

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

SKRIPSI

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



Oleh:

Baggi Cahaya Restu Imron
3334190026

**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

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 wurzite. 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 1.613×10^{-9} , 1.297×10^{-9} , 4.311×10^{-9} , 4.679×10^{-9} , 2.832×10^{-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

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
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
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
 BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Diagram Alir.....	25
3.2	Alat dan Bahan	26
3.2.1	Alat	26
3.2.2	Bahan	27
3.3	Prosedur Percobaan	27
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Fabrikasi Sensor	31
4.2	Hasil Pengujian SEM-EDX	32
4.3	Hasil Pengujian XRD	33
4.4	Uji Performa Sensor	34
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
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 <i>Wine, Beer, Angciu</i> dan <i>Rum</i>	15
Tabel B.1 Data Pengukuran Udara pada Frekuensi 100 kHz – 6 GHz	62

DAFTAR GAMBAR

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

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

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

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

BAB I

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.

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.

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 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.

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
- [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
- [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., Elanchezhian, 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 1 V supercapacitor device with nanostructured graphene oxide/polyaniline composite materials.*