
Gambar E.9 :	Uji validasi menggunakan sampel sintetis 4 ppm	78
Gambar E.10 :	Uji validasi menggunakan sampel sintetis 5 ppm	78
Gambar E.11 :	Uji validasi menggunakan sampel kosmetik A	78
Gambar E.12 :	Uji validasi menggunakan sampel kosmetik B	78

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Logam berat yang terdapat pada kosmetik	7
Tabel 2.2: Data kelarutan ditizon	8
Tabel 2.3: Kompleks ditizon dengan logam	9
Tabel 2.4: Intensitas komponen RGB atas beberapa warna	11
Tabel 3.1: Preparasi larutan campuran	21
Tabel 4.1: Hasil analisis merkuri pada sampel sintetik menggunakan tes kit merkuri	39
Tabel 4.2: Hasil analisis merkuri pada sampel kosmetik menggunakan tes kit merkuri	40
Tabel 4.3: Konsentrasi merkuri yang terukur pada tes kit merkuri dan spektrofotometri serapan atom (SSA)	41
Tabel 4.4: Hasil akurasi dari metode tes kit dan spektrofotometri serapan atom (SSA).	42
Tabel B.1: Pengenceran larutan merkuri	51
Tabel B.2: Pengenceran larutan asam nitrat	52
Tabel B.3: Pengenceran larutan induk	54
Tabel C.1: Nilai RGB pada komparator warna tes kit merkuri	55
Tabel C.2: Data absorbansi merkuri menggunakan spektrofotometri visible	56
Tabel C.3: Hasil pengaruh $\text{Cu}^{2+}$ pada pengukuran konsentrasi merkuri metode spektrofotometri visible	57
Tabel C.4: Nilai RGB dari hasil uji selektivitas ion $\text{Cu}^{2+}$	57
Tabel C.5: Hasil pengaruh $\text{Co}^{2+}$ pada pengukuran konsentrasi merkuri metode spektrofotometri visible	58
Tabel C.6: Nilai RGB dari hasil uji selektivitas ion $\text{Co}^{2+}$	58
Tabel C.7: Hasil pengaruh $\text{Cd}^{2+}$ pada pengukuran konsentrasi merkuri metode spektrofotometri visible	59
Tabel C.8: Nilai RGB dari hasil uji selektivitas ion $\text{Cd}^{2+}$	59
Tabel C.9: Hasil pengaruh $\text{Zn}^{2+}$ pada pengukuran konsentrasi merkuri metode spektrofotometri visible	60
Tabel C.10: Nilai RGB dari hasil uji selektivitas ion $\text{Zn}^{2+}$	60
Tabel C.11: Data absorbansi larutan standar merkuri menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA)	61
Tabel C.12: Nilai RGB pada sampel sintetis	61

Tabel C.13: Nilai RGB pada sampel kosmetik	62
Tabel C.14: Hasil perhitungan sampel sintetis menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA)	62
Tabel C.15: Hasil perhitungan sampel sintetis menggunakan tes kit merkuri	62
Tabel C.16: Hasil perhitungan sampel kosmetik menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA)	63
Tabel C.17: Hasil perhitungan sampel kosmetik menggunakan tes kit merkuri	63
Tabel C.18: Uji-t metode validasi tes kit merkuri	63



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Tahapan Kerja	49
A.1 Diagram Alir Penelitian	49
Lampiran B. Perhitungan Pembuatan Larutan	50
B.1 Larutan Merkuri	50
B.1.1 Larutan Induk Merkuri 100 ppm	50
B.1.2 Larutan Standar Merkuri	50
B.2 Larutan HNO <sub>3</sub>	51
B.3 Larutan Ditizon 0,03% (b/v)	52
B.4 Larutan Induk Kation Logam Pengganggu	52
B.4.1 Larutan Induk Ion Cd (II) 100 ppm	52
B.4.2 Larutan Induk Ion Cu (II) 100 ppm	52
B.4.3 Larutan Induk Ion Co (II) 100 ppm	53
B.4.4 Larutan Induk Ion Zn (II) 100 ppm	53
B.5 Larutan Campuran	55
Lampiran C. Data Hasil Pengujian	43
C.1 Nilai RGB Pada Komparator Warna Tes Kit Merkuri	55
C.2 Data Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum	55
C.3 Kurva Standar Larutan Merkuri Metode Spektrofotometri Visible	56
C.4 Uji Selektivitas Ion Cu <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Cd <sup>2+</sup> , dan Zn <sup>2+</sup> terhadap Kinerja Tes Kit Merkuri	57
C.4.1 Nilai RGB Uji Selektivitas Ion Cu <sup>2+</sup>	57
C.4.2 Nilai RGB Uji Selektivitas Ion Co <sup>2+</sup>	58
C.4.3 Nilai RGB Uji Selektivitas Ion Cd <sup>2+</sup>	59
C.4.4 Nilai RGB Uji Selektivitas Ion Zn <sup>2+</sup>	60
C.5 Kurva Standar Larutan Merkuri Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	61
C.6 Nilai RGB Sampel Sintetis	61
C.7 Nilai RGB Sampel Kosmetik	62
C.8 Data hasil pengukuran sampel sintetis	62
C.9 Data hasil pengukuran sampel kosmetik	62
C.10 Hasil uji-t	63
Lampiran D. Perhitungan Data	47
D.1 Perhitungan Konsentrasi Merkuri yang Terukur Pada Uji Selektivitas Metode Spektrofotometri Visible	64
D.1.1 Pengaruh Cu <sup>2+</sup>	64

D.1.2 Pengaruh $\text{Co}^{2+}$	65
D.1.3 Pengaruh $\text{Cd}^{2+}$	67
D.1.4 Pengaruh $\text{Zn}^{2+}$	68
D.2 Perhitungan Konsentrasi Merkuri yang Terukur Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	70
D.3 Perhitungan Konsentrasi Merkuri Pada Sampel Kosmetik	71
D.4 Perhitungan Standar Deviasi	72
D.5 Perhitungan RSD	73
D.3 Perhitungan Akurasi	74
D.4 Perhitungan Uji-t	74
Lampiran E. Dokumentasi Kegiatan	76



**DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG**

<b>Simbol/singkatan</b>	<b>Keterangan</b>
$\lambda$	panjang gelombang
a	slope kurva
Kst	konstanta kestabilan kompleks
R	koefisien korelasi
RGB	<i>Red Green Blue</i>
RSD	standard deviasi relatif
SD	standard deviasi
y	absorbansi
x	konsentrasi sampel





## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Kosmetik adalah suatu bahan atau sediaan yang digunakan pada bagian luar tubuh manusia seperti bagian epidermis, rambut, kuku, bibir dan organ genital bagian luar atau gigi dan mukosa mulut. Kosmetik dibuat dengan tujuan untuk membersihkan, mengubah penampilan, memperbaiki bau badan atau mewangikan, serta melindungi atau memelihara tubuh agar kondisi tubuh tetap terjaga [1]

Bahan yang terdapat pada kosmetik ada beberapa bahan yang diperbolehkan ataupun yang dilarang dalam pembuatan kosmetik. Salah satu bahan yang dilarang dalam pembuatan kosmetik adalah merkuri [2].

Merkuri atau biasa disebut air raksa merupakan salah satu logam berat. Merkuri umumnya digunakan dalam aktivitas penambangan emas dan penambalan gigi. Namun, di era modern saat ini, penggunaan merkuri disalahgunakan sebagai bahan kosmetik oleh industri ataupun produsen ilegal. Hal ini dilakukan untuk memikat konsumen agar dapat memutihkan kulit secara instan sehingga produsen dapat memperoleh keuntungan yang besar. Kasus ini terbukti telah terjadi di Jakarta pada tanggal 15 Februari 2018 di mana BPOM menangkap dan menyita beberapa kosmetik seperti krim kecantikan dan perawatan kulit yang diproduksi oleh pabrik kosmetik [3,4].

Penyalahgunaan merkuri sebagai bahan kosmetik dapat menimbulkan beberapa efek negatif karena sifat toksik dari merkuri tersebut. Efek yang ditimbulkan antara lain terjadi perubahan warna kulit, munculnya bintik-bintik hitam, alergi, dan iritasi. Hal ini disebabkan karena merkuri dapat menghambat pembentukan melanin sehingga warna kulit cepat berubah menjadi lebih terang. Fungsi dari melanin adalah untuk melindungi kulit dari radiasi sinar UV sehingga jika melanin terhambat maka kulit tidak mampu melindungi dari sinar UV. Selain itu, efek negatif lain dari merkuri dalam jangka panjang dapat merusak lapisan kulit sehingga menyebabkan kanker kulit [5,6].

repository.ub.ac.id

Dalam analisis merkuri, umumnya menggunakan metode spektrofotometri dan HPLC. Namun, kedua metode tersebut membutuhkan instrumen dalam menguji merkuri sehingga untuk diterapkan ke masyarakat luas kurang efisien karena membutuhkan aliran listrik dan alatnya tidak mudah dibawa. Oleh karena itu, diperlukan metode analisis yang cepat, efisien, akurat, sensitif dan ramah lingkungan seperti tes kit merkuri. Hal ini dikarenakan tes kit merkuri mudah diaplikasikan oleh masyarakat luas tanpa memerlukan aliran listrik dan berbagai instrumen. Selain itu, tes kit merkuri juga mudah dibawa sehingga masyarakat mampu menguji kosmetik secara cepat.

Dalam pembuatan tes kit merkuri, diperlukan tingkat selektifitas dan akurasi yang tinggi. Pada penelitian ini, tes kit yang dibuat menggunakan reagen ditizon sebagai pengkompleks untuk membentuk kompleks merkuri(II) ditizonat berwarna jingga sehingga untuk menguji tingkat keakuratan tes kit merkuri yaitu membandingkan hasil tes kit merkuri dengan hasil dari spektrofotometer serapan atom (SSA).

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$  dalam sampel sebagai kation pengganggu terhadap pembentukan senyawa kompleks merkuri (II) ditizonat?
2. Bagaimana tingkat akurasi tes kit merkuri dalam mendeteksi merkuri pada sampel kosmetik?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Konsentrasi merkuri yang digunakan adalah  $1-10 \text{ mg L}^{-1}$ .
2. Media pembuatan tes kit merkuri menggunakan *stick*.
3. Jenis membran yang digunakan adalah membran PTFE.
4. Senyawa yang dapat dideteksi hanya merkuri atau ion  $\text{Hg}^{2+}$ .

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam melakukan penelitian mengenai penggunaan kompleks Hg(II)-Ditizonat sebagai tes kit merkuri adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$  terhadap kinerja tes kit merkuri yang didasarkan pada pembentukan kompleks merkuri (II) ditizonat.
2. Untuk mengetahui tingkat akurasi tes kit merkuri dalam mendeteksi merkuri pada sampel kosmetik.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki 2 manfaat yaitu manfaat aplikatif dan manfaat keilmuan.

##### 1. Manfaat Aplikatif

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk masyarakat umum. Hal ini dikarenakan tes kit merkuri yang telah dibuat dapat diaplikasikan masyarakat dalam menguji merkuri pada sampel kosmetik sehingga masyarakat mengetahui jenis kosmetik yang aman dan tidak aman.

##### 2. Manfaat Keilmuan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan bidang kimia khususnya tingkat keakuratan dan selektivitas tes kit merkuri yang telah dibuat. Selain itu, juga dapat dijadikan sebagai landasan teori dalam pengembangan penelitian selanjutnya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

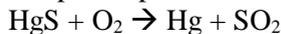
#### 2.1 Merkuri

##### 2.1.1 Sifat Merkuri

Merkuri atau biasa disimbolkan dengan Hg dalam tabel periodik berasal dari bahasa latin yaitu “*hydragyrum*”. Pada umumnya, merkuri juga dikenal dengan air raksa. Dalam tabel periodik, merkuri terletak pada golongan IIB periode keenam. Merkuri memiliki nomor atom 80 dengan berat atom 200,59 gram/mol. Konfigurasi elektron untuk merkuri adalah  $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2$ . Wujud dari merkuri adalah berupa cairan pada suhu ruang (25°C). Merkuri memiliki titik didih 356,73°C, titik beku -38,8°C, dan berat jenis 13,53 g/ml. Merkuri juga memiliki kelarutan dalam air 0,28 mmol/L pada suhu 25°C. Sifat dari merkuri antara lain bersifat mudah menguap atau volatil, konduktor yang baik, dan mudah bercampur dengan logam lain membentuk *alloy* (logam campuran). Sifat kelarutan dari merkuri adalah mudah larut dalam asam nitrat, asam sulfat panas, dan lemak. Namun, sukar larut dalam alkohol, eter, asam hidroklorat, hidrogen iodida, dan hidrogen bromida [7].

##### 2.1.2 Keberadaan Merkuri

Pada umumnya, sebagian besar merkuri ditemukan di alam dalam bentuk gabungan dengan elemen lainnya seperti HgS atau merkuri sulfida. Pada proses pembakaran merkuri sulfida akan membentuk gas merkuri yang mengalami kondensasi. Berikut reaksi yang terjadi saat proses pembakaran merkuri sulfida [8] :



Keberadaan merkuri di alam terdapat dalam beberapa bentuk, antara lain [2] :

1. Merkuri elemental

Merkuri elemental adalah logam berwarna putih dan bersifat mudah menguap atau volatil. Namun, jika pada suhu kamar, merkuri elemental berubah wujud menjadi cair. Pada umumnya, merkuri elemental digunakan sebagai bahan

pembuatan amalgam gigi, pemurnian emas, pembuatan termometer, baterai, dan saklar listrik serta produksi gas klorin dan soda kaustik.

## 2. Merkuri anorganik

Merkuri anorganik dapat terbentuk jika merkuri berikatan dengan salah satu elemen seperti klorin (Cl), oksigen (O<sub>2</sub>), dan sulfur. Pada umumnya, merkuri anorganik berwujud padatan berupa serbuk atau kristal berwarna putih kecuali merkuri sulfida (HgS) yang berwarna merah dan dapat berubah menjadi hitam jika terkena sinar matahari. Merkuri anorganik sebagian besar digunakan sebagai desinfektan, pestisida, bahan cat, antiseptik, baterai kering, fungisida, dan pengawetan kayu. Namun, merkuri anorganik berupa merkuri amido klorida (HgClNH<sub>2</sub>) disalahgunakan sebagai bahan kosmetik.

## 3. Merkuri Organik

Merkuri organik dapat terbentuk jika berikatan dengan karbon atau organomercuri. Merkuri organik berupa thiomersal, etil merkuri, dan garam fenil merkuri ditemukan sebagai bahan kosmetik. Namun, batas maksimum penggunaan merkuri organik dalam bahan kosmetik adalah 0,007%.

### 2.1.3 Toksisitas Merkuri

Merkuri memiliki toksisitas yang sangat berbahaya terutama uap logam merkuri baik dalam bentuk organik ataupun anorganik. Hal ini dikarenakan apabila uap merkuri telah menyebar di udara dan dapat terhirup melalui sistem pernafasan. Akibat yang ditimbulkan jika merkuri telah masuk ke dalam tubuh manusia maka dapat menghambat aktivitas enzim yang akan mengganggu proses metabolisme. Selain itu, juga dapat menyebabkan kepala pusing, insomnia, dan depresi. Namun, jika keracunan berlanjut, dapat menyebabkan kanker [9].

Toksisitas merkuri selain melalui udara juga dapat melalui pori-pori kulit terutama merkuri dalam bentuk anorganik. Hal ini dikarenakan ion Hg(II) dalam tubuh mudah terikat dan ikatannya sangat kuat pada gugus sulfidril yang terdapat di protein, albumin,

enzim, dan hemoglobin. Untuk merkuri organik dalam bentuk metil maupun alkil yang masuk ke dalam tubuh manusia dapat mengganggu susunan syaraf baik syaraf pusat maupun syaraf perifer [10, 11].

## 2.2 Senyawa dalam Bahan Kosmetik

Bahan-bahan kosmetik yang terdiri dari multi komponen terdapat bahan yang dilarang dan yang diizinkan. Bahan-bahan yang dilarang adalah logam berat yakni merkuri, kadmium, kobalt, tembaga, dan zink yang terdapat dalam kosmetik. Kosmetik yang terdapat berbagai konsentrasi logam berat dalam satuan mg/kg ditunjukkan pada Tabel 2.1 [12].

**Tabel 2.1** Logam berat yang terdapat pada kosmetik

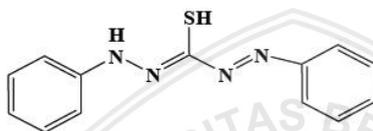
Produk kosmetik	Cd	Cu	Co	Zn	Hg
<i>Eye shadows</i>	0 – 55,5	0 - 99	0 – 258	-	0 – 0,74
Lipstik	0 – 60,2	0 – 118	0 – 1,77	-	0 – 0,01
<i>Cream</i>	0 – 5,05	0 – 18,9	0– 0,25	0 - 2	0 – 133
Sabun	0 – 12,8	-	0– 0,87	-	0 – 7,4
Pasta gigi dan <i>mouth cleansing</i>	0 – 28,7	0– 0,31	-	-	0– 1,11

Logam-logam berat tersebut pada bahan kosmetik memiliki kegunaan diantaranya logam Cu pada krim wajah digunakan untuk membantu pembentukan kolagen. Logam Co pada kosmetik digunakan sebagai bahan pengawet kosmetik dan untuk mempertahankan pigmen warna pada kosmetik yang berwarna seperti lipstik. Logam Cd pada kosmetik digunakan sebagai pigmen warna. Logam Zn pada kosmetik umumnya berupa senyawa seng oksida (ZnO) yang digunakan pada *sunscreen* untuk melindungi kulit dari sinar ultraviolet [12].

### 2.3 Ditizon

Ditizon merupakan ligan organik yang banyak digunakan sebagai senyawa pengkompleks. Ditizon mempunyai atom S dan N pada gugus -S-H dan -N-H yang berperan sebagai donor pasangan elektron untuk membentuk kompleks dengan kation logam seperti Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Au, Hg, Ti, Pb, Bi, Se, Te, dan Po [14].

Ditizon memiliki rumus kimia  $C_{13}H_{12}N_4S$  yang memiliki berat molekul sebesar 256,3 gram/mol. Ditizon memiliki wujud padat kristal berwarna ungu kehitaman dan memiliki densitas  $1,35 \times 10^3$  kg/m<sup>2</sup>. Ditizon juga memiliki titik leleh pada suhu 169°C. Struktur kimia ditizon ditunjukkan pada Gambar 2.1 [13].



**Gambar 2.1** Struktur Kimia Ditizon

Sifat kelarutan dari ditizon umumnya mudah larut dalam pelarut organik seperti kloroform, benzena, toluen, heksana, dan lain-lain. Data kelarutan ditizon dalam pelarut organik ditunjukkan pada Tabel 2.2 [13].

**Tabel 2.2** Data kelarutan ditizon

Pelarut organik	Nilai Kelarutan (gr/L)	pH	$\lambda$ (nm)	Rasio Peak
Kloroform	17,6	10,62	440 – 605	2,59
o-Diklorobenzen	1,7	9,37	452 – 622	1,9
Benzena	1,4	9,1	153 – 622	1,8
Toluena	1	8,97	450 – 622	1,68
Karbon tetraklorida	0,54	8,83	456 – 620	1,7
Sikloheksana	0,014	7,42	452 - 623	1,13
Heksana	0,02	7,04	447 - 617	1,09

### 2.3.1 Senyawa Kompleks Ditizon

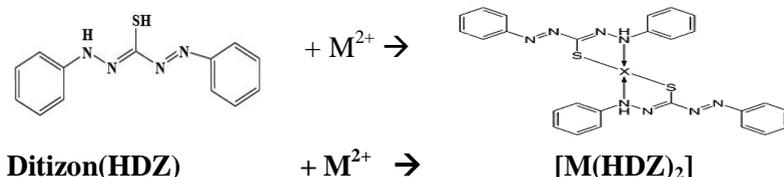
Ditizon juga merupakan senyawa pengompleks yang dapat identifikasi jenis-jenis logam berat seperti merkuri, timbal, perak, dan lain-lain. Selain itu, pembentukan kompleks logam dengan ditizon membentuk warna pada pH tertentu juga memiliki konstanta kesetimbangan kompleks (Kst) yang berbeda-beda. Warna kompleks, nilai Kst, pH kestabilan kompleks serta panjang gelombang maksimum ditunjukkan pada Tabel 2.3 [14].

**Tabel 2.3** Kompleks ditizon dengan logam

Senyawa Kompleks Dalam Kloroform	Warna	$\lambda_{maks}$ (nm)	Kst	pH
Ditizon (HDZ)	Biru Kehijauan	540	-	10,62
[Hg(HDZ) <sub>2</sub> ]	Jingga	565	$5,5 \times 10^6$	1
[Co(HDZ) <sub>2</sub> ]	Violet – Merah	555	$1,0 \times 10^7$	3
[Cu(HDZ) <sub>2</sub> ]	Merah - Violet	550	$5,4 \times 10^6$	3
[Cd(HDZ) <sub>2</sub> ]	Merah Muda	483	$1,4 \times 10^6$	3
[Zn(HDZ) <sub>2</sub> ]	Merah Keunguan	550	$5,8 \times 10^6$	3

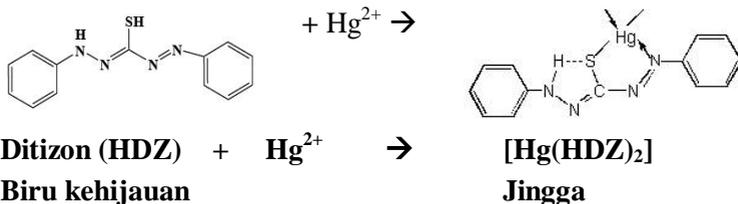
Jika ditinjau dari nilai Kst atau konstanta kestabilan kompleks serta pH pembentukan kompleks, maka ion  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  tidak mengganggu pembentukan kompleks Hg(II) ditizonat. Oleh sebab itu, tes kit merkuri yang digunakan diharapkan selektif terhadap ion  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$ .

Reaksi kompleks ditizon dengan logam [13] :



Logam atau disimbolkan sebagai ion  $M^{2+}$  sebagai ion  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ , dan  $Zn^{2+}$ .

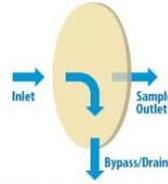
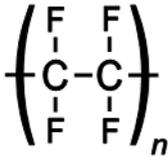
Reaksi kompleks ditizon dengan merkuri (II) [13] :



Reaksi sejumlah ditizon dengan ion logam berat membentuk senyawa logam ditizonat. Kompleks logam ditizonat dengan logam bervalensi dua merupakan kompleks netral. Beberapa logam berat dapat menempati satu atau kedua atom H membentuk ditizonat primer ataupun ditizonat sekunder. Bentuk ditizonat primer bersifat stabil dan larut dalam pelarut organik dibandingkan dengan bentuk ditizonat sekunder yang bersifat labil dan kurang larut dalam pelarut organik. Dalam pembentukan kompleks ditizonat primer ataupun sekunder, pH sangat berpengaruh. Ditizonat primer dibentuk pada pH rendah (medium asam) sedangkan ditizonat sekunder pada pH tinggi (medium basa). Pada suasana asam, terjadi kompetisi antara kation logam dengan ion  $H^+$  untuk berikatan dengan ditizon. Jika ion  $H^+$  yang berikatan dengan ditizon maka akan terbentuk asam ditizonat. Sedangkan jika kation logam salah satunya  $Hg^{2+}$  berikatan dengan ditizon akan terbentuk merkuri (II) yang stabil. Dalam suasana bsa, ion  $OH^-$  akan berikatan dengan salah satu ion  $H^+$  pada ditizon sehingga membentuk kompleks yang kurang stabil dengan  $Hg^{2+}$  [13].

## 2.4 Membran PTFE

Membran PTFE merupakan salah satu jenis polimer yakni politetrafluoroetilena. Membran PTFE bersifat hidrofobik dan tahan terhadap pelarut organik serta pada temperatur  $270^{\circ}C - 350^{\circ}C$ . Berikut merupakan struktur dan gambar produk dari Politetrafluoroetilena (PTFE) [15] :



**Gambar 2.2** Struktur PTFE

**Gambar 2.3** Membran PTFE

## 2.5 RGB

RGB adalah suatu model warna yang terdiri atas 3 buah warna yaitu merah (*Red*), hijau (*Green*), dan biru (*Blue*) yang dikombinasikan satu sama lain untuk menghasilkan warna-warna lainnya. RGB merupakan model warna yang bergantung pada piranti karena jika piranti berbeda akan menghasilkan nilai RGB yang berbeda. Kegunaan model warna RGB adalah untuk menampilkan gambar dalam perangkat elektronik. Kelebihan dari model warna RGB adalah gambar mudah disalin ke alat lain tanpa diubah ke mode warna lain. Hal ini dikarenakan model warna RGB banyak digunakan pada perangkat elektronik yaitu komputer, kamera, *handphone*, dan TV. Intensitas komponen RGB berada dalam rentang nilai 0 sampai 1. Beberapa contoh warna dengan masing-masing intensitas komponen RGB ditampilkan pada **Tabel 2.4**. Semakin tinggi nilai indeks warnanya maka warna yang dihasilkan akan semakin terang. Namun, jika semakin kecil nilai indeks warnanya maka warna yang dihasilkan semakin gelap [16].

**Tabel 2.4** Intensitas komponen RGB atas beberapa warna

<b>R</b>	<b>G</b>	<b>B</b>	<b>Warna</b>
0	0	0	Hitam
1	1	1	Putih
1	0	0	Merah
0	1	1	Hijau
0	0	1	Biru
1	1	0	Kuning
1	0	1	Magenta
0	1	1	Biru kehijauan
.5	.5	.5	Abu-abu
1	.62	.4	Jingga

## 2.6 Selektivitas

Selektivitas adalah suatu metode yang hanya dapat mengukur zat tertentu secara cermat dan seksama dengan adanya komponen lain yang mungkin terdapat dalam matriks sampel. Selektivitas dapat dinyatakan sebagai derajat penyimpangan (*degree of bias*) metode yang dilakukan terhadap sampel. Sampel tersebut mengandung bahan yang ditambahkan berupa cemaran, hasil urai, senyawa sejenis, senyawa asing lainnya. Hasil analisis sampel yang terdapat senyawa asing dibandingkan terhadap hasil analisis sampel yang tidak mengandung bahan lain yang ditambahkan. Jika terdapat penyimpangan maka merupakan selisih dari hasil uji keduanya. Jika cemaran dan hasil urai tidak dapat diidentifikasi, maka selektivitas ditunjukkan dengan cara menganalisis sampel yang mengandung cemaran dengan metode yang akan diuji lalu dibandingkan dengan metode lain untuk pengujian kemurnian seperti kromatografi, analisis kelarutan fase, dan kolorimeter. Derajat kesesuaian kedua hasil analisis tersebut merupakan ukuran selektivitas. Pada metode analisis menggunakan kromatografi, selektivitas ditentukan melalui perubahan daya resolusinya ( $R_s$ ) [17].

Interferensi adalah gangguan yang menyebabkan hasil analisis menyimpang dari hasil yang sebenarnya (*true value*). Interferensi dapat menyebabkan nilai yang terukur lebih besar atau lebih kecil dari nilai sebenarnya. Jika nilai yang terukur lebih besar disebut sebagai interferensi positif. Namun, jika nilai yang terukur lebih kecil disebut sebagai interferensi negatif. Jika ditinjau dari penyebabnya, interferensi terbagi menjadi dua jenis, yaitu [18] :

### a. Interferensi Spektra

Interferensi spektra disebabkan karena terjadi tumpang tindih (*overlap*) dari garis-garis resonansi yang diemisikan pada tiap unsur. Tiap-tiap unsur memiliki garis spektra pada berbagai panjang gelombang. Gangguan spektra ini dapat diatasi dengan meningkatkan resolusi melalui prisma dan filter atau dengan teknik pemisahan seperti pengendapan dan ekstraksi pelarut.

### b. Interferensi Kimia

Interferensi kimia disebabkan oleh terbentuknya senyawa yang stabil. Senyawa tersebut dapat menyebabkan

peruraian tidak sempurna. Penyebab lain dari interferensi kimia adalah ionisasi atom-atom gas dalam keadaan dasar. Gangguan kimia ini dapat diatasi dengan meningkatkan temperatur dan ekstraksi.

## 2.7 Validasi

Validasi merupakan suatu metode analisis penilaian terhadap parameter tertentu berdasarkan percobaan di laboratorium. Validasi dilakukan untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan untuk penggunaannya. Beberapa parameter analisis dalam validasi yaitu [17] :

### 1. Kecermatan (*accuracy*)

Kecermatan adalah ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya. Kecermatan dinyatakan sebagai persen *recovery* analit yang ditambahkan. Kecermatan hasil analisis tergantung pada instrumentasi yang digunakan dalam tahapan analisis. Oleh karena itu, untuk mencapai kecermatan yang tinggi maka dapat dilakukan dengan cara menggunakan peralatan yang telah dikalibrasi, menggunakan pereaksi dan pelarut yang baik, pengontrolan suhu, pelaksanaannya yang cermat, dan perlakuan sesuai prosedur.

Cara penentuan kecermatan (*accuracy*) :

Kecermatan dapat ditentukan dengan dua cara yaitu metode simulasi (*spiked-placebo recovery*) atau metode penambahan baku (*standard addition method*). Dalam metode simulasi (*spiked-placebo recovery*), analit yang memiliki kemurnian tinggi ditambahkan ke dalam sampel lalu campuran tersebut dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan kadar analit yang ditambahkan atau kadar sebenarnya. Dalam metode penambahan baku, sampel dianalisis lalu analit yang diperiksa ditambahkan ke dalam sampel dan dianalisis kembali. Selisih kedua hasil dibandingkan dengan kadar yang sebenarnya melalui metode standar yaitu menggunakan spektrofotometer. Dalam kedua metode tersebut akan diperoleh persen *recovery* yang dinyatakan sebagai rasio antara hasil yang diperoleh dengan hasil yang sebenarnya. Tetapi jika matrik pada sampel

tidak diketahui maka dapat dilakukan metode adisi. Metode adisi dilakukan dengan menambahkan sejumlah analit dengan konsentrasi tertentu pada sampel yang diperiksa lalu dianalisis. Kriteria kecermatan bergantung pada konsentrasi analit dalam matriks sampel dan pada keseksamaan metode (RSD). Selisih kadar pada berbagai penentuan konsentrasi yang dinyatakan sebagai  $X_d$  harus 5% atau kurang pada setiap konsentrasi analit tiap prosedur yang dilakukan. Harga rata-rata selisish secara statistik harus 1,5% atau kurang. Kriteria tersebut dinyatakan pada **Persamaan 2.1, 2.2, dan 2.3**

$$\left\{ \frac{X_d}{X_0} \cdot 100 \right\} < 5\% \quad (2.1)$$

$$\left\{ \frac{X_d}{X_0} \cdot 100 \right\} \cdot \frac{(S(0,95(n-1)))}{n} < 1,5\% \quad (2.2)$$

$$X_d = X_i - X_0 \quad (2.3)$$

Keterangan :

- $X_i$  = konsentrasi total sampel yang diperoleh dari pengukuran
- $X_0$  = konsentrasi sampel sebenarnya
- I = nilai t pada tabel dengan tingkat kepercayaan 95%
- S = simpangan baku relatif dari semua pengujian
- n = jumlah sampel yang dianalisis

Perhitungan perolehan kembali (persen *recovery*) dapat dinyatakan pada **Persamaan 2.4**

$$\%Recovery = \frac{(C_F - C_A)}{C_A^*} \times 100\%$$

Keterangan :

- $C_F$  = konsentrasi total sampel yang diperoleh dari pengukuran
- $C_A$  = konsentrasi sampel sebenarnya
- $C_A^*$  = konsentrasi analit yang ditambahkan

## 2. Keseksamaan (*precision*)

Keseksamaan adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji yang diukur.

Cara penentuan keseksamaan (*precision*) :

Keseksamaan diukur sebagai simpangan baku atau simpangan baku relatif. Keseksamaan dinyatakan sebagai keterulangan (*repeatability*) dan ketertiruan (*reproducibility*). Keterulangan adalah metode keseksamaan yang dilakukan berulang kali oleh analit yang sama pada kondisi yang sama dan dalam interval waktu yang pendek. Ketertiruan adalah metode keseksamaan yang dilakukan pada kondisi yang berbeda. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa koefisien variasi meningkat dengan menurunnya kadar analit yang dianalisis. Pada kadar 1% atau lebih, nilai RSD adalah 2,5%. Pada kadar satu per seribu, nilai RSD adalah 5%. Pada kadar ppm, nilai RSD adalah 16%, dan pada kadar ppb, nilai RSD adalah 32%. Pada metode yang sangat kritis, nilai RSD harus lebih dari 2%.

## **2.8 Metode Analisis Merkuri**

### **2.8.1 Spektrofotometri Visible**

Nama lain spektrofotometri visible adalah sinar tampak. Sinar tampak merupakan sinar yang dapat dilihat oleh mata manusia. Rentangan panjang gelombang pada sinar tampak adalah 400-800 nm. Energi yang dimiliki sinar tampak dapat menyebabkan elektron tereksitasi dari keadaan dasar (*ground state*) menuju kulit atom yang memiliki energi lebih tinggi atau menuju keadaan tereksitasi (*excited state*) [19].

#### **2.8.1.1 Komponen Instrumen Spektrofotometri Visible**

Komponen yang terdapat pada spektrofotometri visible, antara lain [19] :

##### **1. Sumber lampu**

Sumber lampu yang digunakan adalah berupa lampu halogen kuarsa atau lampu tungsten yang digunakan untuk daerah visible pada panjang gelombang 400-800 nm.

##### **2. Monokromator**

Monokromator digunakan untuk menyeleksi sinar pada panjang gelombang tertentu. Monokromator umumnya berupa prisma maupun grafting yang dapat mengarahkan sinar monokromatis yang diinginkan dari hasil penguraian.

### 3. Kuvet (sel)

Kuvet digunakan sebagai wadah larutan sampel. Pada umumnya kuvet memiliki ketebalan 1 cm.

### 4. Detektor

Detektor digunakan untuk mendeteksi nilai absorbansi pada sampel

## **2.8.1.2 Metode Analisis Merkuri Menggunakan Spektrofotometri Visible**

Metode analisis merkuri menggunakan spektrofotometri visible diawali dengan preparasi sampel dan standar dengan cara ekstraksi cair-cair. Selain itu, reagen pengkompleks yang digunakan adalah ditizon 0,001% b/v. Preparasi larutan standar yaitu dibuat konsentrasi standar  $0 \text{ mg L}^{-1}$  ;  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$  ;  $0,4 \text{ mg L}^{-1}$  ;  $0,6 \text{ mg L}^{-1}$  ;  $0,8 \text{ mg L}^{-1}$  ; dan  $1 \text{ mg L}^{-1}$ . Kemudian masing-masing larutan standar dipipet 2 ml dan ditambahkan ditizon 0,001% b/b 1 ml pada corong pisah. Preparasi sampel dilakukan dengan sampel ditimbang 0,125 gram kemudian dilarutkan dengan asam asetat 6 M. Kemudian masing-masing larutan standar dipipet 2 ml dan ditambahkan ditizon 0,001% b/b 1 ml pada corong pisah. Lalu larutan standard an sampel diekstraksi selama 1 menit. Setelah itu, larutan fasa organik dan fasa cair dipisahkan. Larutan fasa organik didiamkan selama 2 jam dan diukur absorbansi menggunakan spektrofotometri visible pada panjang gelombang 490 nm. Masing-masing sampel kosmetik dilakukan analisis secara triplo. Hasil tersebut menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,9999, nilai SD sebesar 0,0013, %RSD sebesar 2%. Dari hasil tersebut, maka dapat digunakan alternatif metode analisis merkuri menggunakan spektrofotometri visible [20].

## **2.8.2 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) umumnya merupakan salah satu jenis instrumen yang digunakan untuk analisis logam dalam sub atomik. Prinsip yang digunakan pada SSA ini adalah elektron dari ion logam diatomisasi ke orbital yang lebih tinggi dengan cara mengabsorpsi sejumlah energi pada panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang tersebut digunakan untuk transisi elektron pada unsur logam tertentu, setiap panjang gelombang hanya

berkaitan dengan satu unsur logam. Oleh karena itu, teknik SSA sangat selektif untuk masing-masing logam [19].

### **2.8.2.1 Komponen Instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**

Komponen yang terdapat pada SSA antara lain [19] :

1. Suplai Daya
2. Tabung katoda berongga  
Tabung ini berisi anoda dari tungsten dan katoda berbentuk silindris berongga serta gas inert seperti neon dan argon pada tekanan rendah (1 – 5 torr).
3. Pembakar  
dalam ruang pembakar terdapat *atomizer* yang digunakan untuk analisis serapan atom dan berupa pijaran api dan elektrotermal (tabung grafit).
4. Monokromator  
Fungsi dari monokromator adalah untuk menyeleksi sinar pada panjang gelombang tertentu sehingga dapat melewati sampel dari tabung katoda.
5. Detektor  
Fungsi dari detektor adalah untuk mendeteksi nilai absorbansi pada sampel.
6. Komputer  
Fungsi dari komputer adalah untuk visualisasi dan mengolah data.

### **2.8.2.2 Metode Analisis Merkuri Pada Sampel Kosmetik Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom**

Metode analisis merkuri pada sampel kosmetik berdasarkan ACM THA 05 menggunakan CV-AAS (*Cold Vapour Atomic Absorption Spectrophotometric*) diawali dengan preparasi larutan standar merkuri, preparasi sampel, dan pengukuran menggunakan CV-AAS. Preparasi larutan standar yaitu dibuat konsentrasi merkuri  $0 \text{ mg L}^{-1}$  ;  $5 \text{ mg L}^{-1}$  ;  $1 \text{ mg L}^{-1}$  ;  $2 \text{ mg L}^{-1}$  ; dan  $3 \text{ mg L}^{-1}$  dalam larutan HCl 3%. Preparasi sampel kosmetik yaitu dilakukan destruksi basah dengan cara sampel ditimbang 0,5 gram dan ditambahkan  $\text{HNO}_3$  pekat 7 ml. Kemudian sampel dipanaskan pada temperatur  $60^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Larutan sampel didinginkan dan dimasukkan dalam labu ukur 50 ml Kemudian ditandabatkan dengan air. Apabila

sampel berupa krim dan lipstik, sampel disimpan dalam kulkas selama 24 jam. Setelah itu, larutan sampel disaring dengan kertas whatman No. 42. Hasil filtrat larutan sampel dan larutan standar merkuri diukur nilai absorbansi menggunakan CV-AAS. Kondisi pengukuran merkuri menggunakan CV-AAS yaitu [21] :

Lampu Katode Berongga	: Hg
$\lambda$ (nm)	: 253,7 nm
Agen Pereduksi	: 0,2% w/v NaBH <sub>4</sub>
Carrier	: 3% v/v HCl
Temperatur	: 300°C
Volume Injeksi	: 500 $\mu$ L

Hasil dari kurva baku merkuri berupa persamaan garis linier  $y = ax$  dimana  $y$  adalah absorbansi (A) dan  $x$  adalah konsentrasi sampel yang terukur serta koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,99815. Nilai absorbansi sampel yang telah diukur dimasukkan dalam persamaan garis linier untuk mengetahui konsentrasi merkuri yang terukur. Konsentrasi merkuri yang terukur dikonversikan untuk mengetahui konsentrasi merkuri pada sampel yang ditunjukkan melalui persamaan 2.1 [17]

$$\text{Hg} = \frac{C_{\text{ukur}} (\mu\text{g/L}) \times V_{\text{sampel}} (\text{ml})}{m_{\text{sampel}} (\text{gram}) \times 1000} \mu\text{g/g} \quad (2.1)$$

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian yang akan dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang. Pelaksanaan penelitian pada bulan Agustus 2018 hingga Desember 2018.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah tabung reaksi, pipet ukur 10 ml, gelas arloji, batang pengaduk, labu ukur 100 ml, labu ukur 25 ml, gelas kimia 250 ml, neraca analitik, rak tabung reaksi, corong pisah, *stick*, membran PTFE, dan botol semprot. Instrument yang digunakan adalah spektrofotometer serapan atom (SSA) Shimadzu AA-6200 dengan lampu katode berongga Hg. Spektrofotometri UV-Vis Shimadzu 1600 *series*. *Software* yang digunakan untuk mengukur nilai RGB adalah RGB *detector*.

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah ditizon, kloroform, merkuri (II) sulfat ( $\text{HgSO}_4$ , *Merck*), tembaga (II) sulfat ( $\text{CuSO}_4$ , *Merck*), kadmium (II) karbonat ( $\text{CdCO}_3$ , *Merck*), kobalt (II) klorida ( $\text{CoCl}_2$ , *Merck*), seng (II) sulfat ( $\text{ZnSO}_4$ , *Merck*), larutan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 0,1 M, dan akuades.

#### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan, antara lain :

1. Pengumpulan alat dan bahan
2. Preparasi larutan
  - a. Preparasi larutan stok  $\text{Hg}^{2+}$  100 mg L<sup>-1</sup>
  - b. Preparasi larutan standar  $\text{Hg}^{2+}$  1-10 mg L<sup>-1</sup>
  - c. Preparasi larutan stok  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  100 mg L<sup>-1</sup>
  - d. Preparasi larutan ditizon 0,03%

- e. Preparasi larutan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 0,1 M
- f. Preparasi larutan campuran
1.  $\text{Hg}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$
  2.  $\text{Hg}^{2+}$  dan  $\text{Cd}^{2+}$
  3.  $\text{Hg}^{2+}$  dan  $\text{Co}^{2+}$
  4.  $\text{Hg}^{2+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$
- g. Preparasi larutan sampel merkuri
3. Optimasi Metode
- a. Penentuan desain tes kit
  - b. Proses dopping membran PTFE pada reagen ditizon
  - c. Penentuan bahan tes kit
  - d. Waktu penyimpanan ditizon
  - e. Pembuatan *colour chart*
  - f. Pengujian selektivitas pengaruh kation logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  dalam pembuatan tes kit merkuri menggunakan membran hidrofobik dan reagen ditizon
4. Pengukuran kadar merkuri pada sampel kosmetik dan sampel sintetis dengan spektrofotometri serapan atom (SSA) secara triplo
5. Analisis data

### 3.4 Prosedur Kerja

#### 3.4.1 Preparasi Larutan Ditizon 0,03%

Preparasi larutan ditizon 0,03% dibuat dengan menimbang ditizon sebanyak 0,03 gram. Kemudian dilarutkan dengan kloroform dan dimasukkan dalam labu ukur 100 ml. Setelah itu, ditambahkan kloroform hingga tanda batas dan didapatkan larutan ditizon berwarna biru kehijauan dengan konsentrasi 0,03%.

#### 3.4.2 Preparasi Larutan $\text{HNO}_3$

Preparasi larutan  $\text{HNO}_3$  dibuat terlebih dahulu larutan stok  $\text{HNO}_3$  5 M dengan cara larutan  $\text{HNO}_3$  65% dipipet sebanyak 32 ml dan dimasukkan dalam labu ukur 100 ml. Kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan stok  $\text{HNO}_3$  siap digunakan.

Preparasi larutan  $\text{HNO}_3$  0,1 M dibuat dengan cara larutan stok  $\text{HNO}_3$  5 M dipipet sebanyak 5 ml dan dimasukkan dalam labu ukur 100 ml. Kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan  $\text{HNO}_3$  0,1 M siap digunakan.

### 3.4.3 Preparasi Larutan Induk $\text{Hg}^{2+}$ 100 $\text{mg L}^{-1}$

Preparasi larutan induk  $\text{Hg}^{2+}$  100  $\text{mg L}^{-1}$  dibuat dengan menimbang  $\text{HgSO}_4$  sebanyak 0,014 gram. Kemudian dilarutkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 M dan dimasukkan dalam labu ukur 100 ml. Setelah itu, ditambahkan  $\text{HNO}_3$  0,1 M hingga tanda batas.

### 3.4.4 Preparasi Larutan Induk $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ , dan $\text{Zn}^{2+}$ 100 $\text{mg L}^{-1}$

Preparasi larutan induk  $\text{Co}^{2+}$  100  $\text{mg L}^{-1}$  dibuat dengan menimbang  $\text{CoCl}_2$  sebanyak 0,022 gram. Kemudian dilarutkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 M dan dimasukkan dalam labu ukur 100 ml. Setelah itu ditambahkan  $\text{HNO}_3$  0,1 M hingga tanda batas.

Preparasi larutan induk  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  100  $\text{mg L}^{-1}$  dibuat dengan cara yang sama dengan menimbang 0,015 gram  $\text{CdCO}_3$  ; 0,025 gram  $\text{CuSO}_4$  ; dan 0,025 gram  $\text{ZnSO}$  yang dilarutkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 M dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan  $\text{HNO}_3$  0,1 M hingga tanda batas.

### 3.4.5 Preparasi Larutan Standar $\text{Hg}^{2+}$

Larutan standar  $\text{Hg}^{2+}$  yang akan dibuat memiliki konsentrasi 1-10  $\text{mg L}^{-1}$ , 20  $\text{mg L}^{-1}$ , dan 50  $\text{mg L}^{-1}$ . Preparasi larutan standar  $\text{Hg}^{2+}$  yang dilakukan dengan cara larutan induk  $\text{Hg}^{2+}$  100  $\text{mg L}^{-1}$  dipipet 0,25 ml ; 0,5 ml ; 0,75 ml ; 1 ml ; 1,25 ml ; 1,5 ml ; 1,75 ml ; 2 ml ; 2,25 ml ; 2,5 ml ; 5 ml ; dan 12,5 ml dalam masing-masing labu ukur 25 ml. Kemudian ditambahkan larutan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 0,1 M hingga tanda batas.

### 3.4.6 Preparasi Larutan Campuran

**Tabel 3.1** Preparasi larutan campuran

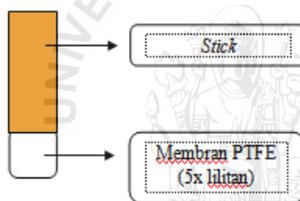
No.	Rasio $\text{Hg}^{2+}$ : Ion Pengganggu	Volume $\text{Hg}^{2+}$ 100 $\text{mg L}^{-1}$ (ml)	Volume Ion Penggangu* 100 $\text{mg L}^{-1}$ (ml)	Volume Total (ml)
1.	1 : 0	1,5	0	25
2.	1 : 1	1,5	1,5	25
3.	1 : 2	1,5	3	25
4.	1 : 3	1,5	4,5	25
5.	1 : 10	1,5	15	25

\* Ion pengganggu :  $\text{Cu}^{2+}$  /  $\text{Cd}^{2+}$  /  $\text{Co}^{2+}$  /  $\text{Zn}^{2+}$

Preparasi larutan campuran dibuat dari larutan induk  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  100 mg  $\text{L}^{-1}$  dengan perbandingan konsentrasi antara merkuri dengan ion logam yang mengganggu yaitu 1:1 (6 mg  $\text{L}^{-1}$  : 6 mg  $\text{L}^{-1}$ ), 1:2 (6 mg  $\text{L}^{-1}$  : 12 mg  $\text{L}^{-1}$ ), 1:3 (6 mg  $\text{L}^{-1}$  : 18 mg  $\text{L}^{-1}$ ), dan 1:10 (6 mg  $\text{L}^{-1}$  : 60 mg  $\text{L}^{-1}$ ). Preparasi larutan campuran yang dilakukan dalam labu ukur 25 ml dan ditambahkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 M hingga tanda batas pada Tabel. 3.1

### 3.4.7 Desain Tes Kit Merkuri

Desain tes kit merkuri dibuat dari *stick* sebagai media untuk membran PTFE serta sebagai media pegangan. Membran PTFE yang digunakan sebanyak 5 lilitan dan ditempatkan pada ujung *stick*. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses pencelupan pada larutan sampel merkuri. Selain itu, masyarakat juga mudah mengaplikasikan tes kit merkuri terhadap sampel kosmetik yang akan diuji. Desain tes kit merkuri yang digunakan dalam penelitian ini pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Desain Tes Kit

### 3.4.8 Preparasi Larutan Sampel Merkuri dari Kosmetik

Preparasi larutan sampel merkuri menggunakan sampel kosmetik dilakukan dengan cara pelabelan sampel kosmetik yang digunakan untuk pengujian yaitu sampel kosmetik A dan B. Kemudian, masing-masing sampel kosmetik ditimbang 5 gram dan dilarutkan dengan larutan  $\text{HNO}_3$  0,1 M. Setelah itu, dimasukkan dalam labu ukur 25 ml dan ditambahkan larutan  $\text{HNO}_3$  0,1 M hingga tanda batas. Masing-masing sampel kosmetik dilakukan secara triplo.

### 3.4.9 Preparasi Larutan Sampel Sintetik 4 dan 5 mg L<sup>-1</sup>

Preparasi sampel sintetik dibuat dengan cara larutan induk Hg<sup>2+</sup> dipipet 1 ml dan 1,25 ml kemudian dimasukkan dalam labu ukur 25 ml dan ditambahkan dengan HNO<sub>3</sub> 0,1 M hingga tanda batas.

#### 3.4.10 Proses Dopping Membran PTFE Dengan Reagen Ditizon

Proses dopping membran PTFE yang dilakukan dalam penelitian ini diawali dengan larutan ditizon 0,03% dipipet 2 ml ke dalam tabung reaksi. Kemudian membran PTFE yang sudah ditempelkan pada ujung *stick* dicelupkan ke dalam larutan ditizon selama 1 menit. Setelah itu, membran PTFE akan mengalami perubahan warna dari putih menjadi hijau kebiruan.

#### 3.4.11 Pembuatan Komparator Warna (*Colour Chart*)

Pembuatan *colour chart* diawali dengan 2 ml larutan standar merkuri 1-10 mg L<sup>-1</sup> dimasukkan dalam tabung reaksi. Kemudian, *stick* yang sudah dilapisi membran PTFE dicelupkan ke dalam larutan standar merkuri 1-10 mg L<sup>-1</sup> yang berada di tabung reaksi. Setelah itu, tabung reaksi dikocok dan ditunggu hingga terjadi perubahan warna ± 1 menit pada membran PTFE. Warna yang terbentuk pada membran PTFE difoto dan diukur nilai RGB. *Colour chart* digunakan untuk membandingkan warna dalam penentuan konsentrasi merkuri yang terdapat pada sampel kosmetik.

#### 3.4.12 Uji Selektivitas Kation Logam Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, dan Zn<sup>2+</sup>

Uji selektivitas ion Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> dan Zn<sup>2+</sup> terhadap kinerja tes kit merkuri dilakukan dengan metode spektrofotometri. Dalam uji selektivitas menggunakan larutan campuran merkuri(II) dan ion logam yang mengganggu. Perbandingan konsentrasi larutan merkuri(II) dengan ion logam yang mengganggu adalah 1:1 (6 mg L<sup>-1</sup> : 6 mg L<sup>-1</sup>), 1:2 (6 mg L<sup>-1</sup> : 12 mg L<sup>-1</sup>), 1:3 (6 mg L<sup>-1</sup> : 18 mg L<sup>-1</sup>), dan 1:10 (6 mg L<sup>-1</sup> : 60 mg L<sup>-1</sup>).

Tiap-tiap larutan campuran dipipet 5 ml dan ditambahkan 5 ml larutan ditizon ke dalam corong pisah. Kemudian dikocok selama 8 menit hingga terbentuk fasa organik yang berwarna jingga. Fasa organik tersebut diambil dan dilakukan pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometri visible dengan panjang gelombang

maksimum yaitu 490 nm.

Tiap-tiap larutan campuran dipipet 2 ml dalam tabung reaksi. Kemudian 2 ml larutan ditizon 0,03% juga dimasukkan ke tabung reaksi. Tes kit yang sudah dilapisi membran PTFE dicelupkan ke dalam larutan ditizon 0,03% selama 1 menit. Kemudian dilanjutkan dengan tes kit yang dicelupkan ke dalam tiap-tiap larutan campuran dan dikocok. Warna yang terbentuk difoto dan diukur nilai RGB dari tiap-tiap larutan campuran.

### 3.4.13 Penentuan Nilai RGB

Penentuan nilai RGB dilakukan dengan mengukur nilai RGB menggunakan aplikasi RGB *detector* yang terdapat pada *smartphone*. Warna yang terbentuk pada tes kit difoto menggunakan kamera. Hasil foto tersebut dapat mengukur nilai RGB pada tes kit menggunakan aplikasi RGB *detector*.

### 3.4.14 Uji Validitas Tes Kit Merkuri

Uji validitas dilakukan dengan membandingkan hasil konsentrasi merkuri yang terukur pada metode tes kit merkuri dan metode spektrofotometri serapan atom (SSA). Hasil uji validitas yang baik jika kedua metode tersebut tidak berbeda nyata yang ditinjau dari uji-t.

Dalam uji validasi, sampel yang digunakan berupa sampel sintetik 4 dan 5 mg L<sup>-1</sup> serta sampel kosmetik A dan B. Sampel sintetik dan kosmetik dipipet 2 ml dan dimasukkan dalam tabung reaksi. Uji validasi pada metode tes kit dilakukan dengan cara mencelupkan *stick* yang sudah dilapisi membran PTFE ke dalam larutan ditizon 0,03% selama  $\pm$  1 menit. Setelah itu, tes kit dicelupkan ke dalam larutan sampel kosmetik A dan B serta sampel sintetik 4 dan 5 mg L<sup>-1</sup> yang telah dibuat dalam pelarut HNO<sub>3</sub> 0,1 M secara triplo. Kemudian, warna yang terbentuk difoto dan diukur nilai RGB lalu dibandingkan dengan *colour chart* untuk menentukan konsentrasi merkuri dalam sampel kosmetik.

Uji validasi pada metode spektrofotometri serapan atom (SSA) dilakukan dengan cara diukur terlebih dahulu larutan standar merkuri 0 mg L<sup>-1</sup> ; 2 mg L<sup>-1</sup> ; 10 mg L<sup>-1</sup> ; 20 mg L<sup>-1</sup> ; dan 50 mg L<sup>-1</sup> untuk memperoleh kurva baku merkuri. Sampel sintetik dan kosmetik dipipet 5 ml dan dimasukkan dalam tabung reaksi.

Kemudian diukur nilai absorbansi larutan sampel sintetis dan kosmetik. Kadar merkuri dalam sampel dengan metode spektrofotometer serapan atom (SSA) dapat ditentukan dengan persamaan garis linier pada kurva baku merkuri. Hasil dari kurva baku berupa persamaan garis linier  $y = ax$  dan koefisien korelasi ( $R^2$ ) dimana  $y$  adalah absorbansi ( $A$ ) dan  $x$  adalah konsentrasi sampel yang terukur. Persamaan tersebut dapat digunakan jika nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) memenuhi persyaratan yakni  $0,99 \leq R^2 \leq 1$ . Persamaan garis linier yang dihasilkan dari kurva baku merkuri digunakan untuk menentukan konsentrasi merkuri dalam sampel kosmetik dan sampel sintetis.

Hasil yang diperoleh berupa konsentrasi pada tes kit merkuri dibandingkan dengan hasil pada spektrofotometri serapan atom (SSA). Lalu, dihitung nilai SD, RSD, akurasi dan uji t. Hasil uji validasi yang baik jika nilai SD dan RSD rendah, tingkat akurasi tinggi, serta konsentrasi merkuri yang terukur pada kedua metode tersebut tidak berbeda nyata yang ditinjau dari uji-t dengan syarat  $t_{hitung} < t_{tabel}$ .

### 3.5 Analisis Data

#### 3.5.1 Perhitungan Persamaan Regresi Linier dan Koefisien Korelasi

Pembuatan kurva standar di mana hubungan antara konsentrasi larutan merkuri ( $Hg^{2+}$ ) terhadap absorbansi menghasilkan persamaan regresi linier (persamaan 3.1).

$$y = ax \quad (3.1)$$

dimana  $y$  adalah absorbansi ( $A$ ) dan  $x$  adalah konsentrasi sampel yang terukur. Nilai  $a$  dapat ditentukan dengan persamaan 3.2.

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (3.2)$$

Sedangkan koefisien korelasi  $R^2$  dari persamaan regresi dapat ditentukan melalui persamaan 3.3.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n x_i^2)(\sum_{i=1}^n y_i^2)}} \quad (3.3)$$

Koefisien korelasi digunakan untuk menyatakan ketepatan rata-rata semua titik koordinat pada kurva standar terhadap garis linier yang diperoleh dari persamaan regresi. Syarat koefien korelasi dapat diterima adalah  $0,999 \leq R^2 \leq 1$ .

### 3.5.2 Perhitungan Standar Deviasi

Standar deviasi dan standar deviasi relatif digunakan untuk mengetahui ketelitian dari hasil data-data absorbansi larutan sampel yang telah diperoleh melalui persamaan 3.4 dan 3.5.

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.4)$$

$$\%RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan :

- SD = standar deviasi
- RSD = standar deviasi relatif
- N = pengulangan yang dilakukan
- $\bar{x}$  = rata-rata konsentrasi terukur ( $\text{mg L}^{-1}$ )
- $x_i$  = konsentrasi terukur yang diperoleh ( $\text{mg L}^{-1}$ )

%RSD merupakan batas-batas yang masih dapat diterima ketelitiannya. Tingkat ketelitiannya terdiri dari :

- $RSD \leq 1\%$  : sangat teliti
- $1\% < RSD \leq 2\%$  : teliti
- $2\% < RSD \leq 5\%$  : ketelitian sedang
- $RSD > 5\%$  : ketelitian rendah

### 3.5.3 Perhitungan Akurasi

Akurasi merupakan suatu prosedur analisis yang menggambarkan kedekatan antara nilai sebenarnya dengan nilai hasil pengukuran. Akurasi dilakukan untuk mengetahui ketepatan suatu metode yang dilakukan dalam penelitian. Akurasi dirumuskan melalui persamaan 3.6.

$$\%Akurasi = 100\% - \left( \frac{|\bar{x} - x_{\text{sesungguhnya}}|}{x_{\text{sesungguhnya}}} \times 100\% \right) \quad (3.6)$$

### 3.5.4 Perhitungan Uji-t

Uji-t dilakukan untuk mengetahui apakah hasil pengukuran sampel dengan dua metode yang berbeda memberikan hasil yang tidak berbeda nyata. Uji-t dapat dirumuskan melalui persamaan 3.7.

$$t_{\text{hitung}} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\left(\frac{SD_1^2}{n_1}\right) + \left(\frac{SD_2^2}{n_2}\right)}} \quad (3.7)$$

Keterangan :

- $\bar{x}_1$  = rata-rata konsentrasi merkuri metode spektrofotometri serapan atom (SSA)
- $\bar{x}_2$  = rata-rata konsentrasi merkuri metode tes kit
- $SD_1$  = standar deviasi metode spektrofotometri serapan atom (SSA)
- $SD_2$  = standar deviasi metode tes kit
- $n$  = jumlah pengulangan

Hasil dari  $t_{\text{hitung}}$  dibandingkan dengan  $t_{\text{tabel}}$  dengan tingkat kepercayaan tertentu dan derajat kebebasan  $df = n-1$ . Syarat uji-t jika  $t_{\text{hitung}} > t_{\text{tabel}}$  maka hasil pengukuran beda nyata. Syarat uji-t yang lain jika  $t_{\text{hitung}} < t_{\text{tabel}}$  maka hasil pengukuran tidak berbeda secara signifikan dengan tingkat kepercayaan 95%.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

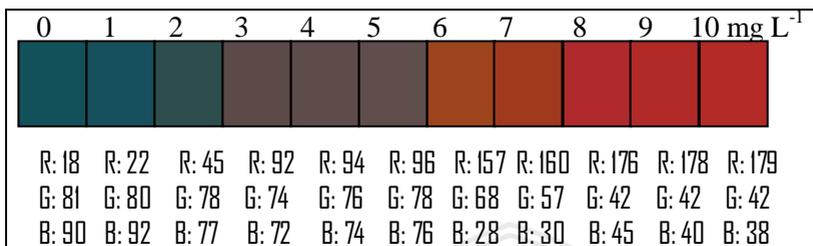
Pembuatan tes kit merkuri yang menggunakan ditizon sebagai senyawa pengkompleks didasarkan pada pembentukan kompleks merkuri (II) ditizonat. Identifikasi kompleks merkuri (II) ditizonat berwarna jingga dapat terlihat pada membran PTFE yang bersifat hidrofobik. Oleh karena itu, tes kit merkuri berupa stik dililitkan membran PTFE untuk analisis merkuri.

Metode tes kit merkuri pada penelitian ini diaplikasikan pada kosmetik. Namun, dalam pengaplikasian tes kit merkuri diperlukan beberapa pengujian yaitu uji selektivitas dan uji validitas. Uji selektivitas yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh kation logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$ . Kation logam tersebut merupakan matriks dalam kosmetik sehingga diharapkan metode tes kit merkuri dapat selektif terhadap kation logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$ . Pada uji validitas tes kit merkuri menggunakan sampel sintetik merkuri dan sampel kosmetik. Hasil konsentrasi pada tes kit dibandingkan dengan metode standar yaitu dengan spektrofotometri serapan atom (SSA). Hasil validasi yang baik adalah metode tes kit tidak berbeda nyata dengan metode standar spektrofotometri serapan atom (SSA) melalui uji-t dimana  $t_{\text{hitung}} < t_{\text{tabel}}$ , nilai akurasi tinggi, dan nilai ketelitian melalui RSD rendah.

#### 4.1 Pembuatan Komparator Warna (*Colour Chart*) Tes Kit Merkuri

Komparator warna tes kit merkuri dibuat sebagai alat bantu untuk menentukan konsentrasi merkuri. Komparator warna digunakan sebagai pembanding untuk menentukan konsenrasi merkuri dalam sampel, di mana intensitas warna sebanding dengan konsentrasi merkuri. Warna yang terbentuk pada hasil analisa sampel menggunakan tes kit merkuri dicocokkan dengan komparator warna sehingga dapat diketahui konsentrasi merkuri dalam sampel tersebut. Selain pengamatan melalui warna, juga dilakukan pengamatan dengan membandingkan nilai RGB dari sampel dengan RGB dari *Colour Chart* tes kit merkuri.

Pembuatan komparator warna tes kit merkuri dilakukan dengan membuat variasi konsentrasi merkuri yaitu 1-10 mg L<sup>-1</sup>. Konsentrasi tersebut dipilih karena intensitas warna yang dihasilkan dapat dibedakan. Berikut merupakan hasil dari *Colour Chart* tes kit merkuri yang ditunjukkan pada Gambar 4.1



**Gambar 4.1** Komparator warna (*colour chart*) tes kit merkuri

Berdasarkan Gambar 4.1 terlihat bahwa semakin besar konsentrasi merkuri maka nilai intensitas warna merah (R) pada RGB mulai meningkat sehingga warna yang dihasilkan semakin merah. Berdasarkan komparator tersebut, perbedaan warna yang menunjukkan perbedaan konsentrasi mulai dari 1-10 mg L<sup>-1</sup>. Oleh karena itu, komparator tersebut dapat digunakan sebagai pembanding untuk mengetahui konsentrasi merkuri dalam sampel menggunakan tes kit merkuri.

#### 4.2 Uji Selektivitas Terhadap Kation Pengganggu (Cd<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, dan Zn<sup>2+</sup>)

Uji selektivitas tes kit merkuri dilakukan untuk mengetahui selektivitas tes kit merkuri terhadap kation pengganggu Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, dan Zn<sup>2+</sup>. Pada studi ini dilakukan penambahan ion logam asing yaitu Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, dan Zn<sup>2+</sup> yang didasarkan pada keberadaan kation logam dalam kosmetik. Pada uji selektivitas terhadap ion logam asing digunakan konsentrasi merkuri 6 mg L<sup>-1</sup> karena konsentrasi tersebut terdapat perubahan warna kompleks Hg(II)-DTZ yang signifikan sehingga mudah diamati dari perubahan intensitas warna melalui nilai RGB dan perubahan absorbansi. Penentuan pengaruh ion logam asing pada pengukuran konsentrasi merkuri dilakukan dengan menambahkan masing-masing ion logam asing Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, dan Zn<sup>2+</sup> dengan konsentrasi 6 mg L<sup>-1</sup>, 12 mg

L<sup>-1</sup>, 18 mg L<sup>-1</sup>, dan 60 mg L<sup>-1</sup> ke dalam larutan campuran merkuri dengan konsentrasi 6 mg L<sup>-1</sup>.

Uji selektivitas tes kit merkuri ini dilakukan dengan 2 metode. Metode pertama yaitu uji selektivitas dengan mengamati perubahan warna pada tes kit merkuri dan diukur nilai RGB. Metode kedua yaitu menggunakan spektrofotometri visible pada panjang gelombang maksimum 490 nm.

#### 4.2.1 Pengaruh Ion Cu<sup>2+</sup>

Pengaruh penambahan ion Cu<sup>2+</sup> dengan konsentrasi 6-60 mg L<sup>-1</sup> pada metode tes kit yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 serta kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing Cu<sup>2+</sup> terhadap nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ ditunjukkan pada Gambar 4.3. Selain itu, pengaruh ion Cu<sup>2+</sup> dengan konsentrasi 6-60 mg L<sup>-1</sup> terhadap absorbansi kompleks Hg(II)-DTZ pada metode spektrofotometri visible ditunjukkan pada Gambar 4.4.

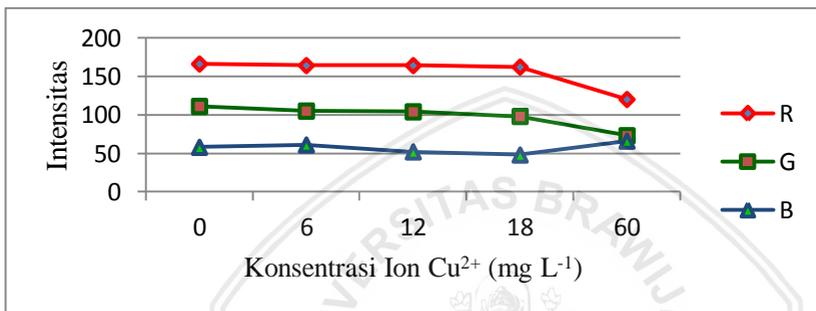
[Cu <sup>2+</sup> ] :	0	6	12	18	60 mg L <sup>-1</sup>
Warna tes kit merkuri :					
Nilai RGB :	R: 166 G: 111 B: 58	R: 164 G: 105 B: 61	R: 164 G: 104 B: 52	R: 162 G: 98 B: 48	R: 120 G: 73 B: 66

**Gambar 4.2** Pengaruh penambahan ion Cu<sup>2+</sup> terhadap nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ

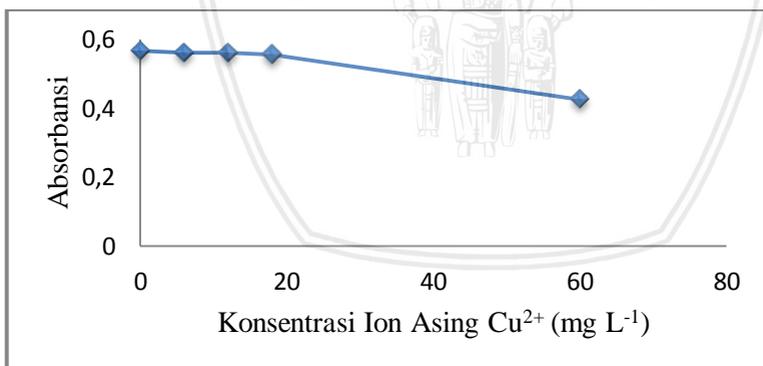
Berdasarkan Gambar 4.2, pengaruh ion Cu<sup>2+</sup> pada konsentrasi 6-18 mg L<sup>-1</sup> tidak terjadi perubahan warna yang signifikan. Sedangkan pada konsentrasi 60 mg L<sup>-1</sup> terjadi perubahan warna yang signifikan. Dari hasil tersebut, metode tes kit merkuri cukup selektif terhadap ion Cu<sup>2+</sup> pada konsentrasi 6-18 mg L<sup>-1</sup>. Namun, kurang selektif pada konsentrasi 60 mg L<sup>-1</sup>.

Berdasarkan nilai Kst, kompleks tembaga (II) ditizonat lebih rendah yaitu  $5,4 \times 10^6$  dibandingkan kompleks merkuri (II) ditizonat yaitu  $5,5 \times 10^6$ . Oleh karena itu, seharusnya ion Cu<sup>2+</sup> tidak mengganggu kinerja tes kit merkuri. Namun, jika ditinjau dari pH pembentukan kompleks tembaga (II) ditizonat yaitu pada pH 3,

sedangkan pH pembentukan kompleks merkuri (II) ditizonat yaitu pada pH 1 serta uji selektivitas dilakukan pada pH 1 maka jika kompleks tembaga (II) ditizonat pada konsentrasi rendah kurang stabil. Tetapi jika kompleks tembaga (II) ditizonat pada konsentrasi tinggi dapat mengalami pembentukan kompleks yang cukup stabil. Oleh karena itu, ion  $\text{Cu}^{2+}$  pada konsentrasi 6-18  $\text{mg L}^{-1}$  tidak mengganggu kinerja tes kit merkuri. Namun, ion  $\text{Cu}^{2+}$  pada konsentrasi 60  $\text{mg L}^{-1}$  mengalami interferensi negatif yang ditunjukkan dari hasil nilai RGB dan nilai absorbansi.



**Gambar 4.3** Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing  $\text{Cu}^{2+}$  terhadap nilai RGB senyawa kompleks  $\text{Hg(II)-DTZ}$



**Gambar 4.4** Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing  $\text{Cu}^{2+}$  terhadap absorbansi senyawa kompleks  $\text{Hg(II)-DTZ}$

Hal ini ditunjang dari nilai RGB pada Gambar 4.3 yang tidak berbeda nyata pada konsentrasi 6-18  $\text{mg L}^{-1}$  tetapi mengalami penurunan intensitas RGB pada konsentrasi 60  $\text{mg L}^{-1}$ . Selain itu,

hasil uji selektivitas terhadap ion  $\text{Cu}^{2+}$  juga ditunjang dari nilai absorbansi yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan spektrofotometri visible pada Gambar 4.4. Hasil dari pengukuran spektrofotometri visible menunjukkan nilai absorbansi yang tidak berbeda nyata pada konsentrasi 6-18  $\text{mg L}^{-1}$  tetapi mengalami penurunan absorbansi pada konsentrasi 60  $\text{mg L}^{-1}$ .

#### 4.2.2 Pengaruh Ion $\text{Co}^{2+}$

Pengaruh penambahan ion  $\text{Co}^{2+}$  dengan konsentrasi 6-60  $\text{mg L}^{-1}$  pada metode tes kit yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 serta kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing  $\text{Co}^{2+}$  terhadap nilai RGB senyawa kompleks  $\text{Hg(II)-DTZ}$  ditunjukkan pada Gambar 4.6. Selain itu, pengaruh ion  $\text{Co}^{2+}$  dengan konsentrasi 6-60  $\text{mg L}^{-1}$  terhadap absorbansi kompleks  $\text{Hg(II)-DTZ}$  pada metode spektrofotometri visible ditunjukkan pada Gambar 4.7.

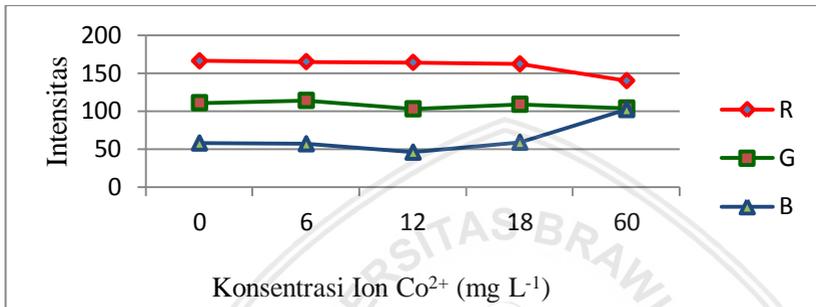
$[\text{Co}^{2+}]$ :	0	6	12	18	60 $\text{mg L}^{-1}$
Warna tes kit merkuri :					
Nilai RGB :	R: 166 G: 111 B: 58	R: 165 G: 114 B: 57	R: 164 G: 103 B: 46	R: 162 G: 109 B: 59	R: 140 G: 104 B: 102

**Gambar 4.5** Pengaruh penambahan ion  $\text{Co}^{2+}$  terhadap nilai RGB senyawa kompleks  $\text{Hg(II)-DTZ}$

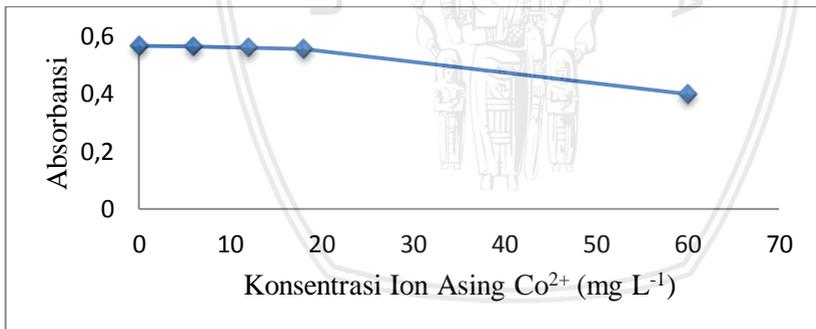
Berdasarkan Gambar 4.5, pengaruh ion  $\text{Co}^{2+}$  pada konsentrasi 6-18  $\text{mg L}^{-1}$  tidak terjadi perubahan warna yang signifikan. Sedangkan pada konsentrasi 60  $\text{mg L}^{-1}$  terjadi perubahan warna yang signifikan. Dari hasil tersebut, metode tes kit merkuri cukup selektif terhadap ion  $\text{Co}^{2+}$  pada konsentrasi 6-18  $\text{mg L}^{-1}$ . Namun, kurang selektif pada konsentrasi 60  $\text{mg L}^{-1}$ .

Berdasarkan nilai  $K_{st}$ , kompleks kobalt (II) ditizonat lebih rendah yaitu  $5,0 \times 10^6$  dibandingkan kompleks merkuri (II) ditizonat yaitu  $5,5 \times 10^6$ . Oleh karena itu, seharusnya ion  $\text{Co}^{2+}$  tidak mengganggu kinerja tes kit merkuri. Namun, jika ditinjau dari pH pembentukan kompleks kobalt (II) ditizonat yaitu pada pH 3, sedangkan pH pembentukan kompleks merkuri (II) ditizonat yaitu

pada pH 1 serta uji selektivitas dilakukan pada pH 1 maka jika kompleks kobalt (II) ditizonat pada konsentrasi rendah kurang stabil. Tetapi jika kompleks kobalt (II) ditizonat pada konsentrasi tinggi dapat mengalami pembentukan kompleks yang cukup stabil. Oleh karena itu, ion  $\text{Co}^{2+}$  pada konsentrasi 6-18  $\text{mg L}^{-1}$  tidak mengganggu kinerja tes kit merkuri. Namun, ion  $\text{Co}^{2+}$  pada konsentrasi 60  $\text{mg L}^{-1}$  mengalami interferensi negatif yang ditunjukkan dari hasil nilai RGB dan nilai absorbansi.



**Gambar 4.6** Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing  $\text{Co}^{2+}$  terhadap nilai RGB senyawa kompleks  $\text{Hg(II)-DTZ}$



**Gambar 4.7** Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing  $\text{Co}^{2+}$  terhadap absorbansi senyawa kompleks  $\text{Hg(II)-DTZ}$

Hal ini ditunjang dari nilai RGB pada Gambar 4.6 yang tidak berbeda nyata pada konsentrasi 6-18  $\text{mg L}^{-1}$  tetapi mengalami penurunan intensitas RGB pada konsentrasi 60  $\text{mg L}^{-1}$ . Selain itu, hasil uji selektivitas terhadap ion  $\text{Co}^{2+}$  juga ditunjang dari nilai absorbansi yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan

spektrofotometri visible pada Gambar 4.7. Hasil dari pengukuran spektrofotometri visible menunjukkan nilai absorbansi yang tidak berbeda nyata pada konsentrasi 6-18 mg L<sup>-1</sup> tetapi mengalami penurunan absorbansi pada konsentrasi 60 mg L<sup>-1</sup>.

#### 4.2.3 Pengaruh Ion Cd<sup>2+</sup>

Pengaruh penambahan ion Cd<sup>2+</sup> dengan konsentrasi 6-60 mg.L<sup>-1</sup> pada metode tes kit yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 serta kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing Cd<sup>2+</sup> terhadap nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ ditunjukkan pada Gambar 4.9. Selain itu, pengaruh ion Cd<sup>2+</sup> dengan konsentrasi 6-60 mg.L<sup>-1</sup> terhadap absorbansi kompleks Hg(II)-DTZ pada metode spektrofotometri visible ditunjukkan pada Gambar 4.10.

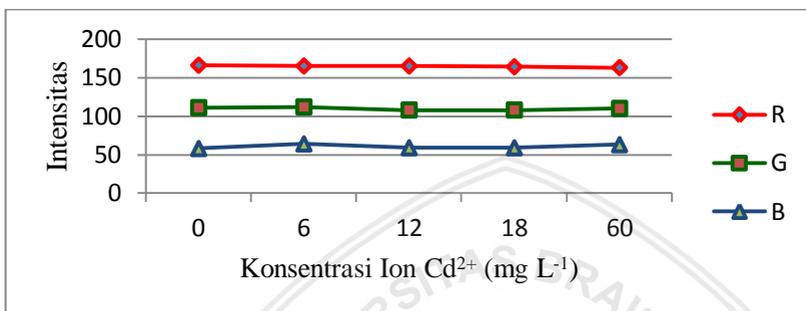
[Cd <sup>2+</sup> ] :	0	6	12	18	60 mg L <sup>-1</sup>
Warna tes kit merkuri :					
Nilai RGB :	R: 166 G: 111 B: 58	R: 165 G: 112 B: 64	R: 165 G: 108 B: 59	R: 164 G: 108 B: 59	R: 163 G: 110 B: 63

**Gambar 4.8** Pengaruh penambahan ion Cd<sup>2+</sup> terhadap nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ

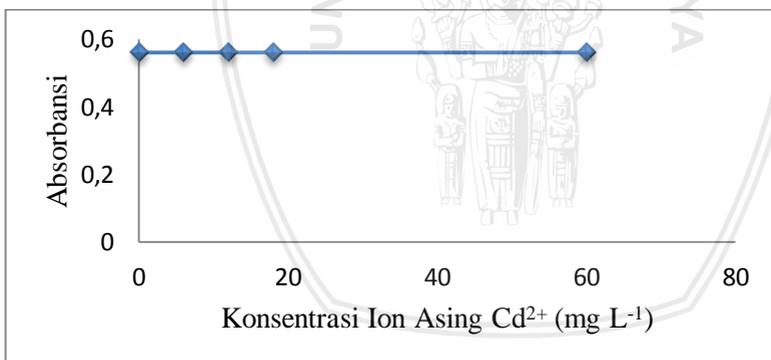
Berdasarkan Gambar 4.8, pengaruh ion Cd<sup>2+</sup> pada konsentrasi 6-60 mg L<sup>-1</sup> tidak terjadi perubahan warna yang signifikan. Dari hasil tersebut, metode tes kit merkuri cukup selektif terhadap ion Cd<sup>2+</sup> pada konsentrasi 6-60 mg L<sup>-1</sup>.

Berdasarkan nilai Kst, kompleks kadmium (II) ditizonat lebih rendah yaitu  $1,4 \times 10^6$  dibandingkan kompleks merkuri (II) ditizonat yaitu  $5,5 \times 10^6$ . Oleh karena itu, seharusnya ion Cd<sup>2+</sup> tidak mengganggu kinerja tes kit merkuri. Namun, jika ditinjau dari pH pembentukan kompleks kadmium (II) ditizonat yaitu pada pH 3, sedangkan pH pembentukan kompleks merkuri (II) ditizonat yaitu pada pH 1 serta uji selektivitas dilakukan pada pH 1 maka pembentukan kompleks kadmium (II) ditizonat kurang stabil sehingga tidak mengganggu kinerja tes kit merkuri.

Hal ini ditunjang dari nilai RGB pada Gambar 4.9 yang tidak berbeda nyata pada konsentrasi 6-60 mg L<sup>-1</sup>. Selain itu, hasil uji selektivitas terhadap ion Cd<sup>2+</sup> juga ditunjang dari nilai absorbansi yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan spektrofotometri visible pada Gambar 4.10. Hasil dari pengukuran spektrofotometri visible menunjukkan nilai absorbansi yang tidak berbeda nyata pada konsentrasi 6-60 mg L<sup>-1</sup>.



**Gambar 4.9** Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing Cd<sup>2+</sup> terhadap nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ



**Gambar 4.10** Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing Cd<sup>2+</sup> terhadap absorbansi senyawa kompleks Hg(II)-DTZ

#### 4.2.4 Pengaruh Ion Zn<sup>2+</sup>

Pengaruh penambahan ion Zn<sup>2+</sup> dengan konsentrasi 6-60 mg.L<sup>-1</sup> pada metode tes kit yang ditunjukkan pada Gambar 4.11 serta kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing Zn<sup>2+</sup> terhadap nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ ditunjukkan pada Gambar

4.12. Selain itu, pengaruh ion  $Zn^{2+}$  dengan konsentrasi 6-60  $mg.L^{-1}$  terhadap absorbansi kompleks  $Hg(II)$ -DTZ pada metode spektrofotometri visible ditunjukkan pada Gambar 4.13.

$[Zn^{2+}]$ :	0	6	12	18	60 $mg L^{-1}$
Warna tes kit merkuri :					
Nilai RGB :	R: 166 G: 111 B: 58	R: 166 G: 115 B: 68	R: 168 G: 110 B: 70	R: 169 G: 115 B: 69	R: 180 G: 96 B: 110

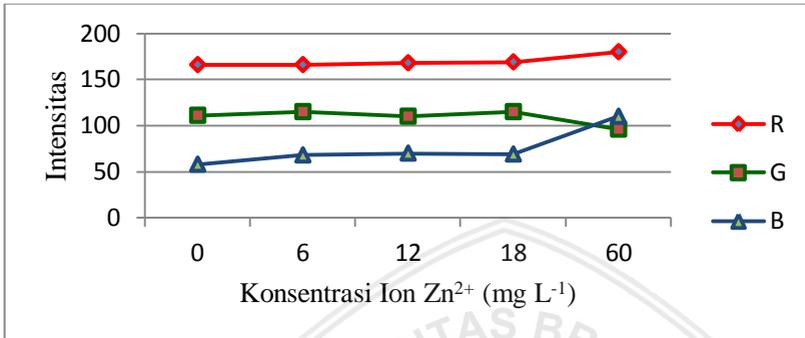
**Gambar 4.11** Pengaruh penambahan ion  $Zn^{2+}$  terhadap nilai RGB senyawa kompleks  $Hg(II)$ -DTZ

Berdasarkan Gambar 4.11, pengaruh ion  $Zn^{2+}$  pada konsentrasi 6-18  $mg L^{-1}$  tidak terjadi perubahan warna yang signifikan. Sedangkan pada konsentrasi 60  $mg L^{-1}$  terjadi perubahan warna yang signifikan. Dari hasil tersebut, metode tes kit merkuri cukup selektif terhadap ion  $Zn^{2+}$  pada konsentrasi 6-18  $mg L^{-1}$ . Namun, kurang selektif pada konsentrasi 60  $mg L^{-1}$ .

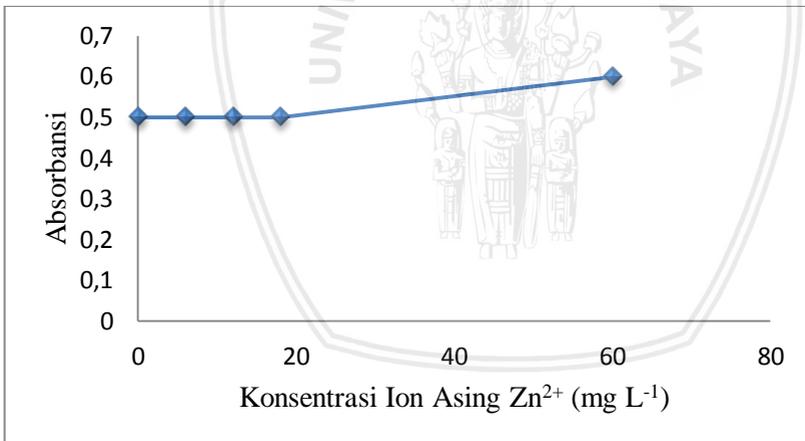
Berdasarkan nilai Kst, kompleks seng (II) ditizonat lebih rendah yaitu  $5,8 \times 10^6$  dibandingkan kompleks merkuri (II) ditizonat yaitu  $5,5 \times 10^6$ . Oleh karena itu, seharusnya ion  $Zn^{2+}$  mengganggu kinerja tes kit merkuri. Namun, jika ditinjau dari pH pembentukan kompleks seng (II) ditizonat yaitu pada pH 3, sedangkan pH pembentukan kompleks merkuri (II) ditizonat yaitu pada pH 1 serta uji selektivitas dilakukan pada pH 1 maka jika kompleks seng (II) ditizonat pada konsentrasi rendah kurang stabil. Tetapi jika kompleks seng (II) ditizonat pada konsentrasi tinggi dapat mengalami pembentukan kompleks yang cukup stabil. Oleh karena itu, ion  $Zn^{2+}$  pada konsentrasi 6-18  $mg L^{-1}$  tidak mengganggu kinerja tes kit merkuri. Namun, ion  $Zn^{2+}$  pada konsentrasi 60  $mg L^{-1}$  mengalami interferensi positif yang ditunjukkan dari hasil nilai RGB dan nilai absorbansi.

Hal ini ditunjang dari nilai RGB pada Gambar 4.12 yang tidak berbeda nyata pada konsentrasi 6-18  $mg L^{-1}$  tetapi mengalami kenaikan intensitas RGB pada konsentrasi 60  $mg L^{-1}$ . Selain itu, hasil uji selektivitas terhadap ion  $Zn^{2+}$  juga ditunjang dari nilai absorbansi

yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan spektrofotometri visible pada Gambar 4.13. Hasil dari pengukuran spektrofotometri visible menunjukkan nilai absorbansi yang tidak berbeda nyata pada konsentrasi 6-18 mg L<sup>-1</sup> tetapi mengalami kenaikan absorbansi pada konsentrasi 60 mg L<sup>-1</sup>.



**Gambar 4.12** Kurva hubungan pengaruh penambahn ion asing Zn<sup>2+</sup> terhadap nilai RGB senyawa kompleks Hg(II)-DTZ



**Gambar 4.13** Kurva hubungan pengaruh penambahan ion asing Zn<sup>2+</sup> terhadap absorbansi senyawa kompleks Hg(II)-DTZ

### 4.3 Uji Validasi

#### 4.3.1 Metode Tes Kit Merkuri

Aplikasi tes kit merkuri pada sampel sintetik dan sampel kosmetik. Warna dari hasil analisis merkuri pada sampel sintetik dicocokkan dengan komparator warna yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Hasil analisis merkuri pada sampel sintetik menggunakan tes kit merkuri

Konsentrasi merkuri		Hasil Analisis		
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
Sampel Sintetik 4 mg L <sup>-1</sup>	Komparator :	4 mg L <sup>-1</sup>  R: 94 G: 76 B: 74	3 mg L <sup>-1</sup>  R: 92 G: 74 B: 72	4 mg L <sup>-1</sup>  R: 94 G: 76 B: 74
	Sampel			
	Konsentrasi terukur	4 mg L <sup>-1</sup>	3 mg L <sup>-1</sup>	4 mg L <sup>-1</sup>
Sampel Sintetik 5 mg L <sup>-1</sup>	Komparator	6 mg L <sup>-1</sup>  R: 157 G: 68 B: 28	5 mg L <sup>-1</sup>  R: 96 G: 78 B: 76	5 mg L <sup>-1</sup>  R: 96 G: 78 B: 76
	Sampel			
	Konsentrasi yang terukur	6 mg L <sup>-1</sup>	5 mg L <sup>-1</sup>	5 mg L <sup>-1</sup>

Prosedur sampel kosmetik dilakukan dengan sampel ditimbang 5 gram dan dilarutkan dengan HNO<sub>3</sub> 0,1 M dalam labu

ukur 25 ml hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen. Larutan sampel yang digunakan adalah sebanyak 2 ml dimasukkan dalam tabung reaksi. Larutan ditizon 0,03% juga dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Tes kit merkuri yang sudah dilapisi membran PTFE dicelupkan ke dalam tabung yang berisi larutan ditizon 0,03% selama 1 menit dan dilanjutkan dengan dicelupkan ke larutan sampel sambil dikocok selama  $\pm 2$  menit hingga terjadi perubahan warna. Warna pada sampel kosmetik dicocokkan dengan komparator warna yang ditunjukkan pada Tabel 4.2

**Tabel 4.2** Hasil analisis merkuri pada sampel kosmetik menggunakan tes kit merkuri

Konsentrasi merkuri		Hasil Analisis		
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
Sampel Kosmetik A	Komparator :	9 mg L <sup>-1</sup>  R: 178 G: 42 B: 40	10 mg L <sup>-1</sup>  R: 179 G: 42 B: 38	9 mg L <sup>-1</sup>  R: 178 G: 42 B: 40
	Sampel			
	Konsentrasi terukur	9 mg L <sup>-1</sup>	10 mg L <sup>-1</sup>	9 mg L <sup>-1</sup>
Sampel Kosmetik B	Komparator	7 mg L <sup>-1</sup>  R: 160 G: 57 B: 30	8 mg L <sup>-1</sup>  R: 176 G: 42 B: 45	8 mg L <sup>-1</sup>  R: 176 G: 42 B: 45
	Sampel			
	Konsentrasi yang terukur	7 mg L <sup>-1</sup>	8 mg L <sup>-1</sup>	8 mg L <sup>-1</sup>

Pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 menunjukkan hasil analisis merkuri pada sampel sintetik dan kosmetik menggunakan tes kit merkuri. Setelah dianalisis menggunakan tes kit merkuri terbentuk warna jingga yang menandakan adanya merkuri dalam larutan tersebut. Warna jingga tersebut dicocokkan dengan komparator warna (*colour chart*) untuk mengetahui konsentrasi merkuri yang terdapat dalam kosmetik. Warna yang terbentuk cocok dengan warna konsentrasi merkuri yang terdapat pada komparator warna. Kemudian nilai RGB larutan sampel diukur dan dibandingkan dengan nilai RGB pada komparator warna.

#### 4.3.2 Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Uji validasi tes kit merkuri dilakukan untuk mengetahui apakah metode tes kit merkuri dapat diterima sebagai metode untuk penentuan merkuri sehingga dapat digunakan sebagai metode alternatif. Uji validasi dilakukan dengan membandingkan konsentrasi merkuri yang terukur pada metode tes kit merkuri dan metode spektrofotometri serapan atom (SSA). Pada uji ini sampel yang digunakan berupa sampel sintetik dan kosmetik sebagai target aplikasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.3

**Tabel 4.3** Konsentrasi merkuri yang terukur pada tes kit merkuri dan spektrofotometri serapan atom (SSA)

Sampel	Konsentrasi Hg ( $\text{mg L}^{-1}$ )		
	Sebenarnya ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Diukur dengan tes kit ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Diukur dengan SSA ( $\text{mg L}^{-1}$ )
Sampel Sintetik	4	$3,7 \pm 0,57$	$4,3 \pm 0,72$
Sampel Sintetik	5	$5,3 \pm 0,57$	$5,8 \pm 0,23$
Sampel Kosmetik A	-	$9,3 \pm 0,57$	$9,7 \pm 0,29$
Sampel Kosmetik B	-	$7,8 \pm 0,57$	$8,5 \pm 0,29$

Pada metode spektrofotometri serapan atom (SSA) diperoleh kurva baku dengan persamaan  $0,0002x$  dengan koefisien korelasi

sebesar  $R^2 = 0,9995$ . Jika ditinjau dari koefisien korelasi dapat diterima karena sudah memenuhi syarat yakni  $0,999 \leq R^2 \leq 1$ . Hasil analisis merkuri ditunjukkan pada Tabel 4.3 yang menggunakan sampel sintetis dan sampel kosmetik. Dari hasil analisis merkuri pada metode tes kit dan spektrofotometri serapan atom (SSA), nilai SD yang dihasilkan cukup rendah sehingga kesalahan dalam penelitian juga cukup rendah.

Hasil akurasi dari sampel sintetis untuk metode tes kit dan spektrofotometri serapan atom (SSA) cukup tinggi yang ditunjukkan pada Tabel 4.4. Pada metode tes kit menggunakan sampel sintetis 4 mg L<sup>-1</sup>, %akurasi sebesar 91,7% dengan SD sebesar 0,57 dan RSD sebesar 15,5%. Sedangkan pada sampel sintetis 5 mg L<sup>-1</sup> metode tes kit, %akurasi sebesar 93,3% dengan SD sebesar 0,57 dan RSD sebesar 10,6%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa tes kit merkuri menghasilkan akurasi dan RSD yang cukup tinggi serta nilai SD yang rendah. Berdasarkan hasil tersebut, metode tes kit merkuri dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam analisis merkuri dalam kosmetik.

**Tabel 4.4** Hasil akurasi dari metode tes kit dan spektrofotometri serapan atom (SSA)

Sampel Sintetis Hg (mg L <sup>-1</sup> )	Akurasi Metode (%)	
	Tes Kit (%)	SSA (%)
4	91,7 ± 0,57	92,5 ± 0,72
5	93,3 ± 0,57	84,7 ± 0,23

Hasil validasi dari kedua metode tersebut, untuk mengetahui apakah kedua metode tersebut memiliki perbedaan yang nyata atau tidak maka dilakukan uji-t. Hasil uji-t menunjukkan bahwa  $t_{hitung}$  pada sampel sintetis 4 mg L<sup>-1</sup> sebesar 1,13. Pada sampel sintetis 5 mg L<sup>-1</sup>,  $t_{hitung}$  sebesar 1,4. Pada sampel kosmetik A,  $t_{hitung}$  sebesar 1,08. Pada sampel kosmetik B,  $t_{hitung}$  sebesar 2,7. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai  $t_{tabel}$  (df = 4, 95%) sebesar 2,78. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil analisis menggunakan metode tes kit merkuri dan metode spektrofotometri serapan atom (SSA) memberikan nilai yang tidak berbeda nyata, sesuai hasil uji-t dengan derajat kepercayaan 95% di mana harga  $t_{hitung} < t_{tabel}$ . Selain itu, metode tes kit merkuri memberikan persen akurasi yang cukup tinggi

dan nilai SD yang cukup rendah. Berdasarkan hasil tersebut, metode tes kit merkuri dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam analisis merkuri dalam kosmetik.





## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Penelitian Uji Selektivitas Tes Kit Merkuri terhadap Kation Logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  serta Uji Validitas Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Metode tes kit merkuri cukup selektif terhadap kation logam  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  pada konsentrasi 6-18  $\text{mg L}^{-1}$  serta ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada konsentrasi 6-60  $\text{mg L}^{-1}$  yang ditunjukkan tidak adanya perubahan warna yang signifikan pada tes kit merkuri.
2. Metode tes kit merkuri cukup akurat yang ditunjukkan dari hasil uji-t yang tidak berbeda nyata dengan metode standar menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA) karena hasil  $t_{\text{hitung}} < t_{\text{tabel}}$ . Selain itu, metode tes kit merkuri memiliki %akurasi yang cukup tinggi yaitu pada sampel sintetik 4  $\text{mg L}^{-1}$  sebesar 91,7% dengan SD sebesar 0,57 dan RSD sebesar 15,5%. Pada sampel sintetik 5  $\text{mg L}^{-1}$  sebesar 93,3% dengan SD sebesar 0,57 dan RSD sebesar 10,6%.

#### 5.2 Saran

Penelitian tentang tes kit merkuri lebih dikembangkan dalam bentuk *paper based* agar mudah diaplikasikan untuk masyarakat.



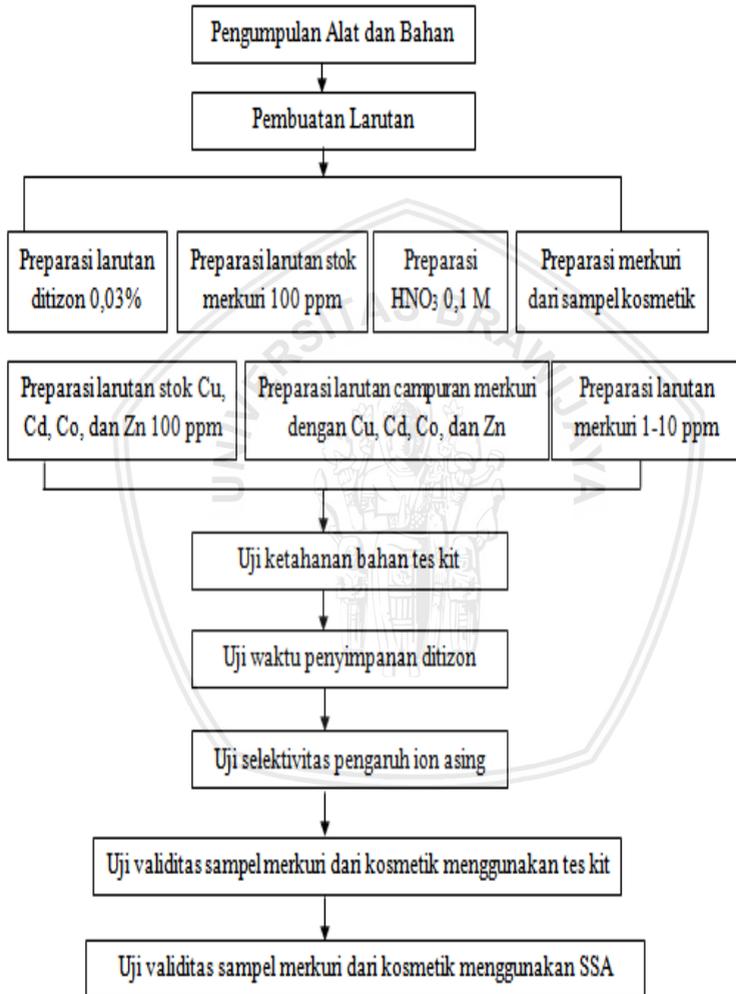
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPOM, 2003, **Keputusan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK.00.05.4.1745 Tentang Kosmetik**, Badan Pengawas Obat dan Makanan, Jakarta.
- [2] BPOM, 2015, **Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2015 Tentang Persyaratan Teknis Bahan Kosmetika**, Badan Pengawas Obat dan Makanan, Jakarta.
- [3] Rimjhim, Jain, S. S. Kumar, A. Uma, K. Saurabh dan S. Neha, 2013, **Mercury Toxicity and its Management**, *International Research Journal of Pharmacy*, Vol. 4, 38-41.
- [4] Ikhsanudin, Arief, 2018, **BPOM Gerebek Pabrik Kosmetik Ilegal di Jakarta Barat**, <https://news.detik.com/berita/d-3868711/bpom-gerebek-pabrik-kosmetik-ilegal-di-jakarta-barat>, Diakses tanggal 15 Februari 2018.
- [5] Menteri Kesehatan RI, 1998, **Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 445/MENKES/PER/V/1998**, Dinas Kesehatan, Jakarta.
- [6] Bocca, Beatrice, A. Pino, A. Alimonti, G. Forte, 2014, **Toxic Metals Contained in Cosmetics: a Status Report**, *Regulatory Toxicology and Pharmacology Journal*, Vol. 68, 447-467.
- [7] Kozin, L. F., S. C. Hanzen, 2013, **Mercury Handbook: Chemistry, Application and Enviromental Impact**, Royal Society Chemistry Publishing, UK.
- [8] Fardiaz, S., 1992, **Polusi Udara dan Air**, Kanisius, Yogyakarta.
- [9] Roger, A. R., Lawrence H. K., 1984, **Water Analysis : Inorganic Species**, Academic Press, Florida.
- [10] Manahan, S. E., 2003, **Environmental Chemistry**, Lewis Publisher, Washington D.C.
- [11] Parvaneh, V., 1979, **An Investigation on the Mercury Contamination of Persian Gulf Fish**, *Environ Contam Toxicol*, 23, 357-359.

- repository.ub.ac.id
- [12] Borowska, Sylwia dan Malgorzata M. B., 2015, **Metal in Cosmetics: Implications For Human Health**, *Journal of Applied Toxicology*, Vol. 35, 551-572.
- [13] Irving, H. M. N. H. dan Georg Iwantscheff, 2008, **The Analytical Applications of Dithizone**, Mortimer House, London.
- [14] Balt, S. dan Van Dalen E., 1963, **The Reaction of Diphenylcarbazine and Diphenylcarbazone With Cations : Part V, Extraction Dissociation Constants of The Carbazone Complexes**, Free University, Amsterdam, 439.
- [15] Figoli, Alberto, Jan Hoinkis dan Jochen Bundschuh, 2016, **Membrane Technologies for Water Treatment**, CRC Press, London.
- [16] Sianipar, Rismon Hasiholan dan Vivian Siahaan. 2018, **Matlab**, Sparta, Jakarta.
- [17] Harmita, 2004, **Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya**, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [18] Sunarto, 2005, **Aplikasi Konstanta Kestabilan Kompleks Pada Analisis Spektrofotometri Serapan Atom**, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- [19] Underwood, A.L. dan R.A. Day, 2002, **Analisis Kimia Kuantitatif**, Erlangga, Jakarta.
- [20] Cahayani, Anggit Dwi, 2014, **Pengujian Metode Spektrofotometri UV-Visible Untuk Penentuan Hg(II) dalam Limbah Cair Laboratorium Kimia Analitik FMIPA UGM dengan Pereaksi Ditizon**, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [21] ASEAN, 2006, **ACM THA 05 : Determination of Heavy Metals (Arsenic, Cadmium, Lead, and Mercury) in Cosmetic Products**, ASEAN, Malaysia.

## LAMPIRAN

### Lampiran A. Tahapan Kerja A.1 Diagram Alir Penelitian



## Lampiran B. Perhitungan Pembuatan Larutan

### B.1 Larutan Merkuri

#### B.1.1 Larutan Induk Merkuri 100 ppm

Larutan induk merkuri 100 ppm dibuat dari padatan  $\text{HgCl}_2$  dengan massa sesuai perhitungan berikut :

$$\text{Kadar (ppm)} = \frac{\text{Massa (mg)}}{\text{Volume (L)}}$$

$$100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa Hg (II)}}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{Massa Hg(II)} = 10 \text{ mg} = 0,01 \text{ gram}$$

Massa  $\text{HgCl}_2$  yang diperlukan

$$\begin{aligned} \text{Massa HgCl}_2 &= \frac{\text{Mr HgCl}_2}{\text{Ar Hg}} \times \text{massa Hg}^{2+} \\ &= \frac{271,6 \text{ g/mol}}{200,6 \text{ g/mol}} \times 0,01 \text{ gram} = 0,0135 \text{ gram} \end{aligned}$$

#### B.1.2 Larutan Standar Merkuri

Larutan standar merkuri dengan konsentrasi 1 – 10 ppm dapat dibuat dari pengenceran larutan induk merkuri dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

Di mana :

$V_1$  = Volume larutan induk merkuri (ml)

$C_1$  = Konsentrasi larutan induk merkuri (ppm)

$V_2$  = Volume larutan total standar merkuri setelah pengenceran

$C_2$  = Konsentrasi larutan akhir merkuri (ppm)

Larutan merkuri dengan konsentrasi 1 – 10 ppm dapat dibuat dari volume larutan induk merkuri yang dipipet. Berikut merupakan volume larutan merkuri untuk membuat larutan merkuri 1-10 ppm.

**Tabel B.1** Pengenceran larutan merkuri konsentrasi 1-10 ppm

No.	C <sub>1</sub> (ppm)	V <sub>1</sub> (ml)	C <sub>2</sub> (ppm)	V <sub>2</sub> (ml)
1.	100	0,25	1	25
2.	100	0,5	2	25
3.	100	0,75	3	25
4.	100	1	4	25
5.	100	1,25	5	25
6.	100	1,5	6	25
7.	100	1,75	7	25
8.	100	2	8	25
9.	100	2,25	9	25
10.	100	2,5	10	25

### B.2 Larutan HNO<sub>3</sub>

Larutan asam nitrat dibuat dari larutan asam nitrat pekat yakni 65%. Berikut merupakan perhitungan konsentrasi larutan asam nitrat pekat :

$$\begin{aligned}M &= \frac{10 \times \rho \times \%}{M_r} \\ &= \frac{10 \times 1,532 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times 65\%}{63,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \\ &= 15,6 \text{ M}\end{aligned}$$

Konsentrasi larutan asam nitrat yang digunakan yaitu 0,1 M. Oleh sebab itu, diperlukan larutan stok asam nitrat 5 M dari pengenceran larutan asam nitrat pekat dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

Di mana :

V<sub>1</sub> = Volume larutan asam nitrat pekat (ml)

C<sub>1</sub> = Konsentrasi larutan asam nitrat pekat (M)

V<sub>2</sub> = Volume larutan total asam nitrat setelah pengenceran

C<sub>2</sub> = Konsentrasi larutan akhir asam nitrat (M)

Berikut merupakan volume yang dibutuhkan larutan asam nitrat pekat untuk pengenceran :

**Tabel B.2** Pengenceran larutan asam nitrat

No.	C <sub>1</sub> (M)	V <sub>1</sub> (ml)	C <sub>2</sub> (M)	V <sub>2</sub> (ml)
1.	15,6	32	5	100
2.	5	2	0,1	100

### B.3 Larutan Ditizon 0,01% (b/v)

$$\text{Kadar ditizon (\% b/v)} = \frac{\text{Massa (g)}}{\text{Volume (L)}}$$

$$0,03\% = \frac{\text{Massa (g)}}{0,1 \text{ L}}$$

Massa ditizon yang dibutuhkan = 0,03 gram

### B.4 Larutan Kation Logam Pengganggu

#### B.4.1 Larutan Ion Induk Cd (II) 100 ppm

Larutan induk Cd (II) 100 ppm dibuat dari padatan CdCO<sub>3</sub> dengan massa sebagai berikut :

$$\text{Kadar (ppm)} = \frac{\text{Massa (mg)}}{\text{Volume (L)}}$$

$$100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa Cd (II)}}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{Massa Cd (II)} = 10 \text{ mg} = 0,01 \text{ gram}$$

Massa CdCO<sub>3</sub> yang diperlukan :

$$\text{Massa CdCO}_3 = \frac{\text{Mr CdCO}_3}{\text{Ar Cd}} \times \text{massa Cd}^{2+}$$

$$\text{Massa CdCO}_3 = \frac{172,4 \text{ g/mol}}{112,4 \text{ g/mol}} \times 0,01 \text{ gram} = 0,015 \text{ gram}$$

#### B.4.2 Larutan Ion Induk Cu (II) 100 ppm

Larutan induk Cu (II) 100 ppm dibuat dari padatan CuSO<sub>4</sub> dengan massa sebagai berikut :

$$\text{Kadar (ppm)} = \frac{\text{Massa (mg)}}{\text{Volume (L)}}$$

$$100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa Cu (II)}}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{Massa Cu (II)} = 10 \text{ mg} = 0,01 \text{ gram}$$

Massa CuSO<sub>4</sub> yang diperlukan :

$$\text{Massa CuSO}_4 = \frac{\text{Mr CuS}_4}{\text{Ar Cd}} \times \text{massa Cu}^{2+}$$

$$\text{Massa CuSO}_4 = \frac{160 \text{ g/mol}}{64 \text{ g/mol}} \times 0,01 \text{ gram} = 0,025 \text{ gram}$$

### B.4.3 Larutan Ion Induk Co (II) 100 ppm

Larutan induk Co (II) 100 ppm dibuat dari padatan  $\text{CoCl}_2$  dengan massa sebagai berikut :

$$\text{Kadar (ppm)} = \frac{\text{Massa (mg)}}{\text{Volume (L)}}$$
$$100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa Co (II)}}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{Massa Co (II)} = 10 \text{ mg} = 0,01 \text{ gram}$$

Massa  $\text{CoCl}_2$  yang diperlukan :

$$\text{Massa CoCl}_2 = \frac{\text{Mr CoCl}_2}{\text{Ar Co}} \times \text{massa Co}^{2+}$$

$$\text{Massa CoCl}_2 = \frac{129,9 \text{ g/mol}}{58,9 \text{ g/mol}} \times 0,01 \text{ gram} = 0,022 \text{ gram}$$

### B.4.4 Larutan Ion Induk Zn (II) 100 ppm

Larutan induk Zn (II) 100 ppm dibuat dari padatan  $\text{ZnSO}_4$  dengan massa sebagai berikut :

$$\text{Kadar (ppm)} = \frac{\text{Massa (mg)}}{\text{Volume (L)}}$$
$$100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa Zn (II)}}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{Massa Zn (II)} = 10 \text{ mg} = 0,01 \text{ gram}$$

Massa  $\text{ZnSO}_4$  yang diperlukan :

$$\text{Massa ZnSO}_4 = \frac{\text{Mr ZnSO}_4}{\text{Ar Zn}} \times \text{massa Zn}^{2+}$$

$$\text{Massa ZnSO}_4 = \frac{161,4 \text{ g/mol}}{65,4 \text{ g/mol}} \times 0,01 \text{ gram} = 0,025 \text{ gram}$$

### B.4.5 Larutan Campuran

Larutan campuran yang digunakan berupa larutan merkuri dan larutan kation yakni ion  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  pada uji selektivitas tes kit merkuri. Perbandingan konsentrasi antara merkuri dengan ion logam yang mengganggu yaitu 1:1 (6 ppm : 6 ppm), 1:2 (6 ppm : 12 ppm), 1:3 (6 ppm : 18 ppm), dan 1:10 (6 ppm : 60 ppm). Berikut merupakan perhitungan pengenceran larutan campuran :

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

Di mana :

$$V_1 = \text{Volume larutan induk (ml)}$$

$$C_1 = \text{Konsentrasi larutan induk (M)}$$

$$V_2 = \text{Volume larutan total setelah pengenceran}$$

$$C_2 = \text{Konsentrasi larutan akhir (M)}$$

Berikut merupakan volume yang dibutuhkan larutan induk untuk pengenceran :

**Tabel B.3** Pengenceran larutan induk

No	$V_{Hg}$ 100 ppm (ml)	$C_{Hg}$ Pengenceran (ppm)	$V_{Logam}$ Pengganggu 100 ppm (ml)	$C_{Logam}$ Pengganggu (ppm)	$V_{Pengenceran}$ (ml)
1.	1,5	6	0	0	25
2.	1,5	6	1,5	6	25
3.	1,5	6	3	12	25
4.	1,5	6	4,5	18	25
5.	1,5	6	15	60	25



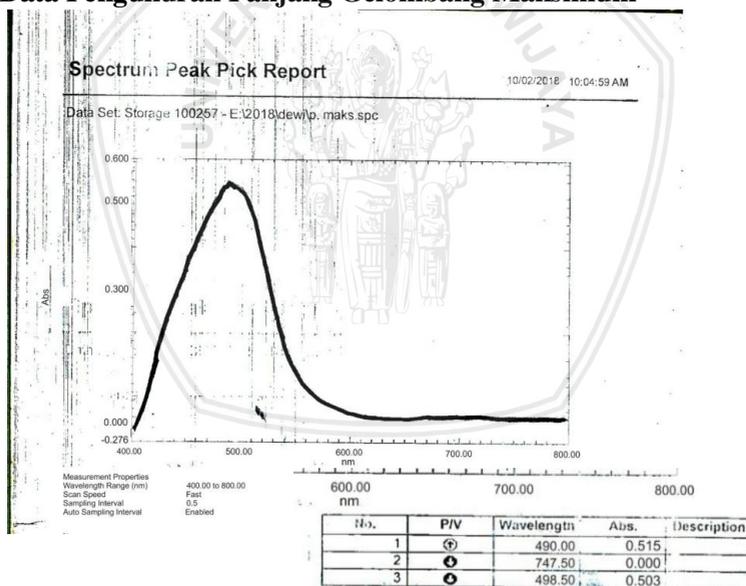
## Lampiran C. Data Hasil Pengujian

### C.1 Nilai RGB Pada Komparator Warna Tes Kit Merkuri

Tabel C.1 Nilai RGB komparator warna tes kit merkuri

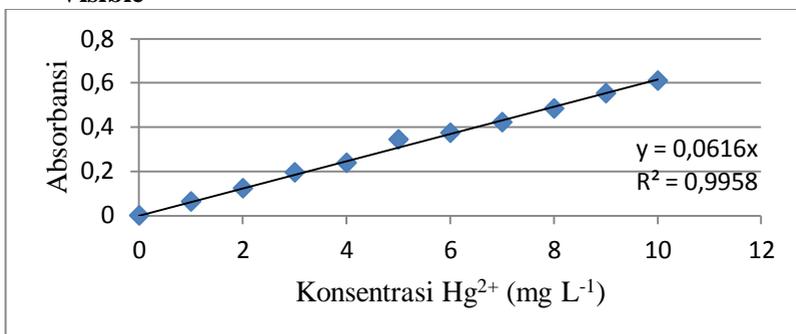
[Hg] yang terukur (ppm)	R	G	B
0	18	81	90
1	22	80	92
2	45	78	77
3	92	74	72
4	94	76	74
5	96	78	76
6	157	68	28
7	160	57	30
8	176	42	45
9	178	42	40
10	179	42	38

### C.2 Data Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum



Gambar C.1 Panjang gelombang maksimum Hg(II)-ditizonat

### C.3 Kurva Standar Larutan Merkuri Metode Spektrofotometri Visible



**Gambar C.1** Kurva standar merkuri menggunakan spektrofotometri visible

**Tabel C.2** Data absorbansi larutan standar merkuri menggunakan Spektrofotometri visible

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
1	0,063
2	0,123
3	0,195
4	0,238
5	0,344
6	0,374
7	0,422
8	0,484
9	0,553
10	0,610

#### C.4 Uji Selektivitas Ion $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ , dan $\text{Zn}^{2+}$ terhadap Kinerja Tes Kit Merkuri

##### C.4.1 Uji Selektivitas Ion $\text{Cu}^{2+}$

##### A. Metode Spektrofotometri Visible

**Tabel C.3** Hasil pengaruh  $\text{Cu}^{2+}$  pada pengukuran konsentrasi merkuri metode spektrofotometri visible

Jenis Ion	$[\text{Cu}^{2+}]$ (ppm)	Absorbansi	$[\text{Hg}^{2+}]$ terukur (ppm)	SD	%RSD	%Akurasi
	0	0,374	6,07			98,81
	0	0,375	6,08	0,02	0,55	98,54
	0	0,378	6,14			97,73
	6	0,369	5,99			99,84
	6	0,370	6,00	0,02	0,26	99,89
	6	0,371	6,02			99,62
$[\text{Cu}^{2+}]$	12	0,367	5,96			99,30
	12	0,366	5,94	0,02	0,27	99,03
	12	0,365	5,93			98,76
	18	0,360	5,84			97,40
	18	0,365	5,93	0,05	0,79	98,76
	18	0,365	5,93			98,76
	60	0,232	3,77			62,77
	60	0,233	3,78	0,02	0,43	63,04
	60	0,234	3,79			63,31

##### B. Metode Tes Kit

**Tabel C.4** Nilai RGB dari hasil uji selektivitas ion  $\text{Cu}^{2+}$

Rasio $\text{Hg}^{2+} : \text{Cu}^{2+}$	R	G	B
1 : 0	166	111	58
1 : 1	164	105	61
1 : 2	164	104	52
1 : 3	162	98	48
1 : 10	120	73	66

### C.4.2 Uji Selektivitas Ion $\text{Co}^{2+}$

#### A. Metode Spektrofotometri Visible

**Tabel C.5** Hasil pengaruh  $\text{Co}^{2+}$  pada pengukuran konsentrasi merkuri metode spektrofotometri visible

Jenis Ion	$[\text{Co}^{2+}]$ (ppm)	Absorbansi	$[\text{Hg}^{2+}]$ terukur (ppm)	SD	%RSD	%Akurasi
$[\text{Co}^{2+}]$	0	0,374	6,07			98,81
	0	0,375	6,09	0,03	0,55	98,54
	0	0,378	6,14			97,73
	6	0,376	6,10			98,27
	6	0,375	6,09	0,15	0,15	98,54
	6	0,375	6,09			98,54
	12	0,367	5,96			99,30
	12	0,368	5,97	0,56	0,56	99,57
	12	0,371	6,02			99,62
	18	0,362	5,88			97,94
	18	0,363	5,89	0,28	0,28	98,21
	18	0,364	5,90			98,48
	60	0,184	2,99			49,78
	60	0,185	3,00	0,31	0,31	50,05
	60	0,184	2,99			49,78

#### B. Metode Tes Kit

**Tabel C.6** Nilai RGB dari hasil uji selektivitas ion  $\text{Co}^{2+}$

Rasio $\text{Hg}^{2+} : \text{Co}^{2+}$	R	G	B
1 : 0	166	111	58
1 : 1	165	114	57
1 : 2	164	103	46
1 : 3	162	109	59
1 : 10	140	104	102

### C.4.3 Uji Selektivitas Ion Cd<sup>2+</sup>

#### A. Metode Spektrofotometri Visible

**Tabel C.7** Hasil pengaruh Cd<sup>2+</sup> pada pengukuran konsentrasi merkuri metode spektrofotometri visible

Jenis Ion	[Cd <sup>2+</sup> ] (ppm)	Absorbansi	[Hg <sup>2+</sup> ] terukur (ppm)	SD	%RSD	%Akurasi
[Cd <sup>2+</sup> ]	0	0,374	6,07			98,81
	0	0,375	6,09	0,03	0,55	98,54
	0	0,378	6,14			97,73
	6	0,382	6,20			96,64
	6	0,382	6,20	0,02	0,30	96,64
	6	0,384	6,23			96,10
	12	0,389	6,31			94,75
	12	0,389	6,31	0,01	0,15	94,75
	12	0,390	6,33			94,48
	18	0,394	6,40			93,40
	18	0,395	6,41	0,02	0,25	93,13
	18	0,393	6,38			93,67
	60	0,398	6,46			92,32
	60	0,399	6,48	0,02	0,25	92,05
	60	0,400	6,50			91,78

#### B. Metode Tes Kit

**Tabel C.8** Nilai RGB dari hasil uji selektivitas ion Cd<sup>2+</sup>

Rasio Hg <sup>2+</sup> : Cd <sup>2+</sup>	R	G	B
1 : 0	166	111	58
1 : 1	165	112	64
1 : 2	165	108	59
1 : 3	164	108	59
1 : 10	163	110	63

### C.4.1 Uji Selektivitas Ion $Zn^{2+}$

#### A. Metode Spektrofotometri Visible

**Tabel C.9** Hasil pengaruh  $Zn^{2+}$  pada pengukuran konsentrasi merkuri metode spektrofotometri visible

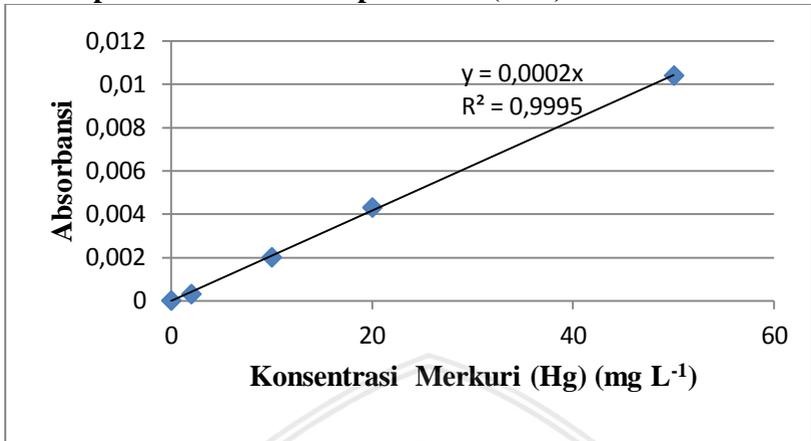
Jenis Ion	$[Zn^{2+}]$ (ppm)	Absorbansi	$[Hg^{2+}]$ terukur (ppm)	SD	%RSD	%Akurasi
$[Zn^{2+}]$	0	0,374	6,07			98,81
	0	0,375	6,09	0,03	0,55	98,54
	0	0,378	6,14			97,73
	6	0,396	6,43			92,86
	6	0,394	6,40	0,02	0,39	93,40
	6	0,393	6,37			93,67
	12	0,399	6,48			92,04
	12	0,400	6,49	0,02	0,25	91,77
	12	0,401	6,51			91,50
	18	0,411	6,67			88,80
	18	0,414	6,72	0,04	0,61	87,99
	18	0,416	6,75			87,45
	60	0,484	7,86			69,05
	60	0,486	7,89	0,04	0,52	68,51
	60	0,489	7,94			67,70

#### B. Metode Tes Kit

**Tabel C.10** Nilai RGB dari hasil uji selektivitas ion  $Zn^{2+}$

Rasio $Hg^{2+} : Zn^{2+}$	R	G	B
1 : 0	166	111	58
1 : 1	166	115	68
1 : 2	168	110	70
1 : 3	169	115	69
1 : 10	180	96	110

### C.5 Kurva Standar Larutan Merkuri Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)



**Gambar C.2** Kurva standar merkuri menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA)

**Tabel C.11** Data absorbansi larutan standar merkuri menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
2	0,0003
10	0,0020
20	0,0043
50	0,0104

### C.6 Nilai RGB Sampel Sintetis

**Tabel C.12** Nilai RGB pada sampel sintetis

Sampel Sintetik Hg (ppm)	R	G	B
4	94	76	74
4	92	74	72
4	94	76	74
5	157	68	28
5	96	78	76
5	96	78	76

## C.7 Nilai RGB Sampel Kosmetik

**Tabel C.13** Nilai RGB pada sampel kosmetik

Sampel Sintetik Hg (ppm)	R	G	B
A	178	45	38
A	179	43	40
A	178	45	38
B	160	58	29
B	177	42	45
B	177	43	47

## C.8 Data hasil pengukuran sampel sintetis

### A. Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

**Tabel C.14** Hasil Perhitungan Sampel Sintetis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Konsentrasi Merkuri (ppm)	Abs	Konsentrasi terukur (x) (ppm)	SD	RSD (%)	%Akurasi
4	0,0007	3,5			
4	0,0009	4,5	0,72	16,7	92,5
4	0,0010	4,9			
5	0,0011	5,5			
5	0,0012	5,9	0,23	4,0	84,7
5	0,0012	5,9			

### B. Metode Tes Kit Merkuri

**Tabel C.15** Hasil Perhitungan Sampel Sintetis menggunakan Tes Kit Merkuri

Konsentrasi Merkuri (ppm)	Konsentrasi terukur (x) (ppm)	SD	RSD (%)	%Akurasi
4	4			
4	3	0,57	15,5	91,7
4	4			
5	6			
5	5	0,57	10,6	93,3
5	5			

### C.9 Data hasil pengukuran sampel kosmetik

#### A. Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Tabel C.16 Hasil Perhitungan Sampel Kosmetik menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Sampel Kosmetik	Abs	Konsentrasi terukur (x) (ppm)	SD	RSD (%)
A	0,0020	10		
A	0,0019	9,5	0,29	3,0
A	0,0019	9,5		
B	0,0017	8,5		
B	0,0018	9	0,29	3,35
B	0,0017	8,5		

#### B. Metode Tes Kit Merkuri

Tabel C.17 Hasil Perhitungan Sampel Kosmetik menggunakan tes Kit Merkuri

Sampel Kosmetik	Konsentrasi terukur (x) (ppm)	SD	RSD (%)
A	9		
A	10	0,57	6,10
A	9		
B	7		
B	8	0,57	7,43
B	8		

### C.10 Hasil Uji-t Metode Validasi Tes Kit Merkuri

Tabel C.18 Uji t pada metode validasi tes kit merkuri

Sampel	$t_{hitung}$	$t_{tabel}^*$	Beda/tidak nyata
Sampel Sintetik 4 ppm	1,13	2,78	Tidak beda nyata
Sampel Sintetik 5 ppm	1,40	2,78	Tidak beda nyata
Sampel Kosmetik A	1,08	2,78	Tidak beda nyata
Sampel Kosmetik B	2,70	2,78	Tidak beda nyata

\*tingkat kepercayaan 95%,  $\alpha = 0,05$

## Lampiran D. Perhitungan Data

### D.1 Perhitungan Konsentrasi Merkuri yang Terukur Pada Uji Selektivitas Metode Spektrofotometri Visible

$$y = 0,0616x$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} (\text{mg L}^{-1}) = \frac{y}{0,0616}$$

#### D.1.1 Pengaruh $\text{Cu}^{2+}$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cu}^{2+} 0 \text{ ppm} = \frac{0,374}{0,0616} = 6,07 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cu}^{2+} 0 \text{ ppm} = \frac{0,375}{0,0616} = 6,09 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cu}^{2+} 0 \text{ ppm} = \frac{0,378}{0,0616} = 6,14 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap } [\text{Cu}^{2+}] 0 \text{ ppm} &= \frac{(6,07+6,09+6,14)\text{ppm}}{3} \\ &= 6,10 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cu}^{2+} 6 \text{ ppm} = \frac{0,369}{0,0616} = 5,99 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cu}^{2+} 6 \text{ ppm} = \frac{0,370}{0,0616} = 6,00 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cu}^{2+} 6 \text{ ppm} = \frac{0,371}{0,0616} = 6,02 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap } [\text{Cu}^{2+}] 6 \text{ ppm} &= \frac{(5,99+6,0+6,02)\text{ppm}}{3} \\ &= 6,00 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cu}^{2+} 12 \text{ ppm} = \frac{0,367}{0,0616} = 5,96 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cu}^{2+} 12 \text{ ppm} = \frac{0,366}{0,0616} = 5,94 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cu}^{2+} 12 \text{ ppm} = \frac{0,365}{0,0616} = 5,93 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata [Hg]}_{\text{ukur}} \text{ terhadap [Cu}^{2+}] 12 \text{ ppm} &= \frac{(5,96+5,94+5,93)\text{ppm}}{3} \\ &= 5,94 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Cu}^{2+} 18 \text{ ppm} = \frac{0,360}{0,0616} = 5,84 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Cu}^{2+} 18 \text{ ppm} = \frac{0,365}{0,0616} = 5,93 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Cu}^{2+} 18 \text{ ppm} = \frac{0,365}{0,0616} = 5,93 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata [Hg]}_{\text{ukur}} \text{ terhadap [Cu}^{2+}] 18 \text{ ppm} &= \frac{(5,84+5,93+5,93)\text{ppm}}{3} \\ &= 5,90 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Cu}^{2+} 60 \text{ ppm} = \frac{0,232}{0,0616} = 3,77 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Cu}^{2+} 60 \text{ ppm} = \frac{0,233}{0,0616} = 3,78 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Cu}^{2+} 60 \text{ ppm} = \frac{0,234}{0,0616} = 3,79 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata [Hg]}_{\text{ukur}} \text{ terhadap [Cu}^{2+}] 60 \text{ ppm} &= \frac{(3,77+3,78+3,79)\text{ppm}}{3} \\ &= 3,78 \text{ ppm} \end{aligned}$$

### D.1.2 Pengaruh Co<sup>2+</sup>

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Co}^{2+} 0 \text{ ppm} = \frac{0,374}{0,0616} = 6,07 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Co}^{2+} 0 \text{ ppm} = \frac{0,375}{0,0616} = 6,09 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Co}^{2+} 0 \text{ ppm} = \frac{0,378}{0,0616} = 6,14 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata [Hg]}_{\text{ukur}} \text{ terhadap [Co}^{2+}] 0 \text{ ppm} &= \frac{(6,07+6,09+6,14)\text{ppm}}{3} \\ &= 6,10 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Co}^{2+} \text{ 6 ppm} = \frac{0,376}{0,0616} = 6,10 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Co}^{2+} \text{ 6 ppm} = \frac{0,375}{0,0616} = 6,09 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Co}^{2+} \text{ 6 ppm} = \frac{0,375}{0,0616} = 6,09 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap } [\text{Co}^{2+}] \text{ 6 ppm} &= \frac{(6,10+6,09+6,09)\text{ppm}}{3} \\ &= 6,09 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Co}^{2+} \text{ 12 ppm} = \frac{0,367}{0,0616} = 5,96 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Co}^{2+} \text{ 12 ppm} = \frac{0,368}{0,0616} = 5,97 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Co}^{2+} \text{ 12 ppm} = \frac{0,371}{0,0616} = 6,02 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap } [\text{Co}^{2+}] \text{ 12 ppm} &= \frac{(5,96+5,97+6,02)\text{ppm}}{3} \\ &= 5,98 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Co}^{2+} \text{ 18 ppm} = \frac{0,362}{0,0616} = 5,88 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Co}^{2+} \text{ 18 ppm} = \frac{0,363}{0,0616} = 5,89 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Co}^{2+} \text{ 18 ppm} = \frac{0,364}{0,0616} = 5,90 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap } [\text{Co}^{2+}] \text{ 18 ppm} &= \frac{(5,88+5,89+5,90)\text{ppm}}{3} \\ &= 5,90 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Co}^{2+} \text{ 60 ppm} = \frac{0,184}{0,0616} = 2,99 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Co}^{2+} \text{ 60 ppm} = \frac{0,185}{0,0616} = 3,00 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Co}^{2+} \text{ 60 ppm} = \frac{0,184}{0,0616} = 2,99 \text{ ppm}$$

$$\text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap } [\text{Co}^{2+}] \text{ 60 ppm} = \frac{(2,99+3,0+2,99)\text{ppm}}{3} = 2,99 \text{ ppm}$$

### D.1.3 Pengaruh $\text{Cd}^{2+}$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cd}^{2+} \text{ 0 ppm} = \frac{0,374}{0,0616} = 6,07 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cd}^{2+} \text{ 0 ppm} = \frac{0,375}{0,0616} = 6,09 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cd}^{2+} \text{ 0 ppm} = \frac{0,378}{0,0616} = 6,14 \text{ ppm}$$

$$\text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap } [\text{Cd}^{2+}] \text{ 0 ppm} = \frac{(6,07+6,09+6,14)\text{ppm}}{3} = 6,10 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cd}^{2+} \text{ 6 ppm} = \frac{0,382}{0,0616} = 6,20 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cd}^{2+} \text{ 6 ppm} = \frac{0,382}{0,0616} = 6,20 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cd}^{2+} \text{ 6 ppm} = \frac{0,384}{0,0616} = 6,23 \text{ ppm}$$

$$\text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap } [\text{Cd}^{2+}] \text{ 6 ppm} = \frac{(6,20+6,20+6,23)\text{ppm}}{3} = 6,21 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cd}^{2+} \text{ 12 ppm} = \frac{0,389}{0,0616} = 6,31 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cd}^{2+} \text{ 12 ppm} = \frac{0,389}{0,0616} = 6,31 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Cd}^{2+} \text{ 12 ppm} = \frac{0,390}{0,0616} = 6,33 \text{ ppm}$$

$$\text{Rata-Rata [Hg]}_{\text{ukur}} \text{ terhadap [Cd}^{2+}] \text{ 12 ppm} = \frac{(6,31+6,31+6,33)\text{ppm}}{3} \\ = 6,32 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Cd}^{2+} \text{ 18 ppm} = \frac{0,394}{0,0616} = 6,40 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Cd}^{2+} \text{ 18 ppm} = \frac{0,395}{0,0616} = 6,41 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Cd}^{2+} \text{ 18 ppm} = \frac{0,393}{0,0616} = 6,38 \text{ ppm}$$

$$\text{Rata-Rata [Hg]}_{\text{ukur}} \text{ terhadap [Cd}^{2+}] \text{ 18 ppm} = \frac{(6,40+6,41+6,38)\text{ppm}}{3} \\ = 6,40 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Cd}^{2+} \text{ 60 ppm} = \frac{0,398}{0,0616} = 6,46 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Cd}^{2+} \text{ 60 ppm} = \frac{0,399}{0,0616} = 6,48 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Cd}^{2+} \text{ 60 ppm} = \frac{0,400}{0,0616} = 6,50 \text{ ppm}$$

$$\text{Rata-Rata [Hg]}_{\text{ukur}} \text{ terhadap [Cd}^{2+}] \text{ 60 ppm} = \frac{(6,46+6,48+6,50)\text{ppm}}{3} \\ = 6,48 \text{ ppm}$$

#### D.1.4 Pengaruh Zn<sup>2+</sup>

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Zn}^{2+} \text{ 0 ppm} = \frac{0,374}{0,0616} = 6,07 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Zn}^{2+} \text{ 0 ppm} = \frac{0,375}{0,0616} = 6,09 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi Zn}^{2+} \text{ 0 ppm} = \frac{0,378}{0,0616} = 6,14 \text{ ppm}$$

$$\text{Rata-Rata [Hg]}_{\text{ukur}} \text{ terhadap [Zn}^{2+}] \text{ 0 ppm} = \frac{(6,07+6,09+6,14)\text{ppm}}{3} \\ = 6,10 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Zn}^{2+} \text{ 6 ppm} = \frac{0,396}{0,0616} = 6,43 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Zn}^{2+} \text{ 6 ppm} = \frac{0,394}{0,0616} = 6,40 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Zn}^{2+} \text{ 6 ppm} = \frac{0,393}{0,0616} = 6,37 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap } [\text{Zn}^{2+}] \text{ 6 ppm} &= \frac{(6,43+6,40+6,37)\text{ppm}}{3} \\ &= 6,40 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Zn}^{2+} \text{ 12 ppm} = \frac{0,399}{0,0616} = 6,48 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Zn}^{2+} \text{ 12 ppm} = \frac{0,400}{0,0616} = 6,49 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Zn}^{2+} \text{ 12 ppm} = \frac{0,401}{0,0616} = 6,51 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap } [\text{Zn}^{2+}] \text{ 12 ppm} &= \frac{(6,48+6,49+6,51)\text{ppm}}{3} \\ &= 6,49 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Zn}^{2+} \text{ 18 ppm} = \frac{0,411}{0,0616} = 6,67 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Zn}^{2+} \text{ 18 ppm} = \frac{0,414}{0,0616} = 6,72 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Zn}^{2+} \text{ 18 ppm} = \frac{0,416}{0,0616} = 6,75 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap } [\text{Zn}^{2+}] \text{ 18 ppm} &= \frac{(6,67+6,72+6,75)\text{ppm}}{3} \\ &= 6,72 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Zn}^{2+} \text{ 60 ppm} = \frac{0,484}{0,0616} = 7,86 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Zn}^{2+} \text{ 60 ppm} = \frac{0,486}{0,0616} = 7,89 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap konsentrasi } \text{Zn}^{2+} \text{ } 60 \text{ ppm} = \frac{0,489}{0,0616} = 7,94 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ terhadap } [\text{Zn}^{2+}] \text{ } 60 \text{ ppm} &= \frac{(7,86+7,89+7,94)\text{ppm}}{3} \\ &= 7,90 \text{ ppm} \end{aligned}$$

## D.2 Perhitungan Konsentrasi Merkuri yang Terukur Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

$$y = 0,0002x$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = \frac{y}{0,0002}$$

### A. Sampel Sintetik

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Sintetis 4 ppm} = \frac{0,0007}{0,0002} = 3,5 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Sintetis 4 ppm} = \frac{0,0009}{0,0002} = 4,5 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Sintetis 4 ppm} = \frac{0,0010}{0,0002} = 4,9 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Sintetis 4 ppm} &= \frac{(3,5+4,5+4,9)\text{ppm}}{3} \\ &= 4,3 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Sintetis 5 ppm} = \frac{0,0011}{0,0002} = 5,5 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Sintetis 5 ppm} = \frac{0,0012}{0,0002} = 5,9 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Sintetis 5 ppm} = \frac{0,0012}{0,0002} = 5,9 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Sintetis 5 ppm} &= \frac{(5,5+5,9+5,9)\text{ppm}}{3} \\ &= 5,8 \text{ ppm} \end{aligned}$$

### B. Sampel Kosmetik

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Kosmetik A} = \frac{0,0020}{0,0002} = 10 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Kosmetik A} = \frac{0,0019}{0,0002} = 9,5 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Kosmetik A} = \frac{0,0019}{0,0002} = 9,5 \text{ ppm}$$

$$\text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Kosmetik A} = \frac{(10+9,5+9,5)\text{ppm}}{3} = 9,7 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Kosmetik B} = \frac{0,0017}{0,0002} = 8,5 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Kosmetik B} = \frac{0,0018}{0,0002} = 9 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Kosmetik B} = \frac{0,0017}{0,0002} = 8,5 \text{ ppm}$$

$$\text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ Sampel Kosmetik B} = \frac{(8,5+9+8,5)\text{ppm}}{3} = 8,7 \text{ ppm}$$

### D.3 Perhitungan Konsentrasi Merkuri Pada Sampel Kosmetik

$$[\text{Hg}]_{\text{sampel}} = \frac{V \text{ (ml)}}{1000} \times \frac{1000}{\text{massa sampel (gram)}} \times [\text{Hg}]_{\text{ukur}} \text{ (ppm)}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{sampel}} \text{ Sampel Kosmetik A} = \frac{25 \text{ ml}}{1000} \times \frac{1000}{5 \text{ gram}} \times 10 \text{ ppm} = 50 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{sampel}} \text{ Sampel Kosmetik A} = \frac{25 \text{ ml}}{1000} \times \frac{1000}{5 \text{ gram}} \times 9,5 \text{ ppm} = 47,5 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{sampel}} \text{ Sampel Kosmetik A} = \frac{25 \text{ ml}}{1000} \times \frac{1000}{5 \text{ gram}} \times 9,5 \text{ ppm} = 47,5 \text{ ppm}$$

$$\text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{sampel}} \text{ Sampel Kosmetik A} = \frac{(50+47,5+47,5)\text{ppm}}{3} = 48,3 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{sampel}} \text{ Sampel Kosmetik B} = \frac{25 \text{ ml}}{1000} \times \frac{1000}{5 \text{ gram}} \times 8,5 \text{ ppm} = 42,5 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{sampel}} \text{ Sampel Kosmetik A} = \frac{25 \text{ ml}}{1000} \times \frac{1000}{5 \text{ gram}} \times 9 \text{ ppm} = 45 \text{ ppm}$$

$$[\text{Hg}]_{\text{sampel}} \text{ Sampel Kosmetik A} = \frac{25 \text{ ml}}{1000} \times \frac{1000}{5 \text{ gram}} \times 8,5 \text{ ppm} = 42,5 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata } [\text{Hg}]_{\text{sampel}} \text{ Sampel Kosmetik A} &= \frac{(42,5+45+42,5)\text{ppm}}{3} \\ &= 43,3 \text{ ppm} \end{aligned}$$

#### D.4 Perhitungan Standar Deviasi

$$\text{SD} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

##### A. Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

$$\begin{aligned} \text{SD Sampel Sintetis 4 ppm} &= \sqrt{\frac{(0,64+0,04+0,36)}{3-1}} \\ &= \sqrt{0,52} = 0,72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SD Sampel Sintetis 5 ppm} &= \sqrt{\frac{(0,07+0,02+0,02)}{3-1}} \\ &= \sqrt{0,055} = 0,23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SD Sampel Kosmetik A} &= \sqrt{\frac{(0,11+0,03+0,03)}{3-1}} \\ &= \sqrt{0,085} = 0,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SD Sampel Kosmetik B} &= \sqrt{\frac{(0,03+0,11+0,03)}{3-1}} \\ &= \sqrt{0,085} = 0,29 \end{aligned}$$

##### B. Metode Tes Kit Merkuri

$$\begin{aligned} \text{SD Sampel Sintetis 4 ppm} &= \sqrt{\frac{(0,11+0,44+0,11)}{3-1}} \\ &= \sqrt{0,33} = 0,57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SD Sampel Sintetis 5 ppm} &= \sqrt{\frac{(0,44+0,11+0,11)}{3-1}} \\ &= \sqrt{0,33} = 0,57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SD Sampel Kosmetik A} &= \sqrt{\frac{(0,11+0,44+0,11)}{3-1}} \\ &= \sqrt{0,33} = 0,57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SD Sampel Kosmetik B} &= \sqrt{\frac{(0,44+0,11+0,11)}{3-1}} \\ &= \sqrt{0,33} = 0,57 \end{aligned}$$

#### **D.5 Perhitungan RSD**

$$\% \text{RSD} = \frac{\text{SD}}{\bar{x}} \times 100\%$$

##### **A. Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**

$$\begin{aligned} \% \text{RSD Sampel Sintetis 4 ppm} &= \frac{0,72}{4,3} \times 100\% \\ &= 16,74\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{RSD Sampel Sintetis 5 ppm} &= \frac{0,23}{5,8} \times 100\% \\ &= 4,0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{RSD Sampel Kosmetik A} &= \frac{0,29}{9,7} \times 100\% \\ &= 3,0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{RSD Sampel Kosmetik B} &= \frac{0,29}{8,7} \times 100\% \\ &= 3,35\% \end{aligned}$$

##### **B. Metode Tes Kit Merkuri**

$$\begin{aligned} \% \text{RSD Sampel Sintetis 4 ppm} &= \frac{0,57}{3,8} \times 100\% \\ &= 15,54\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{RSD Sampel Sintetis 5 ppm} &= \frac{0,57}{5,3} \times 100\% \\ &= 10,68\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{RSD Sampel Kosmetik A} &= \frac{0,57}{9,3} \times 100\% \\ &= 6,10\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{RSD Sampel Kosmetik B} &= \frac{0,72}{4,3} \times 100\% \\ &= 7,43\% \end{aligned}$$

## D.5 Perhitungan Akurasi

$$\% \text{Akurasi} = 100\% - \left( \frac{|\bar{x} - x_{\text{sesungguhnya}}|}{x_{\text{sesungguhnya}}} \times 100\% \right)$$

### A. Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

$$\begin{aligned} \% \text{Akurasi } 4 \text{ ppm} &= 100\% - \left( \frac{|4,3 \text{ mg L}^{-1} - 4 \text{ mg L}^{-1}|}{4 \text{ mg L}^{-1}} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 7,5\% = 92,5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{Akurasi } 5 \text{ ppm} &= 100\% - \left( \frac{|5,8 \text{ mg L}^{-1} - 5 \text{ mg L}^{-1}|}{5 \text{ mg L}^{-1}} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 15,3\% = 84,7\% \end{aligned}$$

### B. Metode Tes Kit Merkuri

$$\begin{aligned} \% \text{Akurasi } 4 \text{ ppm} &= 100\% - \left( \frac{|3,7 \text{ mg L}^{-1} - 4 \text{ mg L}^{-1}|}{4 \text{ mg L}^{-1}} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 8,3\% = 91,7\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{Akurasi } 5 \text{ ppm} &= 100\% - \left( \frac{|5,3 \text{ mg L}^{-1} - 5 \text{ mg L}^{-1}|}{5 \text{ mg L}^{-1}} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 6,7\% = 93,3\% \end{aligned}$$

## D.6 Perhitungan Uji-t

Uji t dapat dihitung dengan rumus :

$$t_{\text{hitung}} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\left(\frac{SD_1^2}{n_1}\right) + \left(\frac{SD_2^2}{n_2}\right)}}$$

Keterangan

$\bar{x}_1$  = rata-rata konsentrasi merkuri metode spektrofotometri serapan atom (SSA)

$\bar{x}_2$  = rata-rata konsentrasi merkuri metode tes kit

$SD_1$  = standar deviasi metode spektrofotometri serapan atom (SSA)

$SD_2$  = standar deviasi metode tes kit

$n$  = jumlah pengulangan

$$\begin{aligned} t_{\text{hitung}} \text{ Sampel Sintetik } 4 \text{ ppm} &= \frac{|4,3 - 3,7|}{\sqrt{\left(\frac{0,72^2}{3}\right) + \left(\frac{0,57^2}{3}\right)}} \\ &= \frac{0,6}{0,53} = 1,13 \end{aligned}$$

$$t_{\text{hitung}} \text{ Sampel Sintetik 5 ppm} = \frac{|5,8-5,3|}{\sqrt{\left(\frac{0,23^2}{3}\right) + \left(\frac{0,57^2}{3}\right)}} \\ = \frac{0,5}{0,35} = 1,40$$

$$t_{\text{hitung}} \text{ Sampel Kosmetik A} = \frac{|9,7-9,3|}{\sqrt{\left(\frac{0,29^2}{3}\right) + \left(\frac{0,57^2}{3}\right)}} \\ = \frac{0,4}{0,37} = 1,08$$

$$t_{\text{hitung}} \text{ Sampel Kosmetik B} = \frac{|8,7-7,7|}{\sqrt{\left(\frac{0,29^2}{3}\right) + \left(\frac{0,57^2}{3}\right)}} \\ = \frac{1}{0,37} = 2,70$$



**Lampiran E. Dokumentasi Kegiatan**



**Gambar E.1** Uji selektivitas ion  $\text{Cu}^{2+}$  terhadap tes kit merkuri



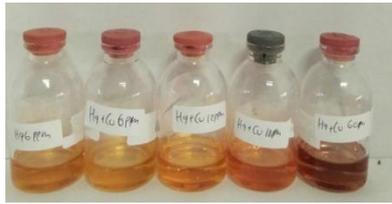
**Gambar E.2** Uji selektivitas ion  $\text{Co}^{2+}$  terhadap tes kit merkuri



**Gambar E.3** Uji selektivitas ion  $\text{Cd}^{2+}$  terhadap tes kit merkuri



**Gambar E.4** Uji selektivitas ion  $\text{Zn}^{2+}$  terhadap tes kit merkuri



**Gambar E.5** Hasil ekstraksi larutan campuran merkuri (Hg) dan tembaga (Cu)



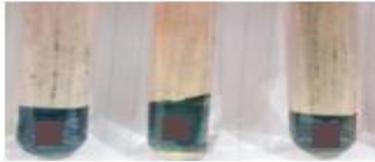
**Gambar E.6** Hasil ekstraksi larutan campuran merkuri (Hg) dan kobalt (Co)



**Gambar E.7** Hasil ekstraksi larutan campuran merkuri (Hg) dan kadmium (Cd)



**Gambar E.8** Hasil ekstraksi larutan campuran merkuri (Hg) dan seng (Zn)



**Gambar E.9** Uji validasi menggunakan sampel sintetis 4 ppm



**Gambar E.10** Uji validasi menggunakan sampel sintetis 5 ppm



**Gambar E.11** Uji validasi menggunakan sampel kosmetik A



**Gambar E.12** Uji validasi menggunakan sampel kosmetik B

