

# Baggi Cahaya Restu

# Imron\_3334190026\_Fulltext

*by Turnitin Cek*

---

**Submission date:** 20-Jun-2024 06:20AM (UTC+0200)

**Submission ID:** 2405596350

**File name:** Baggi\_Cahaya\_Restu\_Imron\_3334190026\_Fulltext-1.pdf (2.28M)

**Word count:** 15514

**Character count:** 87264

**PEMBUATAN SENSOR SEMIKONDUKTOR ZnO-Ag UNTUK  
KARAKTERISASI JENIS MINUMAN BERALKOHOL**

**1**  
**SKRIPSI**

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari  
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Baggi Cahaya Restu Imron  
3334190026

**1**  
**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON-BANTEN**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PEMBUATAN SENSOR SEMIKONDUKTOR ZnO-Ag UNTUK  
KARAKTERISASI JENIS MINUMAN BERALKOHOL**

**SKRIPSI**

Disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan  
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui oleh Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II



**Dr. Amalia Sholehah, S.Si., M.Si.**

NIP: 197905022005012005



**Rahman Faiz Suwandana S.T., M.S.**

NIP: 199406202019031018

**LEMBAR PERSETUJUAN**  
**PEMBUATAN SENSOR SEMIKONDUKTOR ZnO-Ag UNTUK**  
**KARAKTERISASI JENIS MINUMAN BERALKOHOL**




**SKRIPSI**

Disusun dan diajukan oleh:

**Baggi Cahaya Restu Imron**

**3334190026**

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal 6 Februari 2024

	Susunan Dewan Penguji	Tanda Tangan
Penguji I	Dr. Amalia Sholehah, S.Si., M.Si.	
Penguji II	Rahman Faiz Suwandana S.T., M.S.	
Penguji III	Dr. Didied Haryono, S.T., M.T.	

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi

  
**Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D**  
NIP. 198003072005011002

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pembuatan Sensor Semikonduktor ZnO-Ag Untuk  
Karakterisasi Jenis Minuman Beralkohol

Nama Mahasiswa : Baggi Cahaya Restu Imron

NIM : 3334190026

Fakultas : Teknik Metalurgi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, Februari 2024



Baggi Cahaya Restu Imron  
NIM. 3334190099

## ABSTRAK

61

Minuman beralkohol merupakan salah satu jenis minuman yang telah beredar luas dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat baik secara langsung maupun sebagai bahan aditif pada makanan dan minuman. Namun, konsumsi minuman beralkohol memiliki dampak terhadap kesehatan yang dapat berakibat pada kerusakan organ tubuh dan gangguan mental. Oleh karena itu, perlu adanya sensor yang dapat mendeteksi alkohol pada minuman beralkohol. Salah satu jenis sensor yang banyak diteliti adalah sensor kapasitif dengan bahan logam oksida. Seng oksida merupakan salah satu jenis logam oksida yang umum digunakan pada aplikasi sensor kapasitif. Sensor ZnO dapat disintesis dengan penambahan *doping* seperti Ag untuk meningkatkan sifat deteksinya. Pembuatan sensor ZnO-Ag dilakukan dengan membuat lapisan ZnO-Ag pada permukaan substrat PMMA. Metode yang digunakan adalah *spray coating* untuk tahap *seeding* dan *chemical bath deposition* untuk tahap *growing*. Hasil dari proses sintesis berupa bubuk ZnO-Ag dan lapisan ZnO-Ag kemudian diuji dengan pengujian SEM dan XRD. Hasil pengujian SEM menunjukkan bahwa terjadi pembentukan struktur nano berupa *nanoflakes* pada lapisan ZnO-Ag. Hasil citra EDX menunjukkan persebaran unsur penyusun ZnO-Ag yang tersebar merata. Pengujian XRD menunjukkan pola difraksi yang sesuai dengan JCPDS 079-0208 untuk ZnO dan JCPDS 04-0783 untuk Ag. Hasil struktur kristal ZnO-Ag adalah *wurtzite*. Lapisan yang telah terbentuk kemudian difabrikasi menjadi sensor. Sensor seng oksida yang telah dibuat kemudian dilakukan pengujian performa pada VNA dengan frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz dengan sampel udara dan air. Berdasarkan pengukuran, dihasilkan nilai impedansi yang fluktuatif. Nilai impedansi mengalami peningkatan pada frekuensi 100 kHz hingga 850 MHz serta pada rentang frekuensi 2000 MHz hingga 3000 MHz dan mengalami penurunan pada frekuensi di antara 850 MHz hingga 2000 MHz dan antara 3000 MHz hingga 6000 MHz. Pada rentang frekuensi dimana impedansi mengalami penurunan, nilai impedansi udara berada lebih tinggi dibandingkan dengan air. Pengukuran untuk karakterisasi dilakukan dengan sampel minuman beralkohol seperti *rum*, *beer*, *angchu*, *white wine*, dan *red wine*. Nilai impedansi yang terukur dari sampel *rum*, *beer*, *angchu*, *white wine* dan *red wine* pada frekuensi 2008 MHz adalah 0,095; 0,0786; 0,2253; 0,1795; 0,2852 Ohm. Nilai kapasitansi terukur untuk *rum*, *beer*, *angchu*, *white wine* dan *red wine* pada frekuensi 2008 MHz adalah  $1,613 \times 10^{-9}$ ,  $1,297 \times 10^{-9}$ ,  $4,311 \times 10^{-9}$ ,  $4,679 \times 10^{-9}$ ,  $2,832 \times 10^{-9}$  Farad.

**Kata Kunci:** Alkohol, Semikonduktor, ZnO-Ag, Impedansi dan kapasitansi.

## ABSTRACT

Alcoholic drinks are a type of drink that has been widely circulated and is widely consumed by the public both directly and as an additive to food and drinks. However, consumption of alcoholic beverages has an impact on health which can result in damage to body organs and mental disorders. Therefore, there is a need for sensors that can detect alcohol in alcoholic drinks. One type of sensor that is widely researched is a capacitive sensor made from metal oxide. Zinc oxide is a type of metal oxide that is commonly used in capacitive sensor applications. ZnO sensors can be synthesized with the addition of doping such as Ag to improve their detection properties. The ZnO-Ag sensor is made by making a ZnO-Ag layer on the surface of the PMMA substrate. The method used is spray coating for the seeding stage and chemical bath deposition for the growing stage. The results of the synthesis process in the form of ZnO-Ag powder and ZnO-Ag layers were then tested using SEM and XRD testing. SEM test results show that the formation of nanostructures in the form of nanoflakes occurs in the ZnO-Ag layer. The EDX image results show an even distribution of the constituent elements of ZnO-Ag. XRD testing shows diffraction patterns that comply with JCPDS 079-0208 for ZnO and JCPDS 04-0783 for Ag. The resulting crystal structure of ZnO-Ag is wurztite. The layers that have been formed are then fabricated into sensors. The zinc oxide sensor that had been made was then tested for performance on a VNA with a frequency of 100 kHz to 6 GHz with air and water samples. Based on measurements, fluctuating impedance values are produced. The impedance value increased at a frequency of 100 kHz to 850 MHz and in the frequency range 2000 MHz to 3000 MHz and decreased at a frequency between 850 MHz to 2000 MHz and between 3000 MHz to 6000 MHz. In the frequency range where impedance decreases, the impedance value of air is higher than that of water. Measurements for characterization were carried out with samples of alcoholic drinks such as rum, beer, angchu, white wine and red wine. The impedance value measured from samples of rum, beer, angchu, white wine and red wine at a frequency of 2008 MHz is 0.095; 0.0786; 0.2253; 0.1795; 0.2852 Ohms. The measured capacitance values for rum, beer, angchu, white wine and red wine at a frequency of 2008 MHz are  $1.613 \times 10^{-9}$ ,  $1.297 \times 10^{-9}$ ,  $4.311 \times 10^{-9}$ ,  $4.679 \times 10^{-9}$ ,  $2.832 \times 10^{-9}$  Farad.

**Keyword:** Alcohol, Semiconductor, ZnO-Ag, Impedance and capacitance.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang berkat rahmat dan hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Skripsi dengan judul "Pembuatan Sensor Semikonduktor ZnO-Ag Untuk Karakterisasi Jenis Minuman Beralkohol". Dalam kesempatan ini, Penulis menyampaikan terima kasih atas segala bantuan dan bimbingan tersebut kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Abdul Aziz, S.T., M.T. selaku ketua jurusan Teknik Metalurgi.
2. Ibu Dr. Amalia Sholehah, S.Si., M.Si. selaku pembimbing pertama dalam penelitian ini.
3. Bapak Rahman Faiz Suwandana S.T., M.S selaku pembimbing kedua dalam penelitian ini.
4. Orang tua penulis yang sudah memberi doa dan dukungan baik moril maupun materil kepada penulis.
5. *Laboratorium Advanced Materials and Tomography* Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan PT. CTECH Lab Edwar Technology
6. Seluruh rekan Penulis yang telah memberikan semangat dan bantuan kepada Penulis selama menyelesaikan penelitian hingga sidang skripsi. Penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan Laporan Skripsi ini. Semoga dengan proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya dan kita semua senantiasa mendapat Ridho -Nya, Amiin Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Cilegon, Februari 2024



Baggi Cahaya Restu Imron



# 1 DAFTAR ISI

## Halaman

<b>LEMBAR JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Seng Oksida (ZnO) .....	6
2.2 Sintesis ZnO .....	8

2.3	Sensor Kapasitif .....	12
2.4	Alkohol .....	13
2.5	Metode Pembuatan ZnO .....	17
2.3.1	<i>Spray Coating</i> .....	17
2.3.2	<i>Chemical Bath Deposition</i> .....	19
2.6	Reaksi Pembentukan ZnO-Ag .....	21
9	2.7 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	22
2.8	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	23
2.9	<i>Vector Network Analyzer (VNA)</i> .....	24
22	<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1	Diagram Alir .....	25
3.2	Alat dan Bahan .....	26
3.2.1	Alat .....	26
3.2.2	Bahan .....	27
39	3.3 Prosedur Percobaan .....	27
	<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1	Fabrikasi Sensor .....	31
8	4.2 Hasil Pengujian SEM-EDX .....	32
4.3	Hasil Pengujian XRD .....	33
4.4	Uji Performa Sensor .....	34
1	<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1	Kesimpulan .....	43
5.2	Saran .....	44

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

LAMPIRAN A. Contoh Perhitungan .....50

LAMPIRAN B. Data Penelitian.....53

LAMPIRAN C. Gambar Alat & Bahan .....83

## DAFTAR TABEL

### Halaman

**Tabel 2.1** Komposisi kimia dalam *Wine, Beer, Angciu* dan *Rum* .....15

**Tabel B.1** Data Pengukuran Udara pada Frekuensi 100 kHz – 6 GHz .....62

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1</b> Struktur Kristal ZnO .....	7
<b>Gambar 2.2</b> Skema <i>Spray Coating</i> .....	18
<b>Gambar 2.3</b> Siklus Termal <i>Spray Pyrolysis</i> .....	19
<b>Gambar 2.4</b> Mekanisme Pembentukan Lapisan Inorganik dari Larutan Inorganik <i>Aqueous</i> .....	43 20
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	25
<b>Gambar 4.1</b> Sensor Semikonduktor ZnO-Ag setelah Fabrikasi .....	31
<b>Gambar 4.2</b> Sampel ZnO-Ag pada Pembesaran 300x (a), 500x (b), dan 1000x (c) .....	33
<b>Gambar 4.3</b> Pemetaan Unsur pada Sample ZnO-Ag .....	33
<b>Gambar 4.4</b> Difraktogram untuk ZnO/Ag dan ZnO .....	34
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Perbandingan Impedansi Udara dan Air pada Frekuensi 100 kHz - 6 GHz.....	35
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Perbandingan Kapasitansi Udara dan Air pada Frekuensi 100 kHz - 6 GHz.....	36
<b>Gambar 4.7</b> Grafik Perbandingan Impedansi Udara, Air, Etanol dan Minuman Beralkohol pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz .....	37
<b>Gambar 4.8</b> Grafik Perbandingan Kapasitansi Udara, Air, Etanol dan Minuman Beralkohol pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz.....	37
<b>Gambar 4.9</b> Grafik Impedansi <i>Rum, Beer, Angchu, Red Wine</i> , dan <i>White Wine</i> Normalisasi dengan Udara pada Frekuensi 100 kHz hingga 6GHz .....	38
<b>Gambar 4.10</b> Grafik Kapasitansi <i>Rum, Beer, Angchu, Red Wine</i> , dan <i>White</i>	

Wine Normalisasi dengan Udara pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz.....	39
<b>Gambar 4.11</b> Grafik Impedansi <i>Rum, Beer, Angchu, Red Wine</i> , dan <i>White Wine</i> Normalisasi dengan Air pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz.....	40
<b>Gambar 4.12</b> Grafik Kapasitansi <i>Rum, Beer, Angchu, Red Wine</i> , dan <i>White Wine</i> Normalisasi dengan Air pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz.....	40
<b>Gambar 4.13</b> Grafik Impedansi <i>Rum, Beer, Angchu, Red Wine</i> dan <i>White Wine</i> Normalisasi dengan Etanol pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz.....	42
<b>Gambar 4.14</b> Grafik Kapasitansi <i>Rum, Beer, Angchu, Red Wine</i> dan <i>White Wine</i> Normalisasi dengan Etanol pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz.....	42
<b>Gambar B.1</b> Nilai Impedansi Udara .....	54
<b>Gambar B.2</b> Nilai Kapasitansi Udara .....	54
<b>Gambar B.3</b> Nilai Impedansi Air .....	55
<b>Gambar B.4</b> Nilai Kapasitansi Air .....	55
<b>Gambar B.5</b> Nilai Impedansi Etanol.....	56
<b>Gambar B.6</b> Nilai Kapasitansi Etanol .....	56
<b>Gambar B.7</b> Nilai Impedansi <i>Rum</i> .....	57
<b>Gambar B.8</b> Nilai Kapasitansi <i>Rum</i> .....	57
<b>Gambar B.9</b> Nilai Impedansi <i>Beer</i> .....	58
<b>Gambar B.10</b> Nilai Kapasitansi <i>Beer</i> .....	58
<b>Gambar B.11</b> Nilai Impedansi <i>Angchu</i> .....	59
<b>Gambar B.12</b> Nilai Kapasitansi <i>Angchu</i> .....	59
<b>Gambar B.13</b> Nilai Impedansi <i>White Wine</i> .....	60
<b>Gambar B.14</b> Nilai Kapasitansi <i>White Wine</i> .....	60

<b>Gambar B.15</b> Nilai Impedansi <i>Red Wine</i> .....	61
<b>Gambar B.16</b> Nilai Kapasitansi <i>Red Wine</i> .....	61
<b>Gambar C.1</b> <i>Air Brush</i> .....	84
<b>Gambar C.2</b> <i>Aluminium Foil</i> .....	84
<b>Gambar C.3</b> Angchu.....	84
<b>Gambar C.4</b> Aquabides .....	84
<b>Gambar C.5</b> Batang Pengaduk .....	84
<b>Gambar C.6</b> <i>Beer</i> .....	84
<b>Gambar C.7</b> <i>Chamber</i> .....	85
<b>Gambar C.8</b> Gelas Piala .....	85
<b>Gambar C.9</b> <i>Hair Dryer</i> .....	85
<b>Gambar C.10</b> Heksametilentetramin .....	85
<b>Gambar C.11</b> <i>Hot Plate</i> .....	85
<b>Gambar C.12</b> <i>Ice Bath</i> .....	85
<b>Gambar C.13</b> Kabel Koaksial.....	86
<b>Gambar C.14</b> Kaca Arloji.....	86
<b>Gambar C.15</b> Kertas Saring.....	86
<b>Gambar C.16</b> Klip .....	86
<b>Gambar C.17</b> Kompresor .....	86
<b>Gambar C.18</b> LibreVNA .....	86
<b>Gambar C.19</b> Loyang .....	87
<b>Gambar C.20</b> Mesin Uji SEM.....	87
<b>Gambar C.21</b> Mesin Uji XRD.....	87

<b>Gambar C.22</b> Oven.....	87
<b>Gambar C.23</b> Perak Nitrat.....	87
<b>Gambar C.24</b> Pinset.....	87
<b>Gambar C.25</b> Pipet Tetes .....	88
<b>Gambar C.26</b> Pita Perekat .....	88
<b>Gambar C.27</b> <i>Red Wine</i> .....	88
<b>Gambar C.28</b> <i>Rum</i> .....	88
<b>Gambar C.29</b> Seng Oksida .....	88
<b>Gambar C.30</b> Spatula .....	88
<b>Gambar C.31</b> Termometer.....	89
<b>Gambar C.32</b> Timbangan .....	89
<b>Gambar C.33</b> <i>White Wine</i> .....	89



## PENDAHULUAN

**1.1 Latar Belakang**

Alkohol merupakan salah satu jenis senyawa kimia yang telah beredar luas dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat baik secara langsung maupun pada makanan dan minuman. Namun, konsumsi alkohol memiliki dampak terhadap kesehatan yang dapat berakibat pada kerusakan organ tubuh dan gangguan mental. Alkohol pada bahan konsumsi seperti makanan dan minuman dapat diidentifikasi berdasarkan bau dan rasa yang khas. Namun, pada kondisi dan aplikasi tertentu dimana karakteristik fisik yang khas ini dapat berubah-ubah maka karakteristik tersebut tidak dapat dijadikan sebagai alat ukur dalam proses identifikasi. Oleh karena itu, diperlukan adanya pengujian yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi alkohol di dalam makanan dan minuman. Salah satu bentuk pengujian yang dapat digunakan adalah memanfaatkan aplikasi dari sensor.

Sensor dapat digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan sifat tertentu dari suatu lingkungan dan kemudian memberikan respons terhadap lingkungan yang dideteksi. Sensor yang umum digunakan saat ini adalah sensor yang memanfaatkan sifat kelistrikan yang dihasilkan oleh material tertentu untuk dapat mengidentifikasi material tersebut. Salah satu aplikasi dari sensor yang umum digunakan dalam mendeteksi alkohol adalah *breathalyzer* yang dapat digunakan untuk mendeteksi banyaknya alkohol yang berada pada udara berdasarkan perubahan sifat listrik yang dihasilkan. Namun, alat ini digunakan untuk

mendeteksi adanya kandungan alkohol dalam jumlah tertentu di udara. Sedangkan minuman beralkohol secara umum terdapat dalam bentuk cairan. Pengujian yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi minuman beralkohol dalam bentuk cairan masih terbatas pada pengujian skala laboratorium yang membutuhkan sumber daya yang cukup banyak. Sehingga dibutuhkan adanya sensor yang dapat digunakan untuk proses identifikasi minuman beralkohol dalam bentuk cair.

Sensor seng oksida (ZnO) merupakan salah satu jenis sensor yang dapat digunakan untuk aplikasi tersebut. Sensor seng oksida umumnya digunakan dalam mendeteksi adanya molekul gas maupun cairan tertentu pada kondisi atmosfer ambien. Seng oksida memiliki beberapa karakteristik yang sesuai untuk digunakan sebagai sensor yaitu sifat deteksi yang baik, ramah lingkungan, mudah disintesis dan harga yang murah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Hamid Reza Yousefi [1], karakteristik dan sifat deteksi dari sensor seng oksida dapat ditingkatkan dengan penambahan *dopant* berupa unsur perak (Ag). Karakteristik dari perak di antaranya adalah memiliki sifat konduktivitas listrik dan sifat katalis yang baik. Penambahan unsur Ag dapat meningkatkan sifat sensitivitas dan selektivitas pada sensor ZnO terhadap unsur tertentu.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat sensor ZnO pada substrat *polymethyl methacrylate* (PMMA). Proses pembuatan sensor dilakukan menggunakan metode *spray coating* dan *chemical bath deposition*, di mana substrat *polymethyl methacrylate* (PMMA) akan dilapisi dengan ZnO-Ag sehingga dihasilkan sensor ZnO-Ag. Sensor ZnO-Ag yang telah dibuat kemudian akan dikarakterisasi dan digunakan untuk mengukur dan nilai kapasitansi, impedansi dan

frekuensi resonansi dari beberapa jenis minuman beralkohol hasil fermentasi karbohidrat sederhana atau gula di antaranya adalah *red wine*, *white wine*, *brandy* dan *rum*. Nilai impedansi dan kapasitansi yang terukur kemudian digunakan untuk mengidentifikasi jenis minuman beralkohol tersebut.

10

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah mengetahui tingkat kemampuan penggunaan sensor ZnO-Ag dalam mengidentifikasi jenis minuman beralkohol seperti *red wine*, *white wine*, *rum*, *angchu* dan *beer* berdasarkan sifat kelistrikan yang dihasilkan. Proses identifikasi dilakukan dengan mengukur impedansi dan kapasitansi yang dihasilkan dari pengujian terhadap sampel minuman beralkohol.

30

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Membuat sensor ZnO-Ag di atas substrat PMMA untuk mendeteksi sifat listrik pada minuman beralkohol.
- b. Mengukur besaran impedansi, kapasitansi dan frekuensi resonansi yang diperoleh dari sensor ZnO-Ag untuk mengkarakterisasi variasi minuman beralkohol.
- c. Melakukan pengujian performa sensor terhadap beberapa jenis minuman beralkohol dengan variasi *red wine*, *white wine*, *rum*, *angchu* dan *beer*.

## 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Material Maju dan Tomografi Fakultas Teknik UNTIRTA dan PT CTech Labs EdWar Technology.
2. Bahan baku utama digunakan adalah  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ , dan  $\text{AgNO}_3$  yang disintesis di atas substrat *polymethyl methacrylate* (PMMA) untuk sensor berupa lapisan ZnO-Ag
3. Metode sintesis ZnO-Ag yang dilakukan adalah metode *spray coating* untuk tahapan *seeding* dan metode *chemical bath deposition* untuk tahapan *growing*.
4. Pengujian performa sensor terhadap minuman beralkohol menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA).
5. Pengujian sampel ZnO-Ag menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *X-Ray Diffraction* (XRD).
6. Variabel bebas pada penelitian ini adalah beberapa jenis minuman beralkohol berupa *red wine*, *white wine*, *rum*, *angchu* dan *beer*. Sedangkan variabel terikatnya adalah nilai kapasitansi, impedansi dan frekuensi resonansi yang diperoleh dari uji performa.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan ini terdiri dari lima bab. Bab I berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian dan ruang lingkup penelitian. Latar belakang terkait dengan pembuatan sensor semikonduktor ZnO-Ag untuk

karakterisasi jenis minuman beralkohol. Rumusan masalah yang mencakup identifikasi minuman beralkohol berdasarkan sifat listrik menggunakan sensor yang telah difabrikasi. Tujuan penelitian yang terdiri dari pembuatan sensor yang dapat mengidentifikasi minuman beralkohol. Ruang lingkup penelitian yang berisi lokasi penelitian, bahan alat yang digunakan dalam penelitian, metode dan pengujian yang dilakukan pada penelitian serta sistematika penulisan. Bab II berisi tinjauan pustaka sebagai dasar teori dalam penelitian. Bab III berisi metode penelitian yang terdiri dari diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta prosedur penelitian. Bab IV berisi hasil yang diperoleh dari penelitian dan pembahasan terkait hasil yang didapatkan. Bab V terdiri dari kesimpulan untuk penelitian yang dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya. Daftar pustaka berisi referensi dan literatur yang digunakan dalam laporan penelitian ini.

## TINJAUAN PUSTAKA

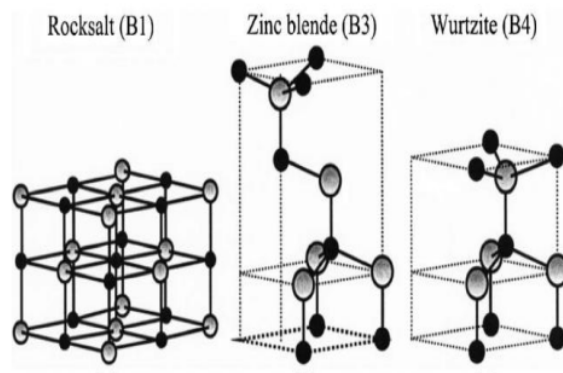
## 2.1 Seng Oksida (ZnO)

Seng Oksida (ZnO) merupakan senyawa yang termasuk ke dalam kelompok semikonduktor II-VI dan berada di antara semikonduktor kovalen dan ionik. Karakteristik dari seng oksida di antaranya adalah memiliki nilai celah pita energi yang tinggi yaitu sebesar 3,37 eV, energi ikat eksiton sebesar 60 meV pada temperatur ruang, bersifat transparan terhadap cahaya tampak, tidak beracun, memiliki stabilitas kimia yang baik, serta bersifat antibakteri dan piezoelektrik. ZnO juga memiliki sifat ramah lingkungan, mobilitas elektron yang tinggi, adsorpsi yang baik dan biaya sintesis serta operasi yang rendah. Berdasarkan sifat tersebut, ZnO banyak digunakan dalam berbagai aplikasi contohnya dalam deteksi cahaya ultraviolet, sel surya, transduser, sensor, dan fotokatalis [2]. Karena sifat kekerasan, kekakuan, dan piezoelektriknya, ZnO ini juga digunakan dalam industri keramik, sementara sifatnya yang tidak beracun dan biokompatibilitas yang baik digunakan dalam aplikasi biomedis [3].

Pada aplikasi sensor gas, ZnO bersifat stabil dan memiliki sifat selektivitas yang rendah terhadap beberapa jenis gas yang dapat ditingkatkan dengan penambahan unsur lain. Suhu kerja dari ZnO cenderung tinggi yaitu sekitar 400-500 °C, namun penggunaan partikel berukuran nano dapat menurunkan suhu hingga 300 °C. Tingkat sensitivitas bergantung pada porositas dan ukuran butir dari bahan.

Tingkat sensitivitas dapat meningkat dengan menurunnya ukuran partikel seng oksida [4].

ZnO dapat terbentuk sebagai struktur satu dimensi, dua dimensi, maupun tiga dimensi. Struktur satu dimensi yang terbentuk dapat berupa *nanorod*, *nanoneedles*, *nanohelix*, *nanosprings*, *nanorings*, *nanoribbons*, *nanotubes*, *nanowires*, dan *nanocombs*. ZnO juga dapat ditemukan dalam bentuk dua dimensi sebagai struktur *nanosheet* dan *nanopellet*. Dalam bentuk tiga dimensi, struktur ZnO yang dapat terbentuk di antaranya adalah struktur menyerupai bunga atau kepingan salju. ZnO merupakan salah satu material yang menghasilkan variasi struktur partikel terbanyak di antara semua material yang diketahui [4].



**Gambar 2.1** Struktur Kristal ZnO [5]

Struktur kristal dari ZnO dapat berupa *wurtzite*, *zinc blende*, dan *rocksalt*. Struktur *wurtzite* dapat terbentuk pada kondisi *ambient* dan merupakan fasa yang stabil secara termodinamika. *Zinc blende* dapat tumbuh secara stabil pada substrat kubik. Sementara struktur *rocksalt* dapat dihasilkan pada tekanan yang relatif tinggi. ZnO umumnya merupakan semikonduktor tipe n. Hal ini disebabkan oleh

adanya cacat titik pada struktur ZnO yang dapat berupa vakansi atau interstisi serta adanya dislokasi planar. Adanya vakansi oksigen dan interstisi seng di dalam kisi dapat menyebabkan ZnO memiliki konduktivitas tipe n [5].

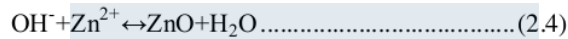
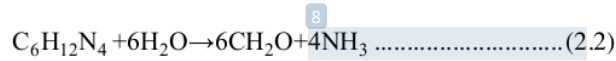
## 2.2 Sintesis ZnO

Sintesis ZnO dapat dilakukan dengan beberapa jenis metode seperti *vapour deposition*, presipitasi di dalam larutan air, sintesis hidrotermal, proses sol-gel dan presipitasi dari mikroemulsi dan proses mekanokimia. Metode tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan produk dengan partikel dengan bentuk, ukuran dan struktur spasial yang berbeda [4]. ZnO berstruktur nano dapat dihasilkan menggunakan metode berupa *Pulse Laser Deposition (PLD)*, *Chemical Vapor Deposition (CVD)*, *Chemical Bath Deposition (CBD)*, hidrotermal dan reaksi kimia [3].

Bahan yang digunakan sebagai prekursor dalam sintesis ZnO adalah  $Zn(NO_3)_2$  atau seng nitrat tetrahidrat.  $Zn(NO_3)_2$  digunakan sebagai sumber ion Zn yang dibutuhkan untuk menghasilkan ZnO. Pada proses pembuatan prekursor,  $Zn(NO_3)_2$  akan terionisasi menjadi ion Zn dan ion nitrat. Reaksi ini dapat diamati pada persamaan 2.1.  $Zn(NO_3)_2$  umumnya digunakan dalam bentuk hidrat sebagai  $Zn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ . Heksametilentetramin atau HMTA ( $C_6H_{12}N_4$ ) adalah salah satu bahan prekursor yang digunakan dalam sintesis ZnO. HMTA dan air dapat bereaksi menghasilkan ion hidroksida. Reaksi yang terjadi pada HMTA dapat diamati pada persamaan 2.2 hingga 2.4







Pada reaksi tersebut, HMTA dengan adanya air mengalami penguraian membentuk formaldehida dan amonia. Amonia yang dihasilkan dari reaksi tersebut dapat bereaksi kembali dengan air untuk menghasilkan ion amonium dan ion hidroksida.  $OH^-$ .  $Zn^{2+}$  hasil dari garam Zn yang terlarut dalam air, akan mengalami proses kristalisasi dan bereaksi dengan ion  $OH^-$  membentuk ZnO [6].

Proses pembuatan ZnO umumnya dilakukan dengan metode deposisi pada suhu tinggi, hal ini menyebabkan polimer yang rentan terhadap panas kurang cocok digunakan sebagai substrat. Salah satu teknik deposisi yang dapat dilakukan pada suhu ruang adalah *atomic layer deposition* (ALD) dimana prekursor dapat bereaksi dengan permukaan substrat melalui proses deposisi berulang secara terus menerus hingga membentuk lapisan tipis. Teknik ini memungkinkan penggunaan polimer sebagai substrat. Pada beberapa jenis polimer dengan permukaan tanpa grup hidroksil seperti PMMA, *polyvinyl chloride* dan *polystyrene*. Prekursor awal dapat terperangkap pada permukaan berpori dari material plastik. Prekursor tersebut kemudian dapat bertindak sebagai inti nuklei untuk pertumbuhan prekursor selanjutnya hingga terbentuk lapisan. PMMA merupakan salah satu jenis polimer yang dapat digunakan sebagai substrat. PMMA digunakan karena memiliki sifat tembus pandang terhadap cahaya, memiliki stabilitas kimia yang baik, bersifat stabil pada lingkungan *aqueous*, sifat mekanik yang baik dan harga yang relatif murah [7].

Sensor *chemiresistor* berbasis ZnO umumnya memiliki mekanisme deteksi dengan memanfaatkan adsorpsi dari spesies target menuju lokasi oksida aktif seperti spesies oksigen yang teradsorpsi dan cacat struktural jarak pendek. Adsorpsi molekul gas yang bersifat mengoksidasi seperti SO<sub>2</sub> dapat menghilangkan dan mengurangi elektron dari pita konduksi sehingga menghasilkan penurunan konduktivitas dari sensor *chemiresistor* ZnO. Sementara itu, molekul gas yang dapat mereduksi seperti CO dapat bereaksi dengan spesies oksigen lalu teradsorpsi menuju permukaan dan memberikan elektron sehingga konduktivitas meningkat [8]. Untuk meningkatkan parameter pendeteksi seperti sensitivitas, selektivitas dan stabilitas dari semikonduktor logam oksida seperti ZnO, material aktif dengan struktur nano yang kompleks seperti heterojungsi dapat digunakan untuk meningkatkan reaksi antara material pendeteksi dan material yang dideteksi [9].

60 Perak (Ag) merupakan salah satu logam mulia yang memiliki sifat fisik dan kimia yang stabil. Perak merupakan material konduktor yang baik dan memiliki sifat katalitik yang baik sehingga sering digunakan dalam sensor. Perak dapat berfungsi sebagai bahan aditif dalam pembuatan heterojungsi logam oksida dengan logam mulia. Penambahan Ag pada ZnO dapat menghasilkan peningkatan sensitivitas dan performa dari sensor [10]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Yousefi dkk [1], dilakukan pembuatan sensor Ag-ZnO dengan metode sol-gel yang kemudian diuji untuk mengetahui sifat sensitivitas terhadap gas. Penelitian tersebut menunjukkan peningkatan sifat responsi sensor terhadap gas etanol pada sensor Ag-ZnO dibandingkan dengan ZnO murni. Peningkatan mekanisme deteksi ini berhubungan dengan adanya efek katalitik dari Ag dan pembentukan heterojungsi

Ag-ZnO. Sebagai logam mulia, Ag memiliki efek kalitik terhadap oksigen dan gas etanol serta dapat meningkatkan adsorpsi ion oksigen pada permukaan ZnO. Pembentukan heterojungsi logam oksida dengan logam mulia menyebabkan elektron bergerak dari ZnO menuju permukaan Ag sehingga meningkatkan tinggi *barrier* dan lebar dari *electron double layer* (EDL) pada sensor. Ketika terdapat etanol, maka elektron yang dilepaskan dapat mengurangi lebar EDL dan menghasilkan sinyal yang dapat dideteksi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jiaqiang Xu dkk [11], bubuk ZnO menunjukkan respons gas yang baik terhadap alkohol. ZnO sebagai logam oksida tipe n dapat mengadsorpsi molekul oksigen di udara dan membentuk ion oksigen dengan menangkap elektron dari pita konduktansi. Hal ini menyebabkan resistansi ZnO meningkat. Ion oksigen dapat berinteraksi dengan molekul etanol sehingga elektron dapat kembali mengisi pita konduktansi dan menurunkan resistansi ZnO.

Penelitian yang dilakukan Zhihong Jing dan Jinhua Zhan [12] mengenai fabrikasi dan sifat deteksi gas dari pelat nano ZnO berpori menunjukkan bahwa pelat nano ZnO berpori memiliki respon yang kuat terhadap adanya gas etanol pada suhu operasi yang relatif tinggi yaitu 250 °C hingga 450 °C. Pada penelitian yang dilakukan oleh Abdul Hamid dkk [13], partikel ZnO ditumbuhkan pada substrat indium timah oksida dan digunakan dalam pembuatan elektroda untuk mendeteksi cairan etanol pada kisaran 7-25 mM. Elektroda yang digunakan menunjukkan tingkat sensitivitas yang tinggi sebesar  $8,14 \mu\text{AmM}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$  dan memiliki potensi yang baik untuk dijadikan sebagai sensor etanol cair.

53  
**2.3 Sensor Kapasitif**

Sensor kapasitif merupakan sensor yang mendeteksi adanya perbedaan atau variasi fisik dan memberikan respon berupa perbedaan pada kapasitansi [14]. Sensor kapasitif umumnya memiliki komponen kapasitor di dalamnya. Kapasitor secara sederhana terdiri dari dua buah pelat konduktif yang dipisahkan oleh bahan non konduktif yang disebut dielektrik. Kapasitansi merupakan sifat listrik dari kapasitor. Kapasitansi dipengaruhi dari geometri dari bahan konduktor yang digunakan serta sifat material dielektrik pada kapasitor. Kapasitansi dapat dirumuskan sebagai persamaan berikut.

$$C = \epsilon_r \frac{\epsilon_0 A}{d} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana  $\epsilon_r$  adalah konstanta dielektrik relatif,  $\epsilon_0$  merupakan konstanta dielektrik ruang hampa sebesar  $8,854 \times 10^{-12}$  F/m,  $A$  merupakan luas permukaan pelat dalam  $m^2$  dan  $d$  adalah jarak antar pelat dalam meter. Sensor kapasitif dapat mendeteksi adanya perubahan pada posisi atau sifat dielektrik pada material dan mengubahnya menjadi sinyal listrik [15].

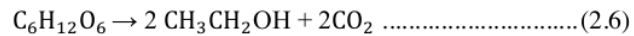
Sensor kapasitif bekerja berdasarkan prinsip pengukuran kapasitif dimana terjadi adanya interaksi antara benda uji dan medan listrik yang dihasilkan oleh sensor. Medan listrik dihasilkan oleh elektroda sensor yang kemudian dapat menembus benda uji sehingga menyebabkan terjadinya perpindahan elektrik di dalam benda uji. Perpindahan ini menghasilkan medan lain yang dapat merubah muatan yang tersimpan di antara elektroda sensor yang kemudian dapat mengubah nilai kapasitansi antar elektroda. Perubahan ini dapat digunakan untuk menyimpulkan sifat dari benda uji [16].

## 2.4 Alkohol

Alkohol adalah senyawa hidrokarbon organik yang mengandung gugus fungsi hidroksil yang terdiri dari gugus hidroksil (-OH) dan karbon (C). Spesies alkohol yang umum digunakan adalah metanol (CH<sub>3</sub>OH), etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), dan isopropil alkohol (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH). Istilah alkohol dalam dunia perdagangan umumnya digunakan untuk etanol [17]. Di antara jenis senyawa alkohol, etanol adalah senyawa yang lebih tidak beracun sehingga banyak digunakan dalam produk makanan dan minuman. Alkohol (etanol) memiliki sifat tidak berwarna atau transparan, mudah menguap, dan dapat bercampur dengan air. Etanol adalah substansi yang dapat mengubah suasana hati dengan efek tertentu. Konsumsi etanol dapat menyebabkan penurunan kesadaran, mabuk dan jika dikonsumsi secara berlebihan dapat menyebabkan gangguan kesehatan serta kecanduan. Ketika dikonsumsi, etanol dapat terserap dengan cepat dan menyebar ke seluruh tubuh. Etanol tidak dapat disimpan di dalam tubuh dan perlu melalui tahap metabolisme di organ hati untuk dapat dihilangkan. Etanol memiliki kandungan energi yang tinggi tetapi tidak memiliki kandungan <sup>20</sup> mineral, vitamin, karbohidrat, lemak dan protein sehingga dapat menyebabkan malnutrisi. Alkohol dapat bekerja sebagai depresan pada sistem saraf pusat dan sebagai diuretik serta dapat mempengaruhi beberapa sistem neurotransmitter seperti sistem serotonin dan dopamin [18].

Alkohol dibuat melalui proses fermentasi dari hasil pertanian yang mengandung karbohidrat seperti biji-bijian, umbi-umbian, dan buah-buahan. Proses fermentasi dilakukan dengan penambahan ragi pada bahan baku. Ragi mengubah gula atau karbohidrat sederhana menjadi etanol dan karbon dioksida. Gula yang

digunakan umumnya berupa sukrosa dan glukosa. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut [19].



Etanol diproduksi dari glukosa melalui proses konsumsi fermentatif dari piruvat yang merupakan produk akhir dari proses glikolisis. Glikolisis merupakan proses metabolik yang mengubah glukosa menjadi piruvat dan ATP. Pada beberapa jenis jaringan tanaman, invertebrata dan mikroorganisme tertentu seperti ragi, piruvat ketika berada dalam kondisi anaerobik dapat terfermentasi menjadi alkohol [18].

Minuman beralkohol diproduksi dari cairan yang mengandung alkohol hasil dari fermentasi gula yang berasal dari bahan baku seperti biji-bijian, buah-buahan, dan sumber gula lainnya. Minuman beralkohol memiliki berbagai jenis yang bervariasi dan dapat dikategorikan berdasarkan cara pembuatan, karakteristik maupun kandungan alkohol. Beberapa jenis minuman beralkohol di antaranya adalah *wine*, *angchu*, *beer* dan *rum*. <sup>73</sup> *Wine* adalah minuman beralkohol yang didapatkan dari fermentasi buah anggur yang dihancurkan. Proses fermentasi untuk menghasilkan alkohol dapat dilakukan secara penuh maupun sebagian. Jenis anggur yang digunakan dapat mempengaruhi *wine* yang dihasilkan. <sup>62</sup> *Red wine* adalah *wine* yang dibuat menggunakan buah anggur merah bersama dengan kulitnya sedangkan *white wine* dibuat dengan anggur putih tanpa kulit. Kandungan alkohol di dalam *wine* berada di antara 5,5% hingga 20%. Angciu atau *Huangjiu* adalah minuman beralkohol yang difermentasi dari beras, ketan. Angciu umumnya digunakan sebagai bahan tambahan dalam masakan sementara *huangjiu* dikonsumsi secara langsung. Minuman ini memiliki rasa yang unik dan kandungan alkohol yang

rendah [20]. *Beer* merupakan salah satu minuman beralkohol yang terbuat dari bahan berupa *barley* (malt), *hops*, ragi dan air. Selain *barley*, bahan baku lain yang mengandung gula atau pati juga digunakan dalam proses persiapan enzim mikroba. Kandungan etanol pada *beer* berkisar antara 1 % hingga 5,5% Rum dibuat dari molase atau sari tebu yang difermentasi lalu didistilasi. Pada daerah yang membudidayakan tebu, produksi rum menggunakan sirup gula atau ekstrak gula dengan tambahan produk samping dari pengolahan tebu. Kandungan dari rum berkisar antara 40%-50% [21].

**Tabel 2.1** Komposisi kimia dalam *Red wine*, *White wine*, *Beer*, Angciu dan *Rum* [22], [23], [24], [20], [25]

NO	Nama Minuman	Asal Fermentasi	Kandungan Kimia	
			Jenis	Komposisi
1.	<i>Red Wine</i>	Buah Anggur Merah	Air	86%
			Ethanol	12%
			Gliserol, Polisakarida, Alkohol tinggi	1 %
			Asam Organik	0,4%
			Polifeno (Anthocyanin, Tannin)	0,1%
			Mineral, Senyawa Lainnya	0,5%
2.	<i>White Wine</i>	Buah Anggur Putih	Alkohol	8-15%
			Asam Tartarat	2,35 g/L
			Asam Malat	1,41 g/L
			Asam Laktat	0,8 g/L
			Fruktosa	3,48 g/L
			Glukosa	1,13 g/L

NO	Nama Minuman	Asal Fermentasi	Kandungan Kimia	
			Jenis	Komposisi
3.	<i>Beer</i>	<i>Barley, Hops</i>	Air	90-94%
			Etanol	3-5% v/v
			Karbohidrat	1-6% w/v
			Karbon dioksida	3,5-4,5 g/L
			Garam inorganik	500-4000 mg/L
			Asam organik	50-250 mg/L
			Alkohol tinggi	100-300 mg/L
			Aldehida	30-40 mg/L
			Ester	25-40 mg/L
			Senyawa Sulfur	1-10 mg/L
4.	<i>Angchu</i>	Beras	<i>Ethyl acetate</i>	36,52 mg/L
			<i>Ethyl butyrate</i>	6,67 mg/L
			<i>Ethyl hexanoate</i>	0,81 mg/L
			Ethyl Oenanthat	0,15 mg/L
			Ethyl Caprylate	0,75 mg/L
			Ethyl Benzoate	1,54 mg/L
			Phenethyl acetate	0,69 mg/L
			Ethyl laurate	0,25 mg/L
			Ethyl myristate	0,56 mg/L
			Ethyl palmitate	0,37 mg/L
			1-propanol	31,2 mg/L
			Isobutanol	57,18 mg/L
			Isoamyl alcohol	127,35 mg/L
			Butanediol	4,55 mg/L
			Phenethyl alcohol	53,21 mg/L
5.	<i>Rum</i>	Molase	Acetaldehyde	20-150 mg/L
			Acetone	1,5 mg/L



NO	Nama Minuman	Asal Fermentasi	Kandungan Kimia	
			Jenis	Komposisi
			4-hydroxy-3,5-dimethoxybenzoic acid	1,95 mg/L
			n-propyl alcohol	73,4 mg/L
			2-butenal	15,4 mg/L
			Cyclopentanone	1,31 mg/L
			Ethyl acetate	79,8 mg/L
			sec-butyl alcohol	17,8 mg/L
			n-butyl alcohol	24,8 mg/L
			Catechin	0,204 mg/L
			Epicatechin	0,271 mg/L
			isoamyl alcohol	270 mg/L

## 2.5 Metode Pembentukan Lapisan ZnO-Ag

### 2.5.1 *Spray Coating*

*Spray coating* adalah metode pelapisan pada objek dengan menggunakan penyemprotan cairan. Objek yang dilapisi disebut sebagai substrat. Teknik ini bekerja dengan cara menyalurkan cairan melalui alat semprot sehingga menghasilkan aerosol halus. Gas bawaan dan muatan listrik dapat membantu mengarahkan aerosol pada permukaan yang dilapisi [26].

Beberapa metode *spray coating* yang umum digunakan di antaranya adalah *suspension spraying* dan *solution thermal spraying*. Metode ini memanfaatkan energi termal untuk memanaskan material yang kemudian dihamburkan oleh energi kinetik menuju permukaan yang telah dipersiapkan. Tumbukan dari partikel yang dihamburkan menghasilkan tumpukan lapisan

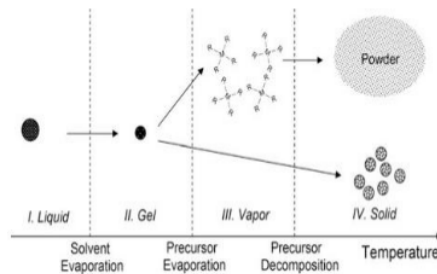
yang disebut sebagai *spray coating* [28]. Pertumbuhan lapisan tipis dari aerosol terjadi akibat adanya nukleasi dengan adsorpsi dari setiap tetesan yang dihasilkan. Tetesan tersebut dapat menyatu menjadi lapisan cair tipis. Metode deposisi dengan aerosol seperti *spray coating* dapat menghasilkan deposisi permukaan internal mikrostruktur [29].



**Gambar 2.2** Skema *Spray Coating* [27]

*Spray pyrolysis* adalah proses dimana aerosol mengalami penguapan dan pirolisis ketika tahap *transport* dan pertumbuhan lapisan dari proses deposisi aerosol. Pada proses ini partikel aerosol dapat mengalami siklus termal saat menuju substrat dan dipengaruhi oleh sifat kimiawi dari prekursor dan suhu dari substrat. Aerosol prekursor yang mulanya berbentuk tetesan cair dapat mengalami penguapan dan pengurangan volume ketika mendekati suhu penguapan pelarut. Hal ini menyebabkan zat padat yang terlarut di dalam tetesan mengalami presipitasi. Molekul dari prekursor dapat mengalami pirolisis menghasilkan bubuk apabila suhu melampaui temperatur dekomposisi dari prekursor. Untuk prekursor yang memiliki suhu

dekomposisi yang lebih rendah dari suhu vaporisasinya maka akan dihasilkan partikel padatan yang lebih besar [29].



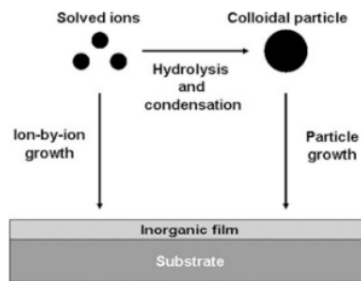
**Gambar 2.3** Siklus Termal *Spray Pyrolysis* [29]

50

### 2.5.2 *Chemical Bath Deposition*

*Chemical bath deposition* merupakan teknik yang dapat menghasilkan lapisan senyawa pada inorganik dan non-metalik. Pada metode ini, lapisan dihasilkan pada substrat dengan cara merendam substrat pada larutan prekursor baik sekali ataupun berkali-kali. Metode ini digunakan untuk preparasi senyawa semikonduktor dari larutan *aqueous* dan umumnya dilakukan dengan suhu di bawah 100 °C [29]. Metode ini dapat menghasilkan endapan yang baik pada substrat melalui pengendapan dari larutan. Metode ini dapat digunakan untuk mengatur faktor pertumbuhan seperti ketebalan film, laju deposisi, dan kualitas kristalit dengan memvariasikan pH larutan, suhu larutan, dan konsentrasi rendaman. Beberapa keunggulan dari metode ini adalah tidak memerlukan peralatan tegangan tinggi, dapat bekerja pada suhu kamar, dan biaya operasi yang relatif murah. Metode ini hanya memerlukan larutan *aqueous* yang berisi bahan kimia dan substrat sebagai

tempat terbentuknya lapisan [30]. Metode ini juga dapat dikombinasikan dengan mekanisme untuk pengadukan larutan dan rendaman yang telah diermostat untuk menjaga suhu tertentu dan konstan. Peningkatan suhu perendaman dapat meningkatkan laju difusi dan mobilitas ionik sehingga meningkatkan konduktivitas rendaman [31].



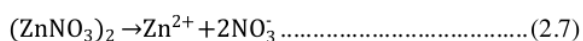
**Gambar 2.4** Mekanisme Pembentukan Lapisan Inorganik dari Larutan Inorganik *Aqueous* [29]

Pembentukan lapisan pada permukaan substrat dapat dipengaruhi oleh komponen larutan dan sifat dari permukaan substrat yang digunakan. Mekanisme pembentukan lapisan dapat terjadi berupa menempelnya spesies ionik yang terlarut pada substrat berdasarkan mekanisme pertumbuhan ion dengan ion, maupun dapat terjadi akibat adanya pembentukan partikel koloid di dalam larutan karena hidrolisis dan reaksi kondensasi dari spesies yang terlarut kemudian tertarik ke substrat oleh interaksi elektrostatis atau van der Waals [29]. Proses CBD dapat menghasilkan deposit berdasarkan dua jenis nukleasi yang terjadi pada larutan prekursor yaitu nukleasi heterogen dan homogen. Nukleasi heterogen terjadi pada permukaan substrat dan partikel

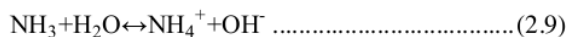
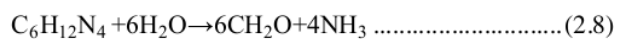
dapat tumbuh membentuk lapisan, sementara nukleasi homogen terjadi dimana dihasilkan pembentukan partikel berukuran besar di dalam larutan. Nukleasi homogen dapat mengganggu proses nukleasi heterogen dan berdampak pada lapisan yang terbentuk pada permukaan substrat. Hal ini dapat dihindari dengan menggunakan substrat yang memiliki lapisan *seeding* [30].

## 2.6 Reaksi Pembentukan ZnO-Ag

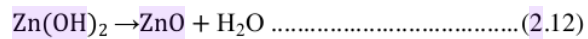
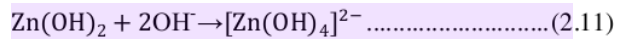
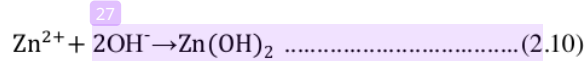
Larutan prekursor yang digunakan untuk sintesis sensor ZnO-Ag terbuat dari seng nitrat tetrahidrat ( $Zn(NO_3)_2$ ), perak nitrat ( $AgNO_3$ ), dan hexametylenetetramine atau HMTA ( $C_6H_{12}N_4$ ) yang kemudian dilarutkan ke dalam air.  $Zn(NO_3)_2$  digunakan sebagai sumber atom seng,  $AgNO_3$  digunakan sebagai sumber atom perak, dan HMTA digunakan sebagai katalis, sebagai *buffer* tingkat pH pada larutan serta membantu membentuk struktur nano ZnO yang dihasilkan. Ketika dilarutkan dalam air,  $Zn(NO_3)_2$  mengalami reduksi menghasilkan ion  $Zn^{2+}$  dan  $NO_3^-$ . Reaksi ini dapat dituliskan pada persamaan 4.1 sebagai berikut [32].



HMTA juga dapat mengalami reduksi sehingga menghasilkan ion ammonium dan ion hidroksida. Reaksi tersebut dapat diamati pada persamaan 4.2 dan 4.3 [32].



Pada kondisi larutan dengan tingkat pH yang tinggi, ion seng dan ion hidroksida kemudian dapat bereaksi menghasilkan seng oksida. Reaksi ini dapat diamati pada persamaan 4.4 hingga 4.6 [32].



Perak nitrat juga mengalami reduksi ketika berada di air dan menghasilkan ion perak ( $\text{Ag}^+$ ). Pada proses *doping* Ag, ion perak ini akan mengisi kekosongan pada struktur kristal yang umumnya terisi oleh atom seng.  $\text{Ag}^+$  juga bertindak sebagai katalis dalam reduksi  $\text{OH}^-$  dan lebih mudah bereaksi dibandingkan dengan  $\text{Zn}^+$  sehingga dapat lebih mudah untuk terbentuk ke dalam struktur kristal ZnO. Sehingga konsentrasi  $\text{Ag}^+$  umumnya digunakan dalam jumlah yang sedikit [33].

## 2.7 Scanning Electron Microscope (SEM)

*Scanning electron microscope* merupakan mikroskop yang berfungsi untuk menghasilkan gambar pada spesimen yang diuji dengan memanfaatkan sinar elektron yang difokuskan. *Scanning electron microscope* dapat digunakan untuk melihat objek dengan pembesaran yang lebih tinggi dibandingkan mikroskop cahaya yang terbatas oleh sifat cahaya. SEM dapat digunakan untuk melihat objek pada skala sub-seluler, molekuler, maupun atomik. SEM bekerja dengan cara memancarkan berkas sinar elektron diarahkan menuju spesimen dengan adanya potensial listrik positif. Sinar ini difokuskan menggunakan lensa hingga menjadi sinar monokromatik tipis. Elektron pada sinar kemudian berinteraksi dengan atom

pada spesimen sehingga menghasilkan sinyal berisi informasi berupa sifat topografi, komposisi dan sifat kelistrikan dari spesimen. Hasil dari interaksi atom dan elektron tersebut kemudian dideteksi dan diubah menjadi gambar. Aplikasi SEM dapat digunakan untuk mengetahui topografi, morfologi, komposisi dan informasi kristalografik. [34].

## <sup>9</sup> 2.8 X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction adalah teknik yang digunakan untuk mengkarakterisasi material kristal dan bersifat tidak merusak. XRD digunakan untuk mendeteksi berbagai jenis material seperti cairan, logam, mineral, polimer, katalis, sel solar dan semikonduktor. XRD dapat memberikan informasi mengenai struktur, fasa, orientasi kristal, dan parameter struktur lainnya seperti ukuran butir, kristalinitas, strain, dan cacat kristal. XRD dapat mendeteksi adanya cacat pada kristal, tekstur, ukuran, dan tingkat kristalinitas serta variabel lain yang berhubungan dengan struktur dasar sampel.

XRD bekerja dengan memanfaatkan interferensi konstruktif yang dihasilkan dari sinar-X dan sampel kristal. Sinar-X dihasilkan dari tabung sinar katoda yang dapat menghasilkan radiasi monokromatik yang terkonsentrasi dan diarahkan menuju kisi kristal dari sampel sehingga mengalami difraksi. Interaksi antara sinar insiden pada sampel menghasilkan interferensi ketika kondisi yang dihasilkan memenuhi hukum Bragg yang dirumuskan dalam persamaan berikut.

$$n\lambda = 2d \sin\theta \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana  $n$  adalah bilangan bulat,  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar  $x$ ,  $d$  adalah jarak interplanar yang menghasilkan difraksi dan  $\theta$  adalah sudut difraksi. Hukum ini menghubungkan panjang gelombang dari radiasi elektromagnetik dengan sudut difraksi dan jarak kisi pada sampel kristal. Sinar-X yang terdifraksi kemudian dideteksi, diproses dan dihitung. Teknik ini digunakan dalam aplikasi pada berbagai industri di antaranya yaitu mikroelektronik, pembangkit energi, luar angkasa, dan industri lainnya [35].

## 2.9 <sup>1</sup> Vector Network Analyzer (VNA)

<sup>1</sup> Vector Network Analyzer (VNA) adalah instrumen yang dapat digunakan untuk mengukur nilai *S-parameter* dan nilai-nilai lainnya dari komponen pasif maupun aktif. VNA bekerja dengan cara mengukur daya dari sinyal berkecepatan tinggi yang bergerak melalui suatu komponen. VNA dapat menampilkan besaran dan fasa dari *S-parameter* dalam berbagai format berbeda sesuai dengan aplikasi yang diinginkan oleh penggunaannya. Pengukuran VNA dapat dilakukan menggunakan satu *port* atau lebih, pada frekuensi atau daya *swept* tertentu, dan dengan beragam konfigurasi *receiver* tergantung pada jenis pengukuran yang dibutuhkan [36].

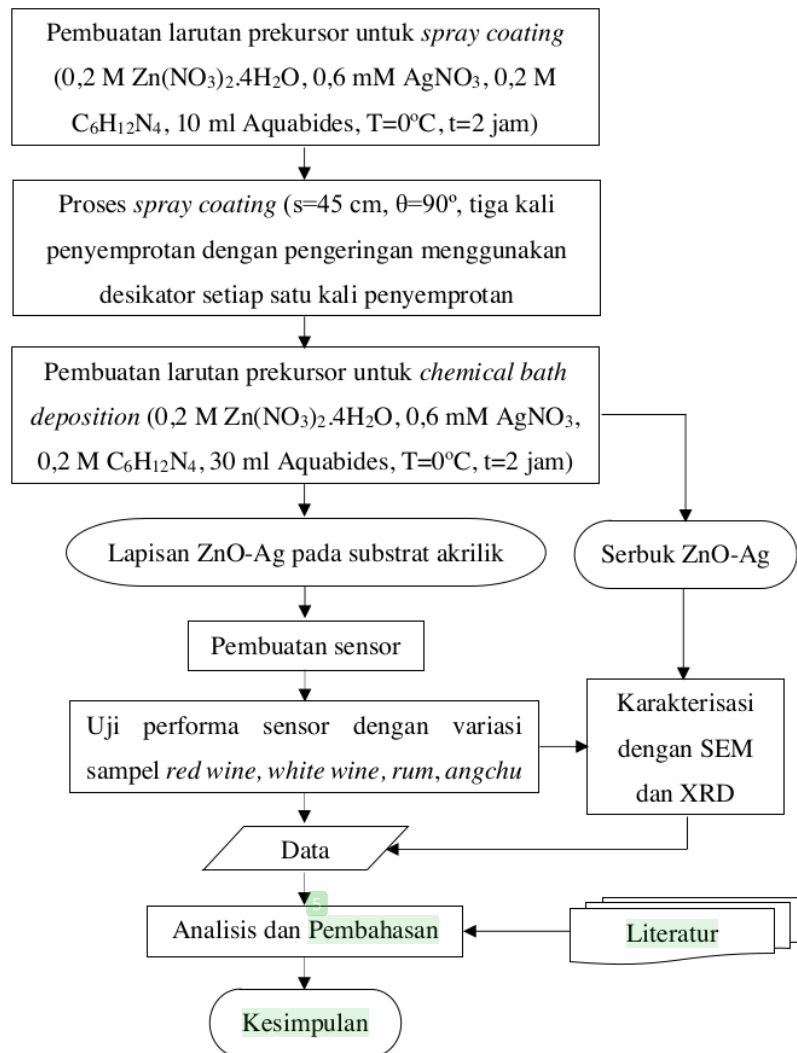
VNA dapat digunakan untuk proses karakterisasi jaringan (*network*) dengan satu, dua, atau *multi-port*. Pada jaringan dua <sup>1</sup> *port*, terdapat empat *S-parameter* yaitu  $S_{11}$ ,  $S_{21}$ ,  $S_{12}$ , dan  $S_{22}$  yang diperlukan untuk dapat mengkarakterisasi suatu jaringan.  $S_{11}$  dan  $S_{22}$  adalah koefisien refleksi *input* dan *output* pada masing-masing <sup>1</sup> *port 1* dan *port 2*. Sedangkan  $S_{21}$  dan  $S_{12}$  adalah koefisien transmisi maju dan terbalik.



## METODE PENELITIAN

## 3.1 Diagram Alir

Prosedur percobaan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, antara lain:

1. *Air brush*
2. Batang pengaduk
3. *Chamber* akrilik
4. Gelas piala
5. *Hair dryer*
6. *Hot plate*
7. *Ice bath*
8. Instrumen *scanning electron microscope* (SEM)
9. Instrumen *x-ray diffraction* (XRD)
10. Kabel koaksial
11. Kaca arloji
12. Kertas saring Whatman
13. Klip *stainless steel*
14. Kompresor
15. Loyang
16. Neraca analitik
17. *Oven*
18. Pinset
19. Pipet tetes
20. Pita Perekat

21. Spatula
22. Termometer
23. *Vector network analyzer* (VNA).

### 3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan antara lain.

1. Aluminium foil
2. Angchu
3. Aquades
4. Aquabides
5. Beer
6. Es batu
7. Heksametilentretamin ( $C_6H_{12}N_4$ , HMTA)
8. Perak nitrat ( $AgNO_3$ , Ag-nitrat)
9. Red wine
10. Rum
11. Seng nitrat tetrahidrat ( $Zn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ , Zn-nitrat)
12. Substrat polimetil metakrilat
13. White wine

## 3.3 Prosedur Percobaan

### A. Proses Sintesis

1. Bersihkan substrat akrilik dengan cara dicuci menggunakan air sabun pada alat *ultrasonic cleaner* selama 8 menit.

2. Bersihkan kembali substrat dengan air dan etanol pada alat *ultrasonic cleaner* masing-masing selama 8 menit.
3. Buat larutan prekursor dengan mencampurkan 0,2 M seng nitrat tetrahidrat ( $Zn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ), 0,2 M heksametilentetramin (HMTA), dan 0,6 mM perak nitrat ( $AgNO_3$ , Ag-Nitrat) yang dilarutkan dengan 10 ml aquabides untuk larutan prekursor *spray coating* atau 30 ml aquabides untuk larutan prekursor *chemical bath deposition* (CBD). Larutan prekursor kemudian ditutup menggunakan *aluminium foil*.
4. Masukkan *beaker glass* yang berisi larutan prekursor ke dalam *ice bath* untuk menghomogenisasikan larutan prekursor. *Beaker glass* diletakkan dengan posisi dikelilingi oleh es batu, setelah itu didiamkan selama 2 jam.
5. Buat rangkaian menggunakan klip *stainless steel* untuk menggantung substrat ketika proses CBD agar substrat dapat direndam tanpa menyentuh permukaan *beaker glass*.
6. Setelah 2 jam, *ice bath* dibuka dan dilakukan pengukuran suhu larutan dengan termometer hingga mencapai  $0^\circ C$ .
7. Siapkan balok kayu dan sampel ditempelkan untuk dilakukan proses *spray coating*.
8. Sambungkan kompresor dengan *air brush* menggunakan kabel penyambung dan dimasukkan larutan ke dalamnya menggunakan pipet tetes.

9. Lakukan proses penyemprotan larutan prekursor pada jarak 45 cm sebanyak lima kali dan dikeringkan menggunakan desikator setiap satu kali penyemprotan.
10. Sampel dimasukkan ke dalam gelas beker berisi larutan prekursor sebanyak 30 ml, gelas beker berisi sampel kemudian ditutup dengan <sup>41</sup>aluminium foil dan dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur 100°C selama 3 jam.
11. Bersihkan sampel dengan mencelupkan sampel pada aquades kemudian keringkan dengan menggunakan hairdryer.
12. Lepaskan klip sampel dan letakkan sampel di kotak penyimpanan dengan alas kertas minyak.
13. Lakukan proses penyaringan pada larutan hasil sampel dengan menggunakan kertas saring Whatman sehingga diperoleh filtrat yang akan menjadi serbuk ZnO-Ag.

#### B. Proses Karakterisasi

1. Melakukan pengujian morfologi sampel dengan SEM.
2. Serbuk ZnO-Ag yang dihasilkan diujikan dengan XRD untuk mengetahui ukuran dan struktur kristal dari ZnO-Ag.

#### C. Uji Performa Sensor

1. Siapkan sensor dan sampel yang akan diukur.

2. Hubungkan sensor ke *vector network analyzer* (VNA) menggunakan kabel koaksial.
3. Lakukan pengaturan parameter dan kalibrasi sebelum melakukan pengukuran dengan VNA.
4. Teteskan sampel *Red Wine*, *White Wine*, *Angchu*, *Beer* dan *Rum* hingga merata diatas permukaan lapisan ZnO-Ag pada sensor.
5. Hasil pengukuran dari VNA diamati dan disimpan dalam file .csv
6. Hasil pengukuran kemudian diolah dengan program Ms. Excel lalu didapatkan nilai impedansi dan kapasitansi.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Fabrikasi Sensor**

Sensor ZnO-Ag yang digunakan pada penelitian ini dibuat berupa lapisan ZnO-Ag yang ditumbuhkan pada permukaan substrat *polymethyl metacrylate* (PMMA). Pembuatan lapisan ZnO-Ag dilakukan melalui metode *spray coating* dan *chemical bath deposition*. *Spray coating* dilakukan sebagai metode untuk tahap *seeding* atau pembibitan dengan menyebarkan partikel prekursor yang kemudian dapat terperangkap pada permukaan PMMA dan membentuk lapisan. Partikel prekursor ini dapat bertindak sebagai inti tempat pertumbuhan lapisan pada tahap *growing*. Sementara, *chemical bath deposition* dilakukan untuk tahap *growing* atau pertumbuhan lapisan ZnO-Ag yang telah dideposisikan sebelumnya pada tahap *seeding*. Substrat dengan lapisan *seeding* akan direndam dalam larutan prekursor sehingga dihasilkan lapisan yang lebih tebal.



**Gambar 4.1** Sensor Semikonduktor ZnO-Ag setelah Fabrikasi

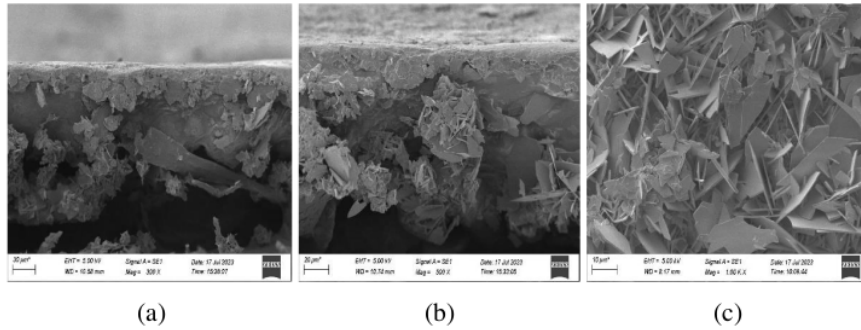
Setelah dilakukan proses sintesis, permukaan substrat yang telah dilapisi oleh ZnO-Ag kemudian diberi logam elektroda berupa tembaga dengan pola yang telah ditentukan sebelumnya. Sensor yang telah dibuat kemudian difabrikasi dengan menghubungkan sensor dengan kabel koaksial yang diletakkan pada *chamber*. Kabel disambungkan dengan *port* BNC. Permukaan sensor kemudian diberi cat diton untuk melapisi dan melindungi lapisan ZnO-Ag pada sensor.

#### 4.2 Hasil Pengujian SEM-EDX

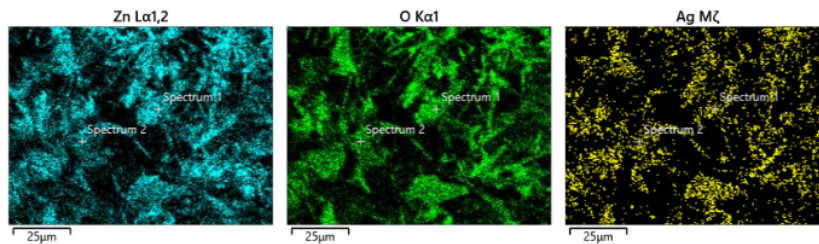
Sampel bubuk ZnO-Ag hasil sintesis telah dilakukan <sup>10</sup> pengujian dengan SEM-EDX. Hasil pengujian yang dilakukan dapat diamati pada Gambar 4.2. Gambar tersebut menunjukkan citra pada pengukuran 300x, 500x, dan 1000x. Pada pembesaran 300x dan 500x, gambar diambil dari samping dan menunjukkan penumpukan dan pengendapan ZnO-Ag. Pada beberapa lokasi, terdapat penumpukan struktur seperti serpihan tipis datar menyerupai struktur *nanoflakes*. Struktur ini terlihat lebih jelas pada pembesaran 1000x. Pembentukan struktur *nanoflakes* dapat dipengaruhi dari reaksi awal ion  $Zn^{+}$  dan  $OH^{-}$  dalam air. Konsentrasi  $Zn^{+}$  dapat membentuk nuklei ZnO yang menyebabkan terjadinya agregasi untuk membentuk partikel berukuran kecil yang kemudian dapat menyatu menjadi *nanosheet* melalui pertumbuhan terorientasi. Struktur *nanosheet* ZnO dapat menghasilkan sensitivitas yang baik terhadap etanol, metanol, aseton dan formaldehida [37]. Pengujian SEM-EDX juga menghasilkan gambar pemetaan untuk unsur penyusun pada sampel yang dapat diamati pada Gambar 4.3 sebagai berikut. Unsur Zn ditandai dengan warna biru muda, Unsur O dengan warna hijau



dan unsur Ag ditunjukkan dengan warna kuning. Gambar tersebut menunjukkan adanya keberadaan unsur Zn, O dan Ag pada sampel ZnO-Ag.



**Gambar 4.2** Sampel ZnO-Ag pada Pembesaran 300x (a), 500x (b), dan 1000x (c)

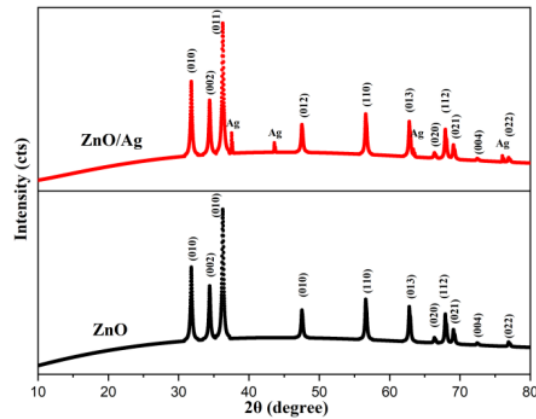


**Gambar 4.3** Pemetaan Unsur pada Sample ZnO-Ag

### 4.3 Hasil Pengujian XRD

Pada pengujian dengan teknik XRD didapatkan data berupa pola difraksi untuk ZnO-Ag yang dapat diamati pada Gambar 4.4. Pada gambar tersebut, ditunjukkan pola grafik untuk ZnO dan ZnO-Ag. Berdasarkan referensi JCPDS no. 79-0208 untuk ZnO, struktur yang dihasilkan berupa struktur *wurtzite* dengan bidang kristal (001), (002), (011), (012), (110), (013), (112), (021), (004), (014). Titik puncak dihasilkan pada  $2\theta$  dengan nilai 31,8°, 34,4°, 36,3°, 47,6°, 56,5°, 62,9°, 66,5°, 68,1°, 69,2°, dan 72,6°. Sementara JCPDS no. 04-0783 untuk Ag, diamati

adanya puncak dengan intensitas yang lebih rendah pada sudut  $37,5^\circ$ ,  $43,7^\circ$ ,  $63,3^\circ$ , dan  $76,0^\circ$ .

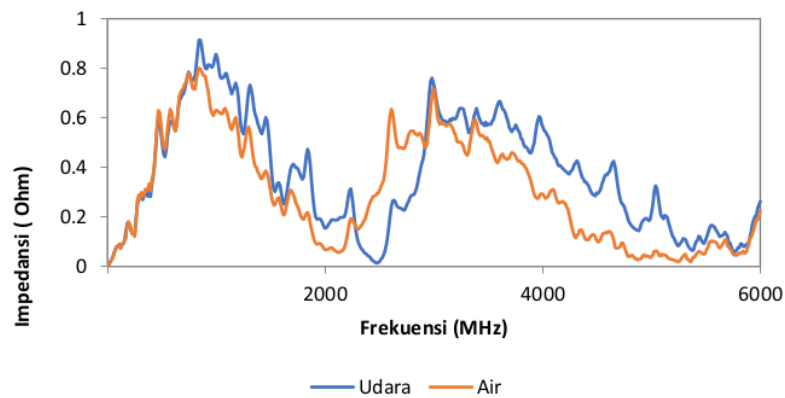


**Gambar 4.4** Difraktogram untuk ZnO/Ag dan ZnO

#### 4.4 Uji Performa Sensor

Sensor yang telah difabrikasi kemudian dilakukan pengujian performa menggunakan VNA. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur sensor ZnO-Ag menggunakan media ukur berupa udara, air dan etanol. Data hasil pengukuran kemudian diolah menggunakan Microsoft Excel untuk mendapatkan nilai impedansi dan kapasitansi. Grafik nilai impedansi dan kapasitansi untuk udara dan air pada rentang frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz dapat diamati pada Gambar 4.5. Pada grafik tersebut nilai impedansi dari air dan udara mengalami perubahan yang fluktuatif. Pada pengukuran dengan udara dan air, tren grafik mengalami peningkatan nilai impedansi pada rentang frekuensi 100 kHz hingga 850 MHz serta pada rentang frekuensi 2000 MHz hingga 3000 MHz. Sementara grafik mengalami

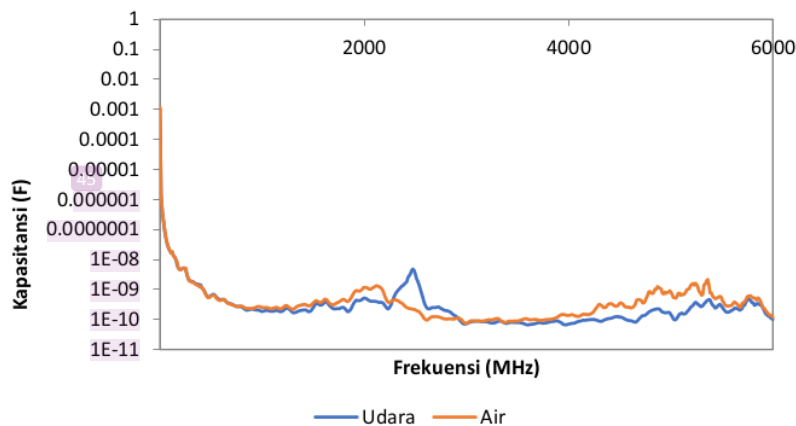
penurunan pada frekuensi di antara 850 MHz hingga 2000 MHz dan antara 3000 MHz hingga 6000 MHz. Nilai impedansi mengalami peningkatan dan penurunan seiring dengan meningkatnya frekuensi. Nilai impedansi memiliki bagian *real* berupa resistansi dan bagian *imaginer* berupa reaktansi. Pada perangkat yang bersifat kapasitif, nilai impedansi menurun dengan meningkatnya frekuensi. Hal ini karena nilai reaktansi kapasitatif mengalami penurunan dan nilainya lebih berpengaruh pada impedansi dibandingkan dengan reaktansi induktif.



**Gambar 4.5** Grafik Perbandingan Impedansi Udara & Air pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz

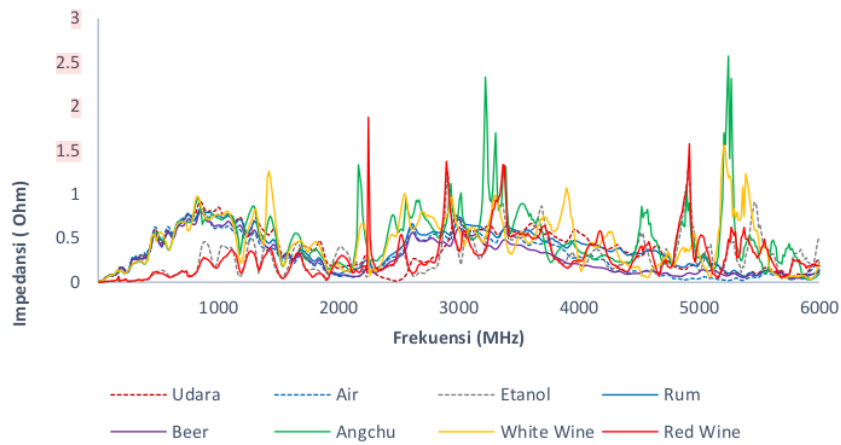
Udara memiliki nilai impedansi lebih tinggi dari air pada rentang frekuensi ketika impedansi mengalami penurunan. Sebaliknya, pada rentang frekuensi dimana impedansi mengalami peningkatan, nilai impedansi udara menjadi lebih rendah dibandingkan dengan air. Impedansi menunjukkan resistansi terhadap arus listrik oleh suatu material. Cairan seperti air dapat menghantarkan muatan secara bebas, sehingga dapat dihasilkan impedansi yang rendah atau resistansi terhadap

arus listrik. Udara pada ruang merupakan konduktor listrik yang buruk sehingga memiliki nilai impedansi yang tinggi diakibatkan karena resistansi yang lebih besar [38]. Nilai kapasitansi mengalami penurunan seiring dengan peningkatan frekuensi hingga menjadi lebih stabil disepanjang frekuensi pada nilai kapasitansi  $1 \times 10^{-9}$  hingga  $1 \times 10^{-10}$  F.

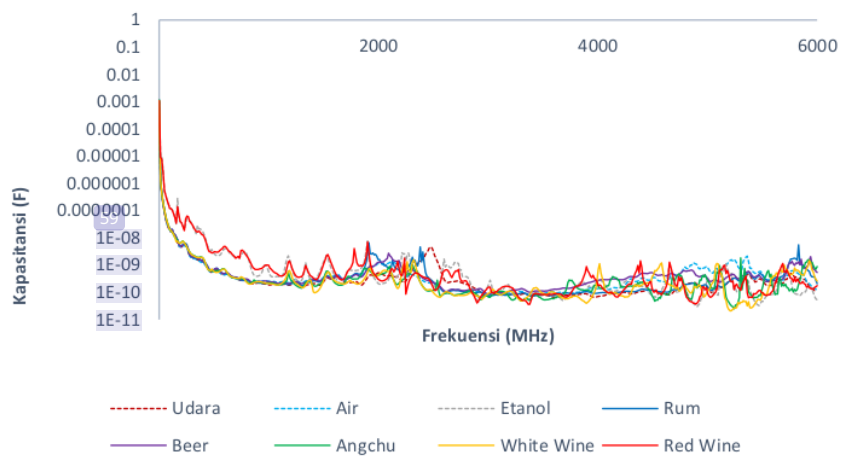


**Gambar 4.6** Grafik Perbandingan Kapasitansi Udara dan Air pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz

Selanjutnya sensor diuji menggunakan sampel minuman beralkohol terdiri dari *rum*, *beer*, *angchu*, *red wine*, dan *white wine*. Hasil pengukuran yang telah dilakukan kemudian diubah ke dalam bentuk impedansi dan kapasitansi yang dapat diamati pada Gambar 4.7 dan 4.8 sebagai berikut.



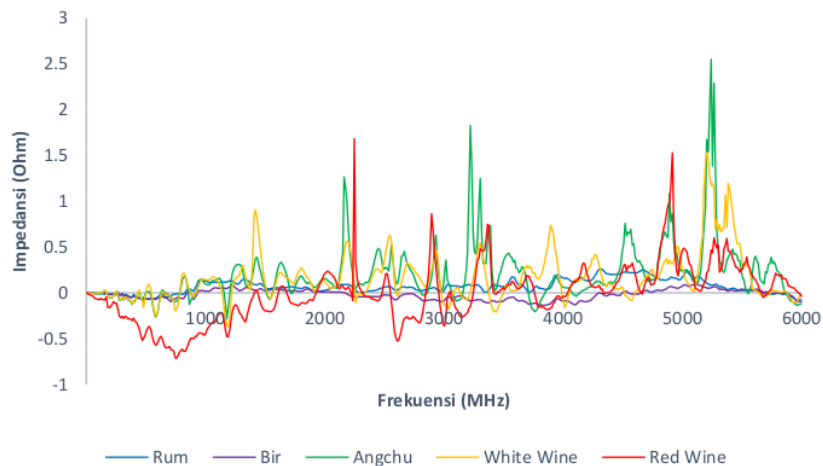
**Gambar 4.7** Grafik Perbandingan Impedansi Udara, Air, Etanol dan Minuman Beralkohol pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz



**Gambar 4.8** Grafik Perbandingan Kapasitansi Udara, Air, Etanol dan Minuman Beralkohol pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz

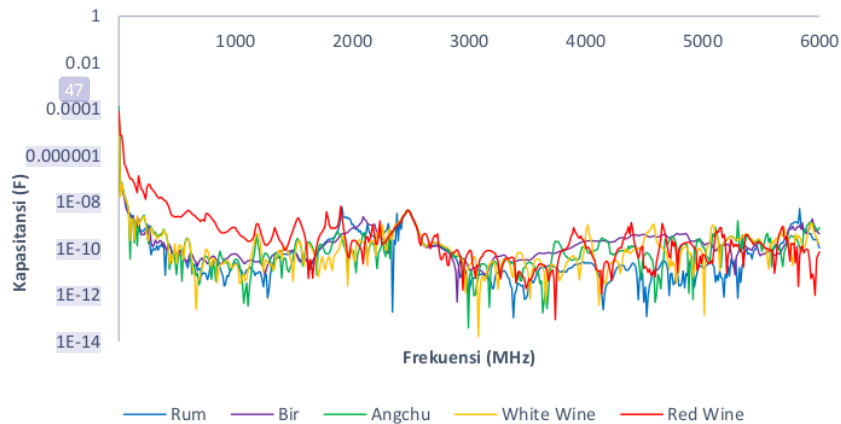
Pada grafik tersebut, nilai impedansi untuk setiap media uji mengalami tren yang serupa dan berada pada rentang di bawah sekitar 1 Ohm. Pada titik frekuensi

tertentu, nilai impedansi untuk beberapa sampel mengalami peningkatan yang cukup tinggi dibandingkan dengan nilai impedansi lainnya sehingga membentuk puncak atau *peak* pada grafik. Puncak umumnya terbentuk pada frekuensi yang lebih tinggi. *White wine* menghasilkan puncak impedansi yang signifikan pada frekuensi 1431, 2176, 3908, 5218 dan 5411 MHz. *Angchu* menunjukkan puncak pada frekuensi 2164, 3222, 3307, 4545 dan 5267 MHz. Sedangkan untuk *red wine*, puncak dihasilkan pada frekuensi 2249, 2898, 3367 dan 4918 MHz. Rum dan bir tidak menunjukkan puncak yang signifikan pada grafik. Pada frekuensi di bawah 2000 MHz, setiap pengukuran kecuali etanol dan *red wine* mengalami kenaikan nilai impedansi hingga pada frekuensi 1000 MHz dimana impedansi mengalami penurunan.



**Gambar 4.9** Grafik Impedansi Rum, Beer, Angchu, Red wine, dan White wine

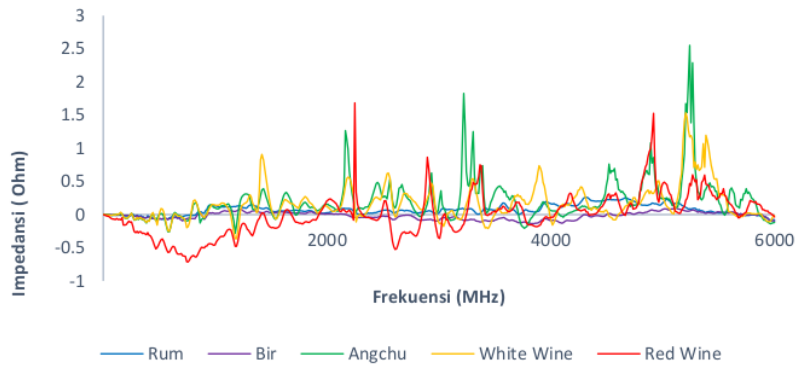
Normalisasi dengan Udara pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz



**Gambar 4.10** Grafik Kapasitansi *Rum, Beer, Angchu, Red wine, dan White wine* Normalisasi dengan Udara pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz

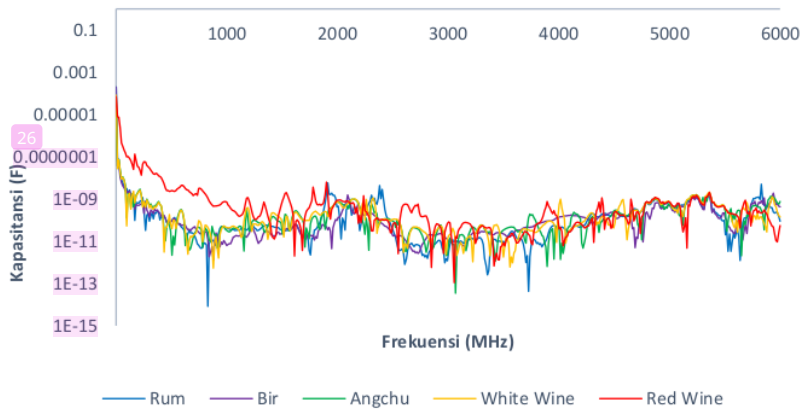
21 Pada gambar 4.9 dan 4.10 ditampilkan data impedansi dan kapasitansi untuk semua sampel telah dinormalisasi dengan data pengukuran udara. Normalisasi ini dilakukan untuk mengeliminasi pengaruh impedansi yang dihasilkan oleh udara terhadap nilai impedansi setiap sampel. Berdasarkan grafik yang dihasilkan, sampel untuk *rum* dan *beer* memiliki nilai impedansi yang lebih stabil dibandingkan dengan sampel lainnya. Sementara sampel lain seperti *angchu* dan *wine* memiliki grafik yang lebih fluktuatif terhadap udara. Sampel seperti *red wine* memiliki nilai impedansi yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan sampel lainnya. 21 Pada Gambar 4.9 dan 4.10, ditampilkan hubungan impedansi dan kapasitansi untuk setiap sampel dan telah dinormalisasi dengan nilai impedansi air. Nilai impedansi untuk sampel *rum, angchu, dan white wine* berada lebih tinggi diatas impedansi air pada rentang frekuensi diatas 1000 MHz hingga 6000 MHz. Sementara *beer*

menghasilkan nilai impedansi yang lebih rendah pada rentang frekuensi tersebut dan *red wine* menghasilkan nilai impedansi yang lebih fluktuatif.



**Gambar 4.9** Grafik Impedansi *Rum, Beer, Angchu, Red Wine, dan White Wine*

Hasil Normalisasi dengan Air pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz



**Gambar 4.10** Grafik Kapasitansi *Rum, Beer, Angchu, Red Wine, dan White Wine*

Normalisasi dengan Air pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz



Nilai kapasitansi yang dihasilkan dari grafik normalisasi udara dan air memiliki bentuk yang hampir serupa dengan grafik impedansi. Hal ini disebabkan karena nilai kapasitansi didapatkan dari perhitungan dengan nilai impedansi. Hubungan antara impedansi dan kapasitansi dapat diamati pada persamaan 4.7 [39].

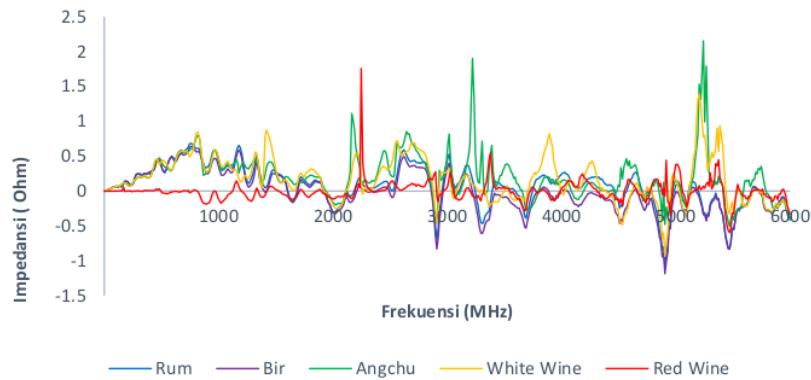
$$C = \frac{1}{2\pi fZ} \dots\dots\dots(4.7)$$

Dimana C merupakan nilai kapasitansi, f merupakan frekuensi dan Z adalah impedansi. Berdasarkan persamaan tersebut, semakin tinggi nilai impedansi dan frekuensi kerja, maka nilai kapasitansi menjadi semakin kecil.

<sup>10</sup> Pada Gambar 4.11 dan 4.12 ditunjukkan hasil impedansi dan kapasitansi untuk setiap sampel yang telah dinormalisasi dengan data etanol. Etanol yang digunakan memiliki tingkat kemurnian 98%. Nilai impedansi dari sampel menghasilkan nilai yang cenderung lebih tinggi dari nilai impedansi etanol dengan perbedaan pada nilai impedansi untuk sampel *red wine*. Nilai impedansi terendah diamati pada *red wine* yang hampir serupa dengan etanol, diikuti dengan bir, *white wine*, *angchu*, dan *rum* pada frekuensi di bawah 3000 MHz. Pada frekuensi yang lebih tinggi, nilai impedansi menjadi lebih tidak stabil dan fluktuatif. Hal serupa juga diamati pada grafik untuk nilai kapasitansi. *Rum* dan bir menghasilkan grafik kapasitansi yang lebih stabil. Pada frekuensi yang lebih rendah, *rum* dan bir menghasilkan nilai kapasitansi terendah diikuti *red wine* kemudian *white wine* dan *angchu* dengan nilai kapasitansi tertinggi.

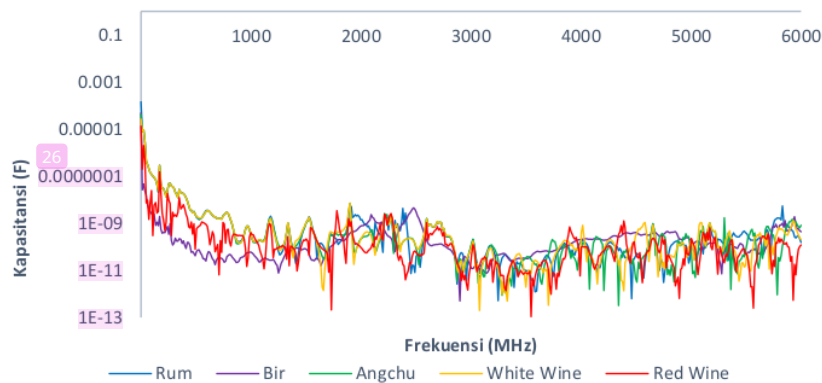
Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan oleh Schmidt dkk pada 2016, didapatkan bahwa nilai impedansi untuk etanol lebih tinggi dibandingkan dengan impedansi dari air namun lebih rendah dari udara. Peningkatan konsentrasi etanol

juga meningkatkan impedansi yang dihasilkan. Hal ini dapat disebabkan karena etanol atau alkohol bersifat kurang polar dan ion-ion yang terkandung lebih sulit untuk terdisosiasi sehingga konduktivitasnya lebih rendah dibandingkan dengan air.



**Gambar 4.11** Grafik Impedansi *Rum, Beer, Angchu, Red Wine, dan White Wine*

Hasil Normalisasi dengan Etanol pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz



**Gambar 4.12** Grafik Kapasitansi *Rum, Beer, Angchu, Red Wine, dan White Wine*

Hasil Normalisasi dengan Etanol pada Frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan analisa dan pembahasan berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor ZnO-Ag berhasil difabrikasi dengan metode *spray coating* dan *chemical bath deposition* menghasilkan lapisan ZnO-Ag pada substrat PMMA. Pengukuran nilai impedansi pada rentang frekuensi 100 kHz hingga 6 GHz dilakukan dengan menggunakan VNA untuk sampel minuman beralkohol *rum, beer, angchu, white wine* dan *red wine*.
2. Pada pengukuran sensor dengan udara, air dan etanol, didapatkan bentuk grafik impedansi udara dan air lebih stabil dibandingkan dengan etanol. Udara memiliki impedansi yang lebih tinggi dari air pada frekuensi 850 MHz - 2000 MHz dan 3000 MHz - 6000 MHz.
3. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, didapatkan nilai impedansi dan kapasitansi. Nilai impedansi terukur untuk *rum, beer, angchu, white wine* dan *red wine* pada frekuensi 2008 MHz adalah 0,095; 0,0786; 0,2253; 0,1795; 0,2852 Ohm.
4. Nilai kapasitansi terukur untuk *rum, beer, angchu, white wine* dan *red wine* pada frekuensi 2008 MHz adalah  $1,613 \times 10^{-9}$ ,  $1,297 \times 10^{-9}$ ,  $4,311 \times 10^{-9}$ ,  $4,679 \times 10^{-9}$ ,  $2,832 \times 10^{-9}$  Farad.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya agar dapat dikembangkan dengan hasil yang optimal sebagai berikut:

1. Melakukan pengukuran sensor ZnO-Ag dengan frekuensi yang lebih rendah dengan rentang frekuensi tertentu.
2. Menggunakan metode *seeding* lain seperti *spin coating* dan untuk pembentukan lapisan ZnO-Ag.
3. Melakukan pengukuran pada kondisi pengukuran tertentu untuk meminimalisir efek dari lingkungan terhadap hasil pengukuran.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yousefi, H. R., Hashemi, B., Mirzaei, A., Roshan, H., & Sheikhi, M. H. (2020). Effect of Ag on the ZnO nanoparticles properties as an ethanol vapor sensor. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 117. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2020.105172>
- [2] Goswami, M., Adhikary, N. C., & Bhattacharjee, S. (2018). Effect of annealing temperatures on the structural and optical properties of zinc oxide nanoparticles prepared by chemical precipitation method. *Optik*, 158, 1006–1015. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.12.174>
- [3] Saadon, R., & Abdul Azeez, O. (2014). Chemical route to synthesis hierarchical ZnO thick films for sensor application. *Energy Procedia*, 50, 445–453. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.054>
- [4] Kolodziejczak-Radzimska, A., & Jesionowski, T. (2014). Zinc oxide-from synthesis to application: A review. In *Materials* (Vol. 7, Issue 4, pp. 2833–2881). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ma7042833>
- [5] Özgür, Ü., Alivov, Y. I., Liu, C., Teke, A., Reshchikov, M. A., Doğan, S., Avrutin, V., Cho, S. J., & Morkoç, H. (2005). A comprehensive review of ZnO materials and devices. In *Journal of Applied Physics* (Vol. 98, Issue 4, pp. 1–103). <https://doi.org/10.1063/1.1992666>
- [6] Feng, W., Wang, B., Huang, P., Wang, X., Yu, J., & Wang, C. (2016). Wet chemistry synthesis of ZnO crystals with hexamethylenetetramine(HMTA): Understanding the role of HMTA in the formation of ZnO crystals. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 41, 462–469. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2015.10.017>
- [7] Di Mauro, A., Farrugia, C., Abela, S., Refalo, P., Grech, M., Falqui, L., Nicotra, G., Sfuncia, G., Mio, A., Buccheri, M. A., Rappazzo, G., Brundo, M. V., Scalisi, E. M., Pecoraro, R., Iaria, C., Privitera, V., & Impellizzeri, G. (2020). Ag/ZnO/PMMA Nanocomposites for Efficient Water Reuse. *ACS Applied Bio Materials*, 3(7), 4417–4426. <https://doi.org/10.1021/acsabm.0c00409>

- [8] Franco, M. A., Conti, P. P., Andre, R. S., & Correa, D. S. (2022). A review on chemiresistive ZnO gas sensors. *Sensors and Actuators Reports*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.snr.2022.100100>
- [9] Gai, L. Y., Lai, R. P., Dong, X. H., Wu, X., Luan, Q. T., Wang, J., Lin, H. F., Ding, W. H., Wu, G. L., & Xie, W. F. (2022). Recent advances in ethanol gas sensors based on metal oxide semiconductor heterojunctions. In *Rare Metals* (Vol. 41, Issue 6, pp. 1818–1842). University of Science and Technology Beijing. <https://doi.org/10.1007/s12598-021-01937-4>
- [10] Li, P., Yu, S., & Zhang, H. (2021). Preparation and performance analysis of ag/zno humidity sensor. *Sensors (Switzerland)*, 21(3), 1–9. <https://doi.org/10.3390/s21030857>
- [11] Xu, J., Han, J., Zhang, Y., Sun, Y., & Xie, B. (2008). Studies on alcohol sensing mechanism of ZnO based gas sensors. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 132(1), 334–339. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2008.01.062>
- [12] Jing, Z., & Zhan, J. (2008). Fabrication and gas-sensing properties of porous ZnO nanoplates. *Advanced Materials*, 20(23), 4547–4551. <https://doi.org/10.1002/adma.200800243>
- [13] Abdul Hamid, H., Lockman, Z., & Abdul Razak, K. (2018). Properties of Zinc Oxide Nanorods as Ethanol Sensor. *Journal of Physics: Conference Series*, 1083(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1083/1/012039>
- [14] Webster, J. G., & Eren, H. (Eds.). (2017). *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b15474>
- [15] Terzic, E., Terzic, J., Nagarajah, R., & Alamgir, M. (2012). Capacitive Sensing Technology. In *A Neural Network Approach to Fluid Quantity Measurement in Dynamic Environments* (pp. 11–37). Springer London. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4060-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4060-3_2)
- [16] Hu, X., & Yang, W. (2010). Planar capacitive sensors - Designs and applications. *Sensor Review*, 30(1), 24–39. <https://doi.org/10.1108/02602281011010772>
- [17] Prihandana, R. (2007). *Bioetanol ubi kayu : bahan bakar masa depan* (M. T. Nixon, Ed.). Agro Media Pustaka.

- [18] Onyekwelu, K. (2019). Ethanol. In *Psychology of Health - Biopsychosocial Approach*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79861>
- [19] Moreno-Arribas, M. V., & Polo, M. C. (2009). Wine chemistry and biochemistry. In *Wine Chemistry and Biochemistry*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74118-5>
- [20] Wang, P., Mao, J., Meng, X., Li, X., Liu, Y., & Feng, H. (2014). Changes in flavour characteristics and bacterial diversity during the traditional fermentation of Chinese rice wines from Shaoxing region. *Food Control*, 44, 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.03.018>
- [21] Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Alcoholic Beverages*.
- [22] Nemzer, B., Kalita, D., Yashin, A. Y., & Yashin, Y. I. (2022). Chemical Composition and Polyphenolic Compounds of Red Wines: Their Antioxidant Activities and Effects on Human Health—A Review. In *Beverages* (Vol. 8, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/beverages8010001>
- [23] Jakabová, S., Fikselová, M., Mendelová, A., Ševčík, M., Jakab, I., Aláčová, Z., Kolačková, J., & Ivanova-Petropulos, V. (2021). Chemical composition of white wines produced from different grape varieties and wine regions in Slovakia. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/app112211059>
- [24] Pecić, S., Despotovic, S., Leskosek, I., & Tešević, V. (2011). *The sensory properties of special brandy with Ganoderma lucidum Investigating the chemical characteristic of traditional Serbian spirits and examining the possibility to protect intellectual property of traditional products View project Molecular and phytochemical diversity of Juniperus in the Balkans View project*. <https://www.researchgate.net/publication/282671836>
- [25] Sampaio, O. M., Reche, R. V., & Franco, D. W. (2008). Chemical profile of rums as a function of their origin. The use of chemometric techniques for their identification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(5), 1661–1668. <https://doi.org/10.1021/jf0726841>
- [26] Krebs, F. C. (2009). Fabrication and processing of polymer solar cells: A review of printing and coating techniques. In *Solar Energy Materials and Solar Cells* (Vol. 93, Issue 4, pp. 394–412). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2008.10.004>

- [27] Krebs, F. C. (2009). Fabrication and processing of polymer solar cells: A review of printing and coating techniques. In *Solar Energy Materials and Solar Cells* (Vol. 93, Issue 4, pp. 394–412). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2008.10.004>
- [28] Sherazi, T. A. (2014). Spray Coating. In *Encyclopedia of Membranes* (pp. 1–2). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-40872-4\\_552-1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-40872-4_552-1)
- [29] Schneller, T., Waser, R., Kosec Marija, & Payne, D. (2013). *Chemical Solution Deposition of Functional Oxide Thin Films*.
- [30] Chae, Y., Kathalingam, A., Ambika, N., Kim, M. R., Elanchezhiyan, J., Chae, Y. S., & Rhee, J. K. (2010). Chemical bath deposition and characterization of nanocrystalline ZnO thin films. In *Materials Science-Poland* (Vol. 28, Issue 2). <https://www.researchgate.net/publication/230777305>
- [31] Mugle, D., & Jadhav, G. (2016). Short review on chemical bath deposition of thin film and characterization. *AIP Conference Proceedings*, 1728. <https://doi.org/10.1063/1.4946648>
- [32] Yunita, Y., Nurlina, N., & Syahbanu, I. (2020). Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Penambahan Ekstrak Klorofil sebagai Capping Agent. *POSITRON*, 10(2), 44. <https://doi.org/10.26418/positron.v10i2.42136>
- [33] Thomas, M. A., Sun, W. W., & Cui, J. B. (2012). Mechanism of Ag Doping in ZnO Nanowires by Electrodeposition: Experimental and Theoretical Insights. *The Journal of Physical Chemistry C*, 116(10), 6383–6391. <https://doi.org/10.1021/jp2107457>
- [34] Kannan, M. (2018). *Scanning Electron Microscopy: Principle, Components and Applications*.
- [35] Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. gabriela, & Aboul-Enein, H. Y. (2015). X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. In *Critical Reviews in Analytical Chemistry* (Vol. 45, Issue 4, pp. 289–299). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408347.2014.949616>
- [36] Sayed, M., & Martens, J. (2007). Vector network analyzers. In *Modern RF and Microwave Measurement Techniques* (Vol. 9781107036413, pp. 98–



129). Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139567626.006>

- [37] Kaneti, Y. v., Yue, J., Jiang, X., & Yu, A. (2013). Controllable synthesis of ZnO nanoflakes with exposed (1010) for enhanced gas sensing performance. *Journal of Physical Chemistry C*, *117*(25), 13153–13162. <https://doi.org/10.1021/jp404329q>
- [38] Peterson, D. M., Beal, E. W., Reader, B. F., Dumond, C., Black, S. M., & Whitson, Bryan. A. (2022). Electrical Impedance as a Noninvasive Metric of Quality in Allografts Undergoing Normothermic Ex Vivo Lung Perfusion. *ASAIO Journal*, *68*(7), 964–971. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001591>
- [39] Kumar, D., Banerjee, A., Patil, S., & Shukla, A. K. (2015). *A I V supercapacitor device with nanostructured graphene oxide/polyaniline composite materials.*

1

**LAMPIRAN A**

**CONTOH PERHITUNGAN**

### Lampiran A. Contoh Perhitungan

#### 1. Perhitungan Massa Seng Nitrat Tetrahidrat ( $Zn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ) untuk Larutan *Chemical Bath Deposition*

Diketahui:

Konsentrasi Molar (M) = 0,2 M

Massa Molekul (Mr) = 261,44 gr/mol

Volume Aquabides (V) = 30 mL

Perhitungan:

$$\text{Massa} = \frac{M \times Mr \times V}{1000}$$

$$\text{Massa} = \frac{0,2 \text{ M} \times 261,44 \text{ gr/mol} \times 30 \text{ mL}}{1000}$$

$$\text{Massa} = 1,56864 \text{ gram}$$

#### 2. Perhitungan Massa Heksametilentetramin ( $C_6H_{12}N_4$ ) untuk Larutan *Chemical Bath Deposition*

Diketahui:

Konsentrasi Molar (M) = 0,2 M

Massa Molekul (Mr) = 140,19 gr/mol

Volume Aquabides (V) = 30 mL

Perhitungan:

$$\text{Massa} = \frac{M \times Mr \times V}{1000}$$

$$\text{Massa} = \frac{0,2 \text{ M} \times 140,19 \text{ gr/mol} \times 30 \text{ mL}}{1000}$$

$$\text{Massa} = 0,84114 \text{ gram}$$

#### 3. Perhitungan Massa Perak Nitrat ( $AgNO_3$ ) untuk Larutan *Chemical Bath Deposition*

Diketahui:

Konsentrasi Molar (M) = 0,6 mM =  $6 \times 10^{-4}$  M

Massa Molekul (Mr) = 169,87 gr/mol

Volume Aquabides (V) = 30 mL

Perhitungan:

$$\text{Massa} = \frac{M \times Mr \times V}{1000}$$

$$\text{Massa} = \frac{6 \times 10^{-4} \text{ M} \times 169,87 \text{ gr/mol} \times 30 \text{ mL}}{1000}$$

$$\text{Massa} = 0,00305766 \text{ gram}$$

**4. Perhitungan Massa Seng Nitrat Tetrahidrat ( $Zn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ) untuk Larutan *Spray Coating***

Diketahui:

Konsentrasi Molar (M) = 0,2 M

Massa Molekul (Mr) = 261,44 gr/mol

Volume Aquabides (V) = 10 mL

Perhitungan:

$$\text{Massa} = \frac{M \times Mr \times V}{1000}$$

$$\text{Massa} = \frac{0,2 \text{ M} \times 261,44 \text{ gr/mol} \times 10 \text{ mL}}{1000}$$

$$\text{Massa} = 0,52288 \text{ gram}$$

**5. Perhitungan Massa Heksametilentetramin ( $C_6H_{12}N_4$ ) untuk Larutan *Spray Coating***

Diketahui:

Konsentrasi Molar (M) = 0,2 M

Massa Molekul (Mr) = 140,19 gr/mol

Volume Aquabides (V) = 10 mL

Perhitungan:

$$\text{Massa} = \frac{M \times Mr \times V}{1000}$$

$$\text{Massa} = \frac{0,2 \text{ M} \times 140,19 \text{ gr/mol} \times 10 \text{ mL}}{1000}$$

$$\text{Massa} = 0,28038 \text{ gram}$$

**6. Perhitungan Massa Perak Nitrat ( $AgNO_3$ ) untuk Larutan *Spray Coating***

Diketahui:

Konsentrasi Molar (M) = 0,6 mM =  $6 \times 10^{-4}$  M

Massa Molekul (Mr) = 169,87 gr/mol

Volume Aquabides (V) = 10 mL

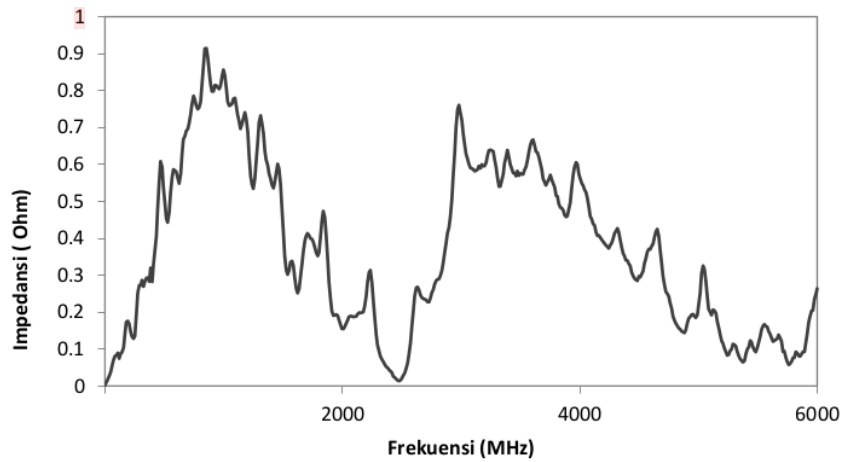
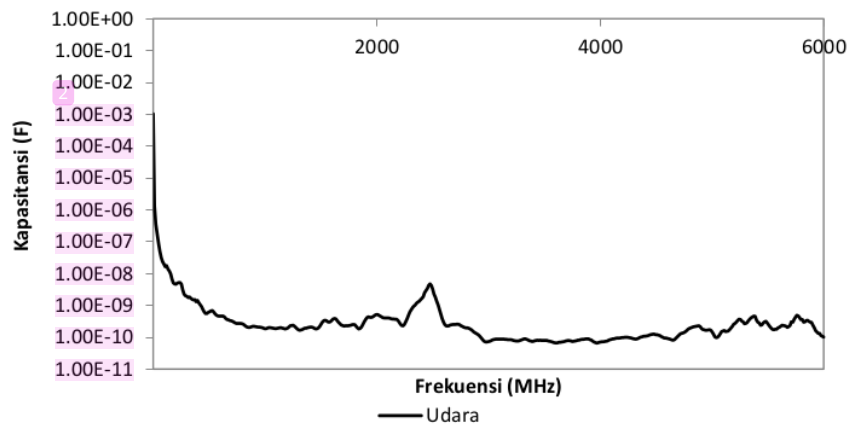
Perhitungan:

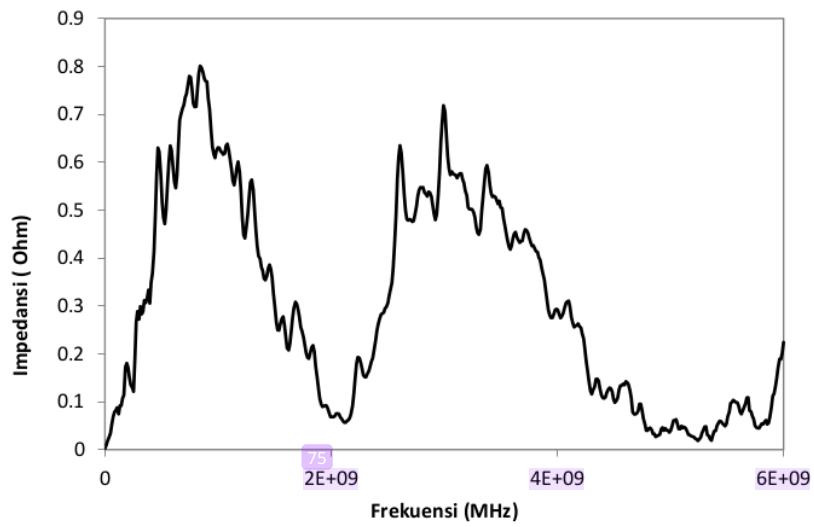
$$\text{Massa} = \frac{M \times Mr \times V}{1000}$$

$$\text{Massa} = \frac{6 \times 10^{-4} \text{ M} \times 169,87 \text{ gr/mol} \times 10 \text{ mL}}{1000}$$

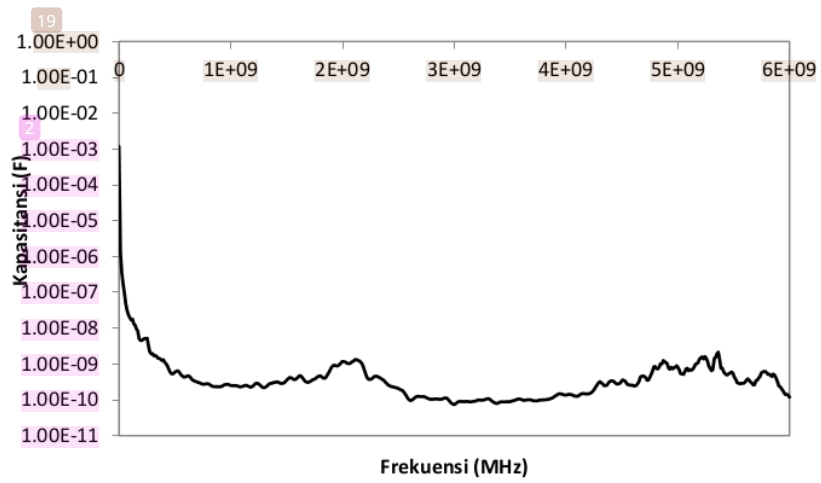
$$\text{Massa} = 0,001922 \text{ gram}$$

**LAMPIRAN B**  
**DATA PENELITIAN**

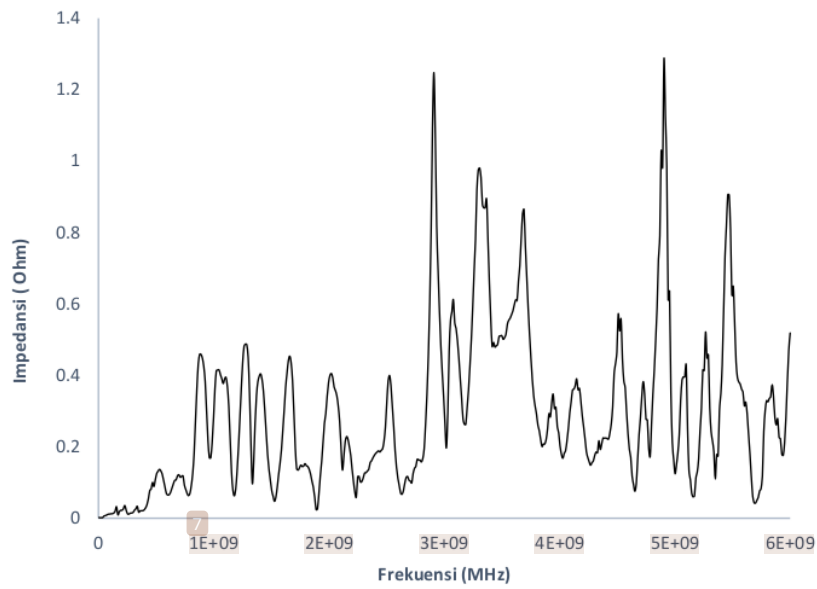
**Lampiran B. Data Penelitian****B.1. Data Hasil Uji Performa pada Udara****Gambar B.1. Nilai Impedansi Udara****Gambar B.2 Nilai Kapasitansi Udara**



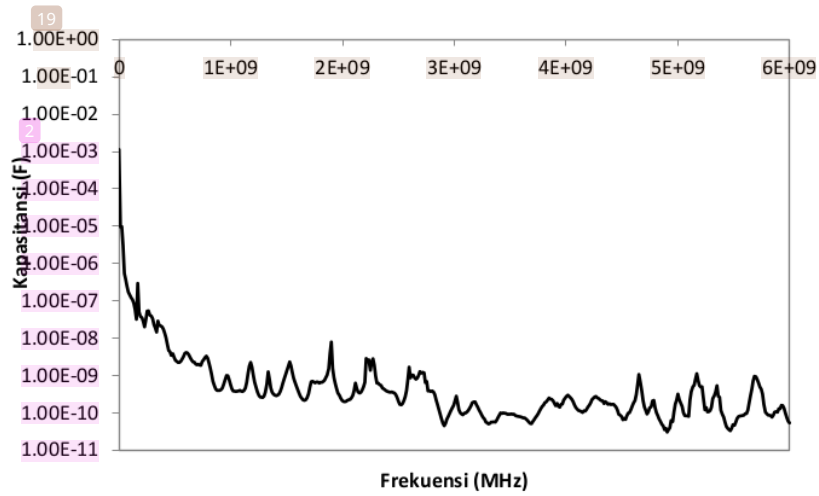
**Gambar B.3. Nilai Impedansi Air**



**Gambar B.4. Nilai Kapasitansi Air**

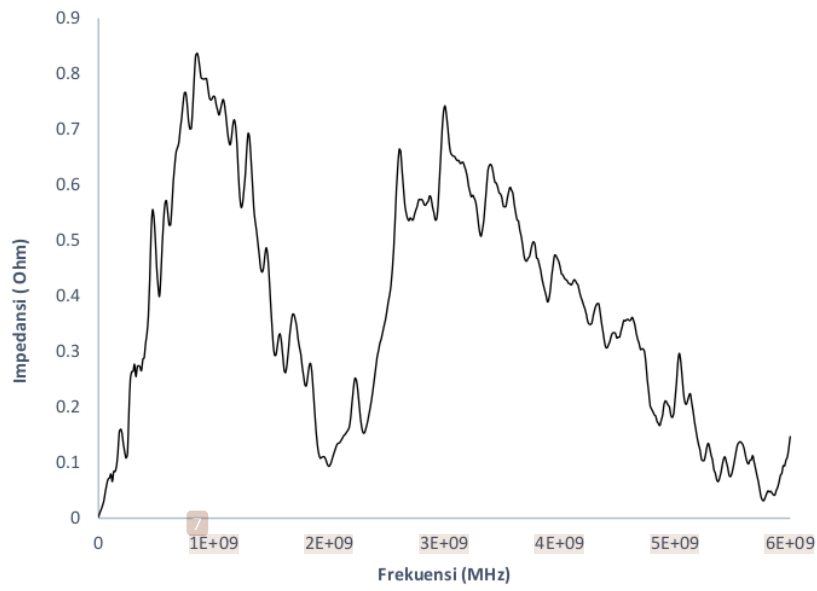


**Gambar B.5. Nilai Impedansi Etanol**

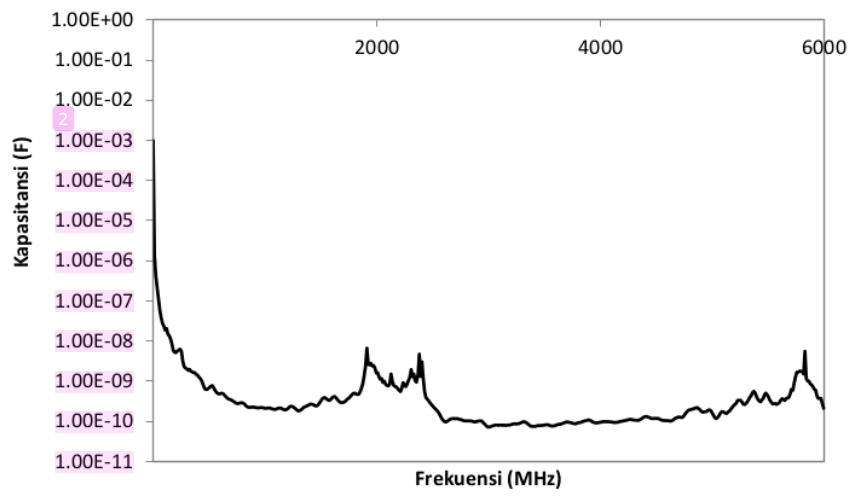


**Gambar B.6. Nilai Kapasitansi Etanol**

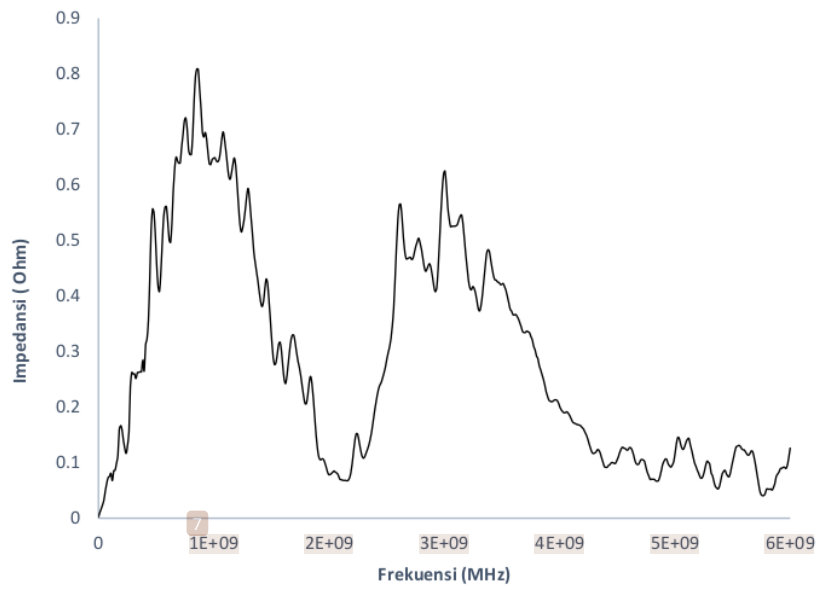




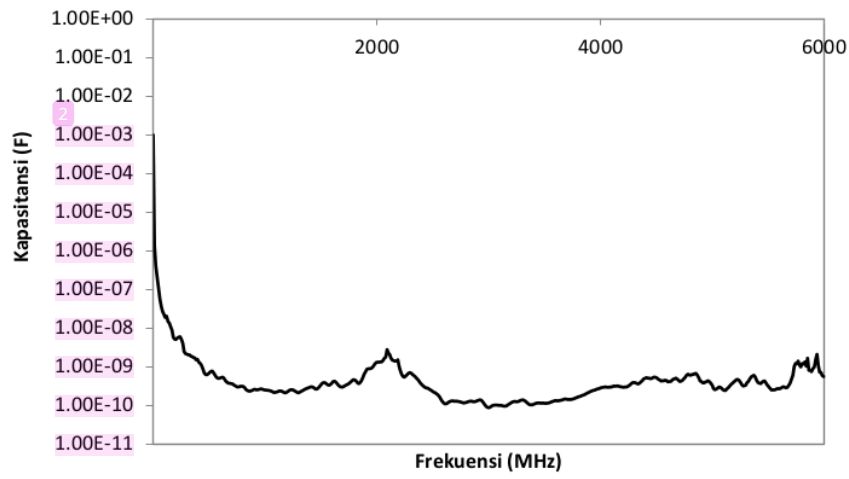
**Gambar B.7. Nilai Impedansi *Rum***



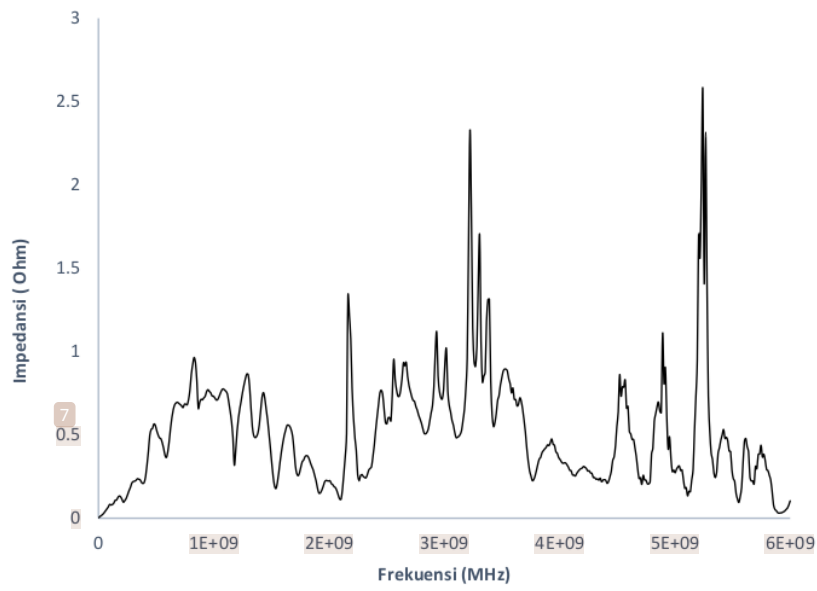
**Gambar B.8. Nilai Kapasitansi *Rum***



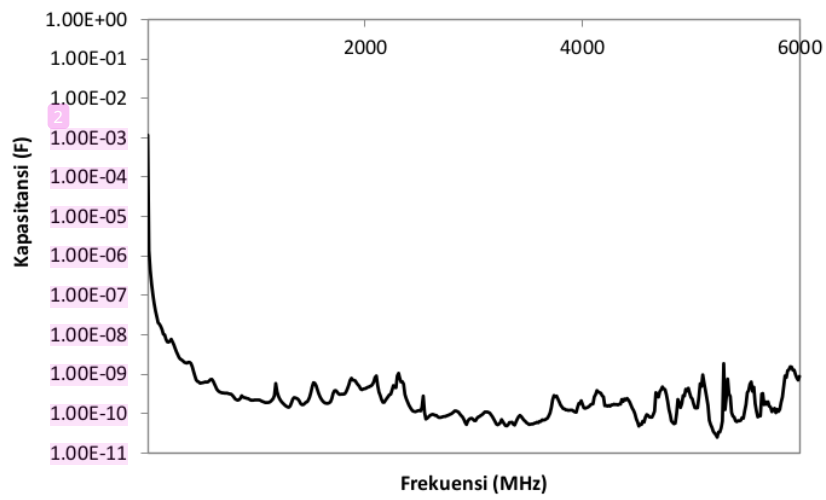
**Gambar B.9. Nilai Impedansi Beer**



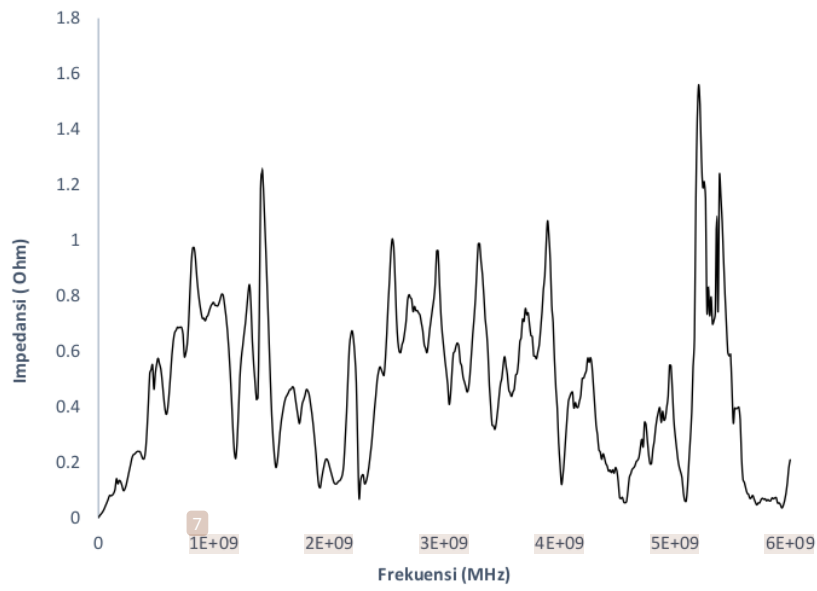
**Gambar B.10. Nilai Kapasitansi Beer**



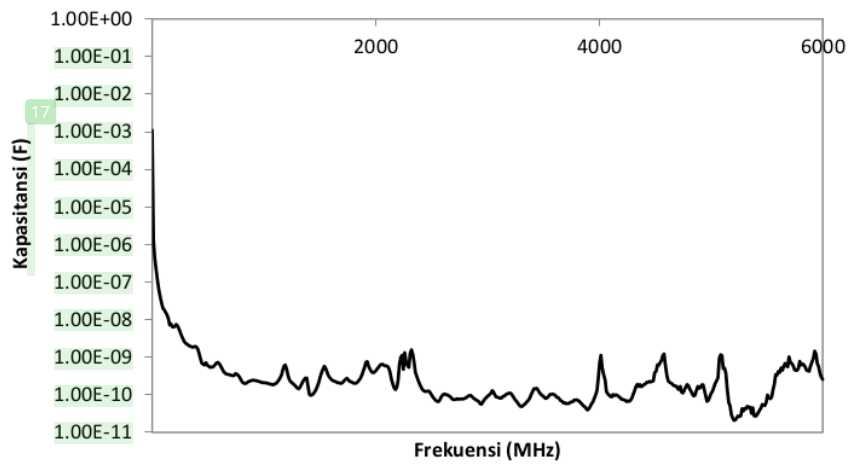
**Gambar B.9. Nilai Impedansi Angchu**



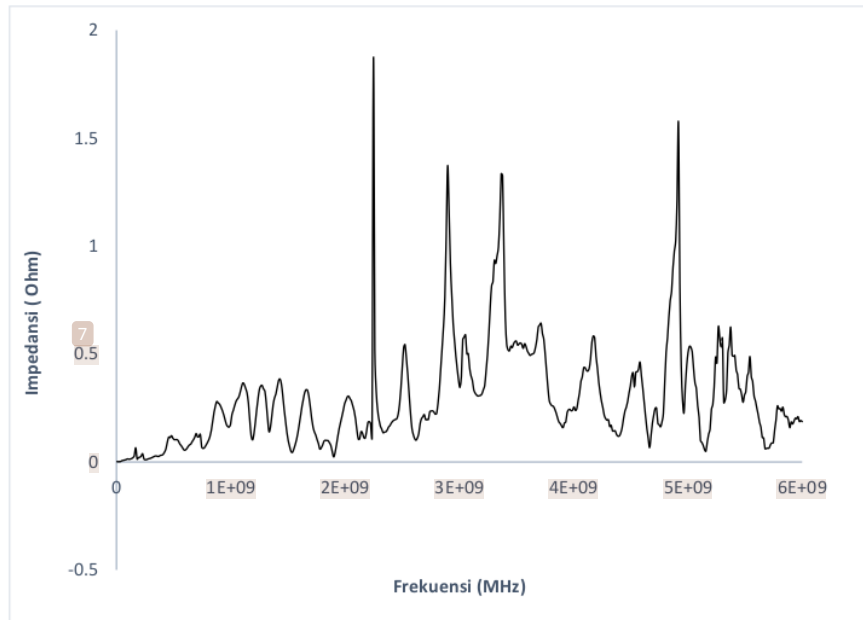
**Gambar B.10. Nilai Kapasitansi Angchu**



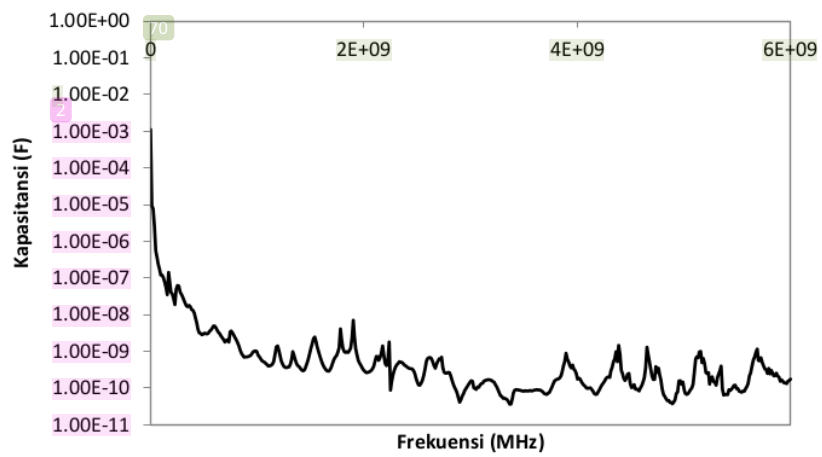
**Gambar B.9.** Nilai Impedansi *White Wine*



**Gambar B.10.** Nilai Kapasitansi *White Wine*



**Gambar B.9. Nilai Impedansi *Red Wine***



**Gambar B.10. Nilai Kapasitansi *Red Wine***

## B.2. Data Pengukuran Udara Frekuensi 100 kHz – 6 GHz

**Tabel B.1** Data Pengukuran Udara pada Frekuensi 100 kHz – 6 GHz

Frekuensi (Hz)	Rata-Rata Impedansi ( $\Omega$ )	Rata-Rata Kapasitansi (F)
100000	0.002235	0.001027
12123800	0.010064	1.33E-06
24147700	0.018512	3.59E-07
36171500	0.026967	1.64E-07
48195400	0.038604	8.57E-08
60219200	0.054705	4.84E-08
72243100	0.069868	3.16E-08
84266900	0.080858	2.34E-08
96290800	0.082967	1.99E-08
1.08E+08	0.08949	1.64E-08
1.2E+08	0.074612	1.77E-08
1.32E+08	0.088405	1.36E-08
1.44E+08	0.091928	1.2E-08
1.56E+08	0.104172	9.78E-09
1.68E+08	0.141421	6.69E-09
1.8E+08	0.173322	5.09E-09
1.92E+08	0.17563	4.71E-09
2.05E+08	0.169012	4.61E-09
2.17E+08	0.147086	5E-09
2.29E+08	0.133619	5.21E-09

2.41E+08	0.128594	5.15E-09
2.53E+08	0.135623	4.65E-09
2.65E+08	0.198282	3.04E-09
2.77E+08	0.252697	2.28E-09
2.89E+08	0.272945	2.02E-09
3.01E+08	0.27261	1.94E-09
3.13E+08	0.286657	1.78E-09
3.25E+08	0.269326	1.82E-09
3.37E+08	0.283126	1.67E-09
3.49E+08	0.292229	1.56E-09
3.61E+08	0.293808	1.5E-09
3.73E+08	0.282787	1.51E-09
3.85E+08	0.319718	1.29E-09
3.97E+08	0.282273	1.42E-09
4.09E+08	0.329916	1.18E-09
4.21E+08	0.363739	1.04E-09
4.33E+08	0.405414	9.07E-10
4.45E+08	0.48048	7.45E-10
4.57E+08	0.556256	6.26E-10
4.69E+08	0.608374	5.58E-10
4.81E+08	0.593271	5.58E-10
4.93E+08	0.537858	6E-10
5.05E+08	0.49228	6.4E-10
5.17E+08	0.453529	6.79E-10

5.29E+08	0.442701	6.8E-10
5.41E+08	0.469728	6.26E-10
5.53E+08	0.521895	5.52E-10
5.65E+08	0.563853	5E-10
5.77E+08	0.586394	4.7E-10
5.89E+08	0.583059	4.63E-10
6.01E+08	0.579675	4.57E-10
6.13E+08	0.562075	4.62E-10
6.25E+08	0.548552	4.64E-10
6.37E+08	0.573931	4.35E-10
6.49E+08	0.627416	3.91E-10
6.61E+08	0.667412	3.61E-10
6.73E+08	0.676765	3.51E-10
6.85E+08	0.690491	3.37E-10
6.97E+08	0.695846	3.28E-10
7.1E+08	0.711152	3.16E-10
7.22E+08	0.736058	3E-10
7.34E+08	0.763162	2.85E-10
7.46E+08	0.785007	2.72E-10
7.58E+08	0.775209	2.71E-10
7.7E+08	0.75949	2.72E-10
7.82E+08	0.749766	2.72E-10
7.94E+08	0.753874	2.66E-10
8.06E+08	0.769978	2.57E-10



8.18E+08	0.815136	2.39E-10
8.3E+08	0.868858	2.21E-10
8.42E+08	0.913585	2.07E-10
8.54E+08	0.914274	2.04E-10
8.66E+08	0.891533	2.06E-10
8.78E+08	0.850651	2.13E-10
8.9E+08	0.816964	2.19E-10
9.02E+08	0.798293	2.21E-10
9.14E+08	0.797681	2.18E-10
9.26E+08	0.814494	2.11E-10
9.38E+08	0.813728	2.09E-10
9.5E+08	0.807834	2.07E-10
9.62E+08	0.804236	2.06E-10
9.74E+08	0.813164	2.01E-10
9.86E+08	0.83986	1.92E-10
9.98E+08	0.856305	1.86E-10
1.01E+09	0.842327	1.87E-10
1.02E+09	0.807313	1.93E-10
1.03E+09	0.770069	2E-10
1.05E+09	0.759147	2.01E-10
1.06E+09	0.76025	1.98E-10
1.07E+09	0.764479	1.95E-10
1.08E+09	0.77736	1.89E-10
1.09E+09	0.779326	1.87E-10

1.11E+09	0.758203	1.9E-10
1.12E+09	0.734945	1.94E-10
1.13E+09	0.716667	1.97E-10
1.14E+09	0.696606	2E-10
1.15E+09	0.710465	1.94E-10
4 1.17E+09	0.724559	1.88E-10
1.18E+09	0.740587	1.82E-10
1.19E+09	0.723363	1.85E-10
4 1.2E+09	0.687207	1.93E-10
1.21E+09	0.623433	2.1E-10
1.23E+09	0.567167	2.29E-10
1.24E+09	0.545938	2.36E-10
1.25E+09	0.534528	2.38E-10
1.26E+09	0.561138	2.25E-10
1.27E+09	0.607813	2.06E-10
6 1.29E+09	0.661073	1.87E-10
1.3E+09	0.713732	1.72E-10
1.31E+09	0.731964	1.66E-10
1.32E+09	0.711526	1.69E-10
1.33E+09	0.683009	1.75E-10
1.35E+09	0.63726	1.86E-10
1.36E+09	0.61231	1.91E-10
1.37E+09	0.597863	1.94E-10
1.38E+09	0.575555	2E-10

1.39E+09	0.561627	2.03E-10
1.41E+09	0.545114	2.08E-10
1.42E+09	0.535998	2.1E-10
1.43E+09	0.5518	2.02E-10
1.44E+09	0.578948	1.91E-10
1.45E+09	0.601141	1.82E-10
1.47E+09	0.589113	1.84E-10
1.48E+09	0.546953	1.97E-10
1.49E+09	0.484757	2.21E-10
1.5E+09	0.414738	2.56E-10
1.52E+09	0.351955	2.99E-10
1.53E+09	0.312514	3.34E-10
1.54E+09	0.3024	3.42E-10
1.55E+09	0.314255	3.27E-10
1.56E+09	0.335572	3.04E-10
1.58E+09	0.338091	2.99E-10
1.59E+09	0.325409	3.08E-10
1.6E+09	0.293513	3.39E-10
1.61E+09	0.263896	3.75E-10
1.62E+09	0.251949	3.9E-10
1.64E+09	0.262968	3.71E-10
1.65E+09	0.294144	3.31E-10
1.66E+09	0.330385	2.93E-10
1.67E+09	0.363427	2.65E-10

1.68E+09	0.393285	2.43E-10
1.7E+09	0.40665	2.32E-10
1.71E+09	0.413631	2.26E-10
1.72E+09	0.407601	2.27E-10
1.73E+09	0.399758	2.3E-10
1.74E+09	0.39791	2.3E-10
1.76E+09	0.390251	2.32E-10
1.77E+09	0.375291	2.4E-10
1.78E+09	0.36167	2.47E-10
1.79E+09	0.352177	2.53E-10
1.8E+09	0.361417	2.45E-10
1.82E+09	0.399702	2.21E-10
1.83E+09	0.447951	1.95E-10
1.84E+09	0.473736	1.83E-10
1.85E+09	0.456248	1.89E-10
1.86E+09	0.410163	2.09E-10
1.88E+09	0.3439	2.47E-10
1.89E+09	0.281165	3.01E-10
1.9E+09	0.233787	3.59E-10
1.91E+09	0.202345	4.12E-10
1.92E+09	0.191025	4.34E-10
1.94E+09	0.191488	4.3E-10
1.95E+09	0.193533	4.23E-10
1.96E+09	0.190534	4.27E-10

1.97E+09	0.179814	4.49E-10
1.98E+09	0.165991	4.84E-10
2E+09	0.155205	5.14E-10
2.01E+09	0.154958	5.12E-10
2.02E+09	0.160542	4.91E-10
2.03E+09	0.170565	4.6E-10
2.04E+09	0.178063	4.38E-10
2.06E+09	0.187403	4.15E-10
2.07E+09	0.189572	4.07E-10
2.08E+09	0.188661	4.07E-10
2.09E+09	0.187547	4.06E-10
2.1E+09	0.187931	4.03E-10
2.12E+09	0.188496	3.99E-10
2.13E+09	0.194248	3.85E-10
2.14E+09	0.198979	3.74E-10
2.15E+09	0.198058	3.74E-10
2.16E+09	0.198907	3.7E-10
2.18E+09	0.200928	3.64E-10
2.19E+09	0.215459	3.38E-10
2.2E+09	0.243348	2.97E-10
2.21E+09	0.279815	2.57E-10
2.22E+09	0.308004	2.33E-10
2.24E+09	0.313386	2.27E-10
2.25E+09	0.279503	2.54E-10

2.26E+09	0.232334	3.03E-10
2.27E+09	0.181582	3.86E-10
2.28E+09	0.14085	4.96E-10
2.3E+09	0.111468	6.23E-10
2.31E+09	0.094529	7.31E-10
2.32E+09	0.080964	8.49E-10
2.33E+09	0.072185	9.48E-10
2.34E+09	0.066206	1.03E-09
2.36E+09	0.05855	1.16E-09
2.37E+09	0.052419	1.29E-09
2.38E+09	0.049347	1.36E-09
2.39E+09	0.04392	1.53E-09
2.4E+09	0.040685	1.65E-09
2.42E+09	0.036259	1.87E-09
2.43E+09	0.026714	2.5E-09
2.44E+09	0.022973	2.9E-09
2.45E+09	0.019422	3.41E-09
2.46E+09	0.01538	4.29E-09
2.48E+09	0.013991	4.74E-09
2.49E+09	0.015955	4.19E-09
2.5E+09	0.020507	3.23E-09
2.51E+09	0.029176	2.25E-09
2.53E+09	0.035193	1.84E-09
2.54E+09	0.046578	1.38E-09

2.55E+09	0.061591	1.03E-09
2.56E+09	0.084672	7.42E-10
2.57E+09	0.116812	5.34E-10
2.59E+09	0.158646	3.91E-10
2.6E+09	0.204243	3.02E-10
2.61E+09	0.243501	2.52E-10
2.62E+09	0.265689	2.29E-10
2.63E+09	0.267787	2.26E-10
2.65E+09	0.261279	2.31E-10
2.66E+09	0.246582	2.44E-10
2.67E+09	0.239865	2.49E-10
2.68E+09	0.23639	2.52E-10
2.69E+09	0.235811	2.51E-10
2.71E+09	0.232721	2.54E-10
2.72E+09	0.227942	2.58E-10
2.73E+09	0.227372	2.57E-10
2.74E+09	0.23765	2.45E-10
2.75E+09	0.252121	2.3E-10
2.77E+09	0.261322	2.21E-10
2.78E+09	0.275419	2.09E-10
2.79E+09	0.285176	2.01E-10
2.8E+09	0.288658	1.98E-10
2.81E+09	0.290005	1.96E-10
2.83E+09	0.298363	1.9E-10

2.84E+09	0.313023	1.8E-10
2.85E+09	0.333973	1.68E-10
2.86E+09	0.363721	1.54E-10
2.87E+09	0.387385	1.43E-10
2.89E+09	0.41316	1.34E-10
2.9E+09	0.429346	1.28E-10
2.91E+09	0.457993	1.2E-10
2.92E+09	0.504616	1.08E-10
2.93E+09	0.568526	9.56E-11
2.95E+09	0.632356	8.56E-11
2.96E+09	0.702899	7.66E-11
2.97E+09	0.748862	7.16E-11
2.98E+09	0.760297	7.02E-11
2.99E+09	0.741505	7.17E-11
3.01E+09	0.72002	7.36E-11
3.02E+09	0.685157	7.7E-11
3.03E+09	0.652447	8.06E-11
3.04E+09	0.628768	8.33E-11
3.05E+09	0.614249	8.49E-11
3.07E+09	0.600727	8.65E-11
3.08E+09	0.590353	8.77E-11
3.09E+09	0.588719	8.76E-11
3.1E+09	0.586977	8.75E-11
3.11E+09	0.582007	8.79E-11



3.13E+09	0.58359	8.74E-11
3.14E+09	0.58583	8.67E-11
3.15E+09	0.595091	8.5E-11
3.16E+09	0.589972	8.54E-11
3.17E+09	0.599454	8.37E-11
3.19E+09	0.595499	8.39E-11
3.2E+09	0.595723	8.36E-11
3.21E+09	0.605474	8.19E-11
3.22E+09	0.623551	7.93E-11
3.23E+09	0.637199	7.73E-11
3.25E+09	0.639232	7.68E-11
3.26E+09	0.637871	7.66E-11
3.27E+09	0.634849	7.67E-11
3.28E+09	0.613888	7.9E-11
3.29E+09	0.591627	8.17E-11
3.31E+09	0.565079	8.52E-11
3.32E+09	0.540363	8.88E-11
3.33E+09	0.540628	8.85E-11
3.34E+09	0.555599	8.58E-11
3.35E+09	0.572858	8.29E-11
3.37E+09	0.603358	7.84E-11
3.38E+09	0.620933	7.59E-11
3.39E+09	0.638469	7.36E-11
3.4E+09	0.618816	7.56E-11

3.41E+09	0.599641	7.78E-11
3.43E+09	0.587294	7.91E-11
3.44E+09	0.576753	8.03E-11
3.45E+09	0.577046	8E-11
3.46E+09	0.568436	8.09E-11
3.47E+09	0.581613	7.88E-11
3.49E+09	0.569927	8.01E-11
3.5E+09	0.575577	7.91E-11
3.51E+09	0.573572	7.91E-11
3.52E+09	0.57344	7.88E-11
3.54E+09	0.586361	7.68E-11
3.55E+09	0.593309	7.57E-11
3.56E+09	0.612306	7.31E-11
3.57E+09	0.633904	7.03E-11
3.58E+09	0.650574	6.83E-11
3.6E+09	0.664205	6.67E-11
3.61E+09	0.666594	6.62E-11
3.62E+09	0.651259	6.76E-11
3.63E+09	0.634782	6.91E-11
3.64E+09	0.631188	6.92E-11
3.66E+09	0.620053	7.03E-11
3.67E+09	0.601991	7.21E-11
3.68E+09	0.586566	7.38E-11
3.69E+09	0.56226	7.67E-11

3.7E+09	0.551103	7.8E-11
3.72E+09	0.543675	7.88E-11
3.73E+09	0.552983	7.73E-11
3.74E+09	0.559134	7.62E-11
3.75E+09	0.571408	7.43E-11
3.76E+09	0.558922	7.57E-11
3.78E+09	0.548182	7.7E-11
3.79E+09	0.539497	7.79E-11
3.8E+09	0.516275	8.12E-11
3.81E+09	0.512887	8.15E-11
3.82E+09	0.49371	8.44E-11
3.84E+09	0.483088	8.6E-11
3.85E+09	0.482267	8.58E-11
3.86E+09	0.475403	8.68E-11
3.87E+09	0.463655	8.87E-11
3.88E+09	0.457838	8.96E-11
3.9E+09	0.460859	8.87E-11
3.91E+09	0.480642	8.48E-11
3.92E+09	0.496556	8.18E-11
3.93E+09	0.533615	7.59E-11
3.94E+09	0.571076	7.07E-11
3.96E+09	0.592206	6.8E-11
3.97E+09	0.605433	6.63E-11
3.98E+09	0.600782	6.66E-11

3.99E+09	0.573453	6.96E-11
4E+09	0.561643	7.08E-11
4.02E+09	0.54844	7.23E-11
4.03E+09	0.542935	7.28E-11
4.04E+09	0.531986	7.41E-11
4.05E+09	0.524345	7.5E-11
4.06E+09	0.509917	7.69E-11
4.08E+09	0.484809	8.07E-11
4.09E+09	0.460207	8.48E-11
4.1E+09	0.451792	8.61E-11
4.11E+09	0.439464	8.82E-11
4.12E+09	0.434843	8.89E-11
4.14E+09	0.41657	9.25E-11
4.15E+09	0.406915	9.44E-11
4.16E+09	0.407634	9.4E-11
4.17E+09	0.403	9.48E-11
4.18E+09	0.39606	9.61E-11
4.2E+09	0.391376	9.7E-11
4.21E+09	0.385875	9.81E-11
4.22E+09	0.381663	9.89E-11
4.23E+09	0.376271	1E-10
4.24E+09	0.373141	1.01E-10
4.26E+09	0.382372	9.79E-11
4.27E+09	0.387419	9.63E-11

4.28E+09	0.39768	9.36E-11
4.29E+09	0.413124	8.98E-11
4.3E+09	0.418778	8.84E-11
4.32E+09	0.426457	8.66E-11
4.33E+09	0.416709	8.84E-11
4.34E+09	0.394393	9.32E-11
4.35E+09	0.376207	9.74E-11
4.36E+09	0.358855	1.02E-10
4.38E+09	0.351395	1.04E-10
4.39E+09	0.340712	1.07E-10
4.4E+09	0.339733	1.07E-10
4.41E+09	0.332076	1.09E-10
4.42E+09	0.324489	1.11E-10
4.44E+09	0.308166	1.17E-10
4.45E+09	0.297873	1.2E-10
4.46E+09	0.291735	1.23E-10
4.47E+09	0.286905	1.24E-10
4.49E+09	0.284959	1.25E-10
4.5E+09	0.297195	1.19E-10
4.51E+09	0.29498	1.2E-10
4.52E+09	0.302025	1.17E-10
4.53E+09	0.311056	1.13E-10
4.55E+09	0.331552	1.06E-10
4.56E+09	0.346741	1.01E-10

4.57E+09	0.362893	9.61E-11
4.58E+09	0.370934	9.38E-11
4.59E+09	0.370268	9.37E-11
4.61E+09	0.379065	9.13E-11
4.62E+09	0.385013	8.97E-11
4.63E+09	0.402087	8.56E-11
4.64E+09	0.41841	8.21E-11
4.65E+09	0.424472	8.07E-11
4.67E+09	0.404482	8.46E-11
4.68E+09	0.369622	9.24E-11
4.69E+09	0.330685	1.03E-10
4.7E+09	0.297183	1.15E-10
4.71E+09	0.272099	1.25E-10
4.73E+09	0.255325	1.33E-10
4.74E+09	0.250341	1.35E-10
4.75E+09	0.242242	1.39E-10
4.76E+09	0.224996	1.49E-10
4.77E+09	0.210112	1.6E-10
4.79E+09	0.188937	1.78E-10
4.8E+09	0.177052	1.89E-10
4.81E+09	0.169354	1.97E-10
4.82E+09	0.162495	2.05E-10
4.83E+09	0.156589	2.12E-10
4.85E+09	0.153529	2.15E-10

4.86E+09	0.148463	2.22E-10
4.87E+09	0.146499	2.25E-10
4.88E+09	0.143793	2.28E-10
4.89E+09	0.151754	2.15E-10
4.91E+09	0.170724	1.91E-10
4.92E+09	0.183347	1.77E-10
4.93E+09	0.187815	1.73E-10
4.94E+09	0.192939	1.68E-10
4.95E+09	0.194269	1.66E-10
4.97E+09	0.188775	1.71E-10
4.98E+09	0.184972	1.73E-10
4.99E+09	0.192281	1.66E-10
5E+09	0.22022	1.45E-10
5.01E+09	0.252659	1.26E-10
5.03E+09	0.304645	1.04E-10
5.04E+09	0.32567	9.72E-11
5.05E+09	0.316403	9.99E-11
5.06E+09	0.281406	1.12E-10
5.07E+09	0.242844	1.3E-10
5.09E+09	0.20831	1.51E-10
5.1E+09	0.200078	1.57E-10
5.11E+09	0.192295	1.63E-10
5.12E+09	0.206269	1.51E-10
5.13E+09	0.204345	1.53E-10

5.15E+09	0.197223	1.58E-10
5.16E+09	0.175468	1.77E-10
5.17E+09	0.156685	1.97E-10
5.18E+09	0.139562	2.22E-10
5.19E+09	0.121722	2.54E-10
5.21E+09	0.115144	2.69E-10
5.22E+09	0.102682	2.99E-10
5.23E+09	0.092043	3.35E-10
5.24E+09	0.083353	3.69E-10
5.25E+09	0.085498	3.58E-10
5.27E+09	0.095241	3.2E-10
5.28E+09	0.100236	3.03E-10
5.29E+09	0.113521	2.68E-10
5.3E+09	0.111262	2.72E-10
5.31E+09	0.107703	2.85E-10
5.33E+09	0.093658	3.3E-10
5.34E+09	0.081952	3.68E-10
5.35E+09	0.073638	4.09E-10
5.36E+09	0.068367	4.39E-10
5.37E+09	0.064905	4.61E-10
5.39E+09	0.068043	4.5E-10
5.4E+09	0.085702	3.49E-10
5.41E+09	0.100263	2.96E-10
5.42E+09	0.105304	2.83E-10



5.43E+09	0.123056	2.4E-10
5.45E+09	0.11869	2.49E-10
5.46E+09	0.105488	2.8E-10
5.47E+09	0.096757	3.03E-10
5.48E+09	0.092593	3.16E-10
5.5E+09	0.103531	2.82E-10
5.51E+09	0.117916	2.47E-10
5.52E+09	0.134503	2.16E-10
5.53E+09	0.152589	1.91E-10
5.54E+09	0.163524	1.77E-10
5.56E+09	0.166933	1.73E-10
5.57E+09	0.162331	1.78E-10
5.58E+09	0.159777	1.8E-10
5.59E+09	0.148213	1.96E-10
5.6E+09	0.140315	2.06E-10
5.62E+09	0.130783	2.19E-10
5.63E+09	0.12052	2.38E-10
5.64E+09	0.122846	2.33E-10
5.65E+09	0.125527	2.28E-10
5.66E+09	0.128819	2.21E-10
5.68E+09	0.138359	2.05E-10
5.69E+09	0.130073	2.17E-10
5.7E+09	0.122049	2.32E-10
5.71E+09	0.092949	3.05E-10

5.72E+09	0.094403	2.97E-10
5.74E+09	0.076575	3.7E-10
5.75E+09	0.066015	4.31E-10
5.76E+09	0.057896	4.91E-10
5.77E+09	0.060615	4.69E-10
5.78E+09	0.066721	4.18E-10
5.8E+09	0.076077	3.63E-10
5.81E+09	0.076472	3.61E-10
5.82E+09	0.092413	3E-10
5.83E+09	0.089774	3.05E-10
5.84E+09	0.081793	3.34E-10
5.86E+09	0.080422	3.39E-10
5.87E+09	0.086786	3.16E-10
5.88E+09	0.092493	2.97E-10
5.89E+09	0.092945	2.94E-10
5.9E+09	0.116293	2.35E-10
5.92E+09	0.139051	1.95E-10
5.93E+09	0.172107	1.6E-10
5.94E+09	0.187853	1.45E-10
5.95E+09	0.203334	1.32E-10
5.96E+09	0.204667	1.31E-10
5.98E+09	0.235555	1.14E-10
5.99E+09	0.247596	1.08E-10
6E+09	0.263503	1.01E-10

**5**  
**LAMPIRAN C**

**GAMBAR ALAT DAN BAHAN**

**Lampiran C. Gambar Alat dan Bahan**



**Gambar C.1** Air Brush



**Gambar C.2** Aluminium Foil



**Gambar C.3** Angciu



**Gambar C.4** Aquabides



**Gambar C.5** Batang Pengaduk



**Gambar C.6** Beer



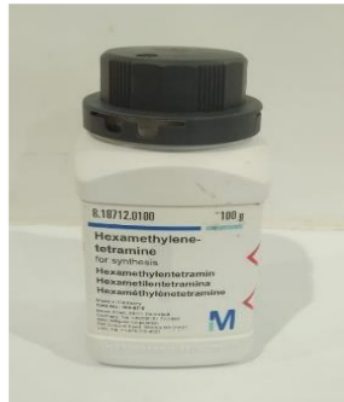
**Gambar C.7** Chamber



**Gambar C.8** Gelas Piala



**Gambar C.9** Hair Dryer



**Gambar C.10** Heksametilentetramin



**Gambar C.11** Hot Plate



**Gambar C.12** Ice Bath



**Gambar C.13** Kabel Koaksial



**Gambar C.14** Kaca Arloji



**Gambar C.15** Kertas Saring



**Gambar C.16** Klip



**Gambar C.17** Kompresor



**Gambar C.18** LibreVNA



**Gambar C.19** Loyang



**Gambar C.20** Mesin Uji SEM



76

**Gambar C.21** Mesin Uji XRD



11

**Gambar C.22** Oven



**Gambar C.23** Perak Nitrat



**Gambar C.24** Pinset



**Gambar C.25** Pipet Tetes



**Gambar C.26** Pita Perekat



**Gambar C.27** Red Wine



**Gambar C.28** Rum



**Gambar C.29** Seng Oksida



**Gambar C.30** Spatula





**Gambar C.31** Termometer



**Gambar C.32** Timbangan



**Gambar C.33** *White Wine*

# Baggi Cahaya Restu Imron\_3334190026\_Fulltext

## ORIGINALITY REPORT

14%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://eprints.untirta.ac.id">eprints.untirta.ac.id</a> Internet Source	2%
2	<a href="http://ojs.uok.edu.in">ojs.uok.edu.in</a> Internet Source	1%
3	Submitted to University of Wales Swansea Student Paper	1%
4	Submitted to Bogazici University Student Paper	1%
5	Submitted to Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Student Paper	1%
6	Submitted to Monash University Student Paper	1%
7	<a href="http://people.engr.ncsu.edu">people.engr.ncsu.edu</a> Internet Source	1%
8	<a href="http://123dok.com">123dok.com</a> Internet Source	1%
9	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1%

10	<a href="https://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	<1 %
11	<a href="https://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Internet Source	<1 %
12	<a href="https://etheses.uin-malang.ac.id">etheses.uin-malang.ac.id</a> Internet Source	<1 %
13	<a href="https://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	<1 %
14	<a href="https://dspace.uii.ac.id">dspace.uii.ac.id</a> Internet Source	<1 %
15	<a href="http://www.slpk.sk">www.slpk.sk</a> Internet Source	<1 %
16	Submitted to Coventry University Student Paper	<1 %
17	<a href="https://conference.ing.unipi.it">conference.ing.unipi.it</a> Internet Source	<1 %
18	<a href="https://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet Source	<1 %
19	<a href="http://www.ece.iisc.ernet.in">www.ece.iisc.ernet.in</a> Internet Source	<1 %
20	<a href="https://digilib.unila.ac.id">digilib.unila.ac.id</a> Internet Source	<1 %
21	<a href="https://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet Source	<1 %

22	<a href="http://eprints.ums.ac.id">eprints.ums.ac.id</a> Internet Source	<1 %
23	<a href="http://jfu.fmipa.unand.ac.id">jfu.fmipa.unand.ac.id</a> Internet Source	<1 %
24	<a href="http://repo.undiksha.ac.id">repo.undiksha.ac.id</a> Internet Source	<1 %
25	Submitted to Universitas Pamulang Student Paper	<1 %
26	<a href="http://ikee.lib.auth.gr">ikee.lib.auth.gr</a> Internet Source	<1 %
27	<a href="http://opac.ll.chiba-u.jp">opac.ll.chiba-u.jp</a> Internet Source	<1 %
28	<a href="http://scholar.unand.ac.id">scholar.unand.ac.id</a> Internet Source	<1 %
29	<a href="http://eprints.unwahas.ac.id">eprints.unwahas.ac.id</a> Internet Source	<1 %
30	<a href="http://repository.unhas.ac.id">repository.unhas.ac.id</a> Internet Source	<1 %
31	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Internet Source	<1 %
32	Submitted to Universitas Bengkulu Student Paper	<1 %
33	Submitted to Wright College Student Paper	<1 %

34	<a href="http://digilib.unimed.ac.id">digilib.unimed.ac.id</a> Internet Source	<1 %
35	Submitted to Submitted on 1686038636418 Student Paper	<1 %
36	<a href="http://repository.atmaluhur.ac.id">repository.atmaluhur.ac.id</a> Internet Source	<1 %
37	Submitted to Universitas Negeri Jakarta Student Paper	<1 %
38	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Internet Source	<1 %
39	<a href="http://eprints.polsri.ac.id">eprints.polsri.ac.id</a> Internet Source	<1 %
40	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Internet Source	<1 %
41	Herni Eriawati, Febrianti Lestari, Dedy Kurniawan. "Analisis Kesesuaian Kawasan Wisata Pantai di Pulau Terkulai Kelurahan Senggarang Kota Tanjungpinang", Jurnal Akuatiklestari, 2019 Publication	<1 %
42	Shoubao Yan, Chen Xiangsong, Xingben Xiang. "Improvement of the aroma of lily rice wine by using aroma-producing yeast strain Wickerhamomyces anomalus HN006", AMB Express, 2019 Publication	<1 %

43	<a href="http://digilib.uin-suka.ac.id">digilib.uin-suka.ac.id</a> Internet Source	<1 %
44	<a href="http://documents.tips">documents.tips</a> Internet Source	<1 %
45	<a href="http://ortus.rtu.lv">ortus.rtu.lv</a> Internet Source	<1 %
46	<a href="http://repository.unj.ac.id">repository.unj.ac.id</a> Internet Source	<1 %
47	<a href="http://theses.gla.ac.uk">theses.gla.ac.uk</a> Internet Source	<1 %
48	<a href="http://www.scielo.br">www.scielo.br</a> Internet Source	<1 %
49	<a href="#">Submitted to Universitas Muria Kudus</a> Student Paper	<1 %
50	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Internet Source	<1 %
51	<a href="http://jonidarmanto.blogspot.com">jonidarmanto.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
52	<a href="http://ojs.jmolekul.com">ojs.jmolekul.com</a> Internet Source	<1 %
53	<a href="http://repository.unej.ac.id">repository.unej.ac.id</a> Internet Source	<1 %
54	<a href="http://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Internet Source	<1 %

55

Didik Aryanto, Naimatul Husniya, Toto Sudiro, Ema Hastuti. "Perlakuan Panas Ganda pada Fabrikasi Film Tipis AZO Nanokristal dengan Teknik Spray : Studi XRD [Double Heat Treatments On The Fabrication Of Nanocrystalline Azo Thin Films By Spray Technique: XRD Studies]", *Metalurgi*, 2017

Publication

&lt;1 %

56

Olívia Moreira Sampaio, Roni Vicente Reche, Douglas Wagner Franco. "Chemical Profile of Rums as a Function of their Origin. The Use of Chemometric Techniques for their Identification", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008

Publication

&lt;1 %

57

Peixuan Wang, Jian Mao, Xiangyong Meng, Xiaozhong Li, Yunya Liu, Hao Feng. "Changes in flavour characteristics and bacterial diversity during the traditional fermentation of Chinese rice wines from Shaoxing region", *Food Control*, 2014

Publication

&lt;1 %

58

Yunita Yunita, Nurlina Nurlina, Intan Syahbanu. "Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Penambahan Ekstrak Klorofil sebagai Capping Agent", *POSITRON*, 2020

Publication

&lt;1 %

59

Internet Source

<1 %

---

60

[es.scribd.com](https://es.scribd.com)

Internet Source

<1 %

---

61

[hellosehat.com](https://hellosehat.com)

Internet Source

<1 %

---

62

[lordbroken.wordpress.com](https://lordbroken.wordpress.com)

Internet Source

<1 %

---

63

[media.neliti.com](https://media.neliti.com)

Internet Source

<1 %

---

64

[qdoc.tips](https://qdoc.tips)

Internet Source

<1 %

---

65

[repositori.uin-alauddin.ac.id](https://repositori.uin-alauddin.ac.id)

Internet Source

<1 %

---

66

[repository.umsu.ac.id](https://repository.umsu.ac.id)

Internet Source

<1 %

---

67

[repository.unsoed.ac.id](https://repository.unsoed.ac.id)

Internet Source

<1 %

---

68

[researchbank.rmit.edu.au](https://researchbank.rmit.edu.au)

Internet Source

<1 %

---

69

[tel.archives-ouvertes.fr](https://tel.archives-ouvertes.fr)

Internet Source

<1 %

---

70

[theses.ncl.ac.uk](https://theses.ncl.ac.uk)

Internet Source

<1 %

---



71 [www.mdpi.com](http://www.mdpi.com) Internet Source <1 %

---

72 [www.mekanismasikp.web.id](http://www.mekanismasikp.web.id) Internet Source <1 %

---

73 [jabalnoor.blogspot.com](http://jabalnoor.blogspot.com) Internet Source <1 %

---

74 [www.neliti.com](http://www.neliti.com) Internet Source <1 %

---

75 Task Group of Committee 2. "Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 4 Inhalation dose coefficients", Annals of the ICRP, 1995  
Publication <1 %

---

76 [www.coursehero.com](http://www.coursehero.com) Internet Source <1 %

---

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On