

**IDENTIFIKASI JENIS DAGING MENGGUNAKAN
SENSOR ZnO-Ag**

SKRIPSI

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



Oleh:

Evanisa Rovadhona
3334200057

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

IDENTIFIKASI JENIS DAGING MENGGUNAKAN
SENSOR ZnO-Ag

SKRIPSI

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

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I



Dr. Ir. Amalia Sholehah, S.Si., M.Si.
NIP. 197905022005012005

Pembimbing II



Rahman Faiz Suwandana, S.T., M.S.
NIP. 199406202019031018

LEMBAR PERSETUJUAN

IDENTIFIKASI JENIS DAGING MENGGUNAKAN
SENSOR ZnO-Ag

SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh:

Evanisa Rovadhona

5334200057

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal

04 Juli 2024

Susunan Dewan Penguji

Tanda Tangan

Penguji I : Dr. Ir. Amalia Sholehah, S.Si., M.Si.

Penguji II : Rahman Faiz Suwandana, S.T., M.S.

Penguji III : Dr. Indah Uswatun Hasanah, S.Si., 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 : Identifikasi Jenis Daging Menggunakan Sensor ZnO-Ag

Nama Mahasiswa : Evanisa Rovadhona

NIM : 3334200057

Fakultas : Teknik

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, 28 Juni 2024


METERAI
STAMPEL
3300571X306371613
Evanisa Rovadhona
NIM. 3334200057

ABSTRAK

Daging merupakan salah satu jenis protein yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Banyaknya distribusi dan konsumsi daging di dunia membuat konsumen harus lebih tanggap terhadap pemilihan daging dengan jenis dan kualitas tertentu. Identifikasi jenis dan kualitas daging dapat digunakan dengan menggunakan sensor kapasitif. Sensor kapasitif bekerja berdasarkan prinsip perubahan kapasitansi yang terjadi ketika sebuah objek mendekati atau bersentuhan dengan sensor. Pada penelitian ini, sensor kapasitif dibuat menggunakan substrat PMMA yang dilapisi oleh lapisan ZnO-Ag dengan metode *seeding* berupa *spin coating* dan metode *chemical bath deposition*. Lapisan ZnO-Ag berhasil tumbuh dengan nano struktur yang didominasi oleh *nanoflakes* dan *nanoflower* pada beberapa bagian. Ketebalan lapisan ZnO-Ag yang terbentuk pada substrat PMMA yang telah disintesis adalah sebesar 0,362 μm . Proses sintesis tersebut menghasilkan nilai spektrum serapan sebesar 0,0306 dan nilai transmitansi sebesar 96%. Selain itu, penambahan Ag juga berdampak pada penurunan energi celah pita yang dihasilkan dibandingkan dengan ZnO murni. Energi celah pita ZnO-Ag yang didapatkan pada penelitian ini adalah sebesar 3,1407 eV. Sampel daging yang digunakan untuk pengukuran merupakan daging mentah yang dihaluskan. Pada pengukuran nilai impedansi variasi daging, didapatkan nilai impedansi secara berturut-turut adalah daging babi 0,1256 Ω , sapi 0,1145 Ω , kambing 0,1082 Ω , bebek 0,1095 Ω , ikan 0,09629 Ω , dan ayam 0,0612 Ω . Daging babi memiliki nilai tertinggi karena memiliki kandungan air yang paling sedikit dibandingkan jenis daging lainnya. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak air dalam sampel, semakin banyak jalur untuk arus mengalir, sehingga mengurangi hambatan dan menurunkan impedansi.

Kata Kunci: Sensor Kapasitif, ZnO-Ag, *Spin Coating*, Impedansi, Daging.

ABSTRACT

Meat is one type of protein that is widely consumed by Indonesian people. The large distribution and consumption of meat in the world requires consumers to be more responsive to the selection of meat with certain types and qualities. Identification of the type and quality of meat can be done using a capacitive sensor. Capacitive sensors work based on the principle of capacitance changes that occur when an object approaches or comes into contact with the sensor. In this study, a capacitive sensor was made using a PMMA substrate coated with a ZnO-Ag layer using a seeding method in the form of spin coating and a chemical bath deposition method. The ZnO-Ag layer successfully grew with a nanostructure dominated by nanoflakes and nanoflowers in several parts. The thickness of the ZnO-Ag layer formed on the synthesized PMMA substrate was 0.362 μm . The synthesis process produced an absorption spectrum value of 0.0306 and a transmittance value of 96%. In addition, the addition of Ag also had an impact on reducing the resulting band gap energy compared to pure ZnO. The ZnO-Ag band gap energy obtained in this study was 3.1407 eV. The meat samples used for measurement were raw minced meat. In measuring the impedance values of meat variations, the impedance values obtained were respectively pork 0.1256 Ω , beef 0.1145 Ω , goat 0.1082 Ω , duck 0.1095 Ω , fish 0.09629 Ω , and chicken 0.0612 Ω . Pork has the highest value because it has the least water content compared to other types of meat. This is because the more water in the sample, the more paths for current to flow, thereby reducing resistance and lowering impedance.

Keywords: Capacitive Sensor, ZnO-Ag, Spin Coating, Impedance, Meat.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas berkat rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Identifikasi Jenis Daging Menggunakan Sensor ZnO-Ag”. Skripsi ini disusun untuk mendapatkan gelar Strata 1 di Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada.

1. Yth. Bapak Abdul Aziz, ST., MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Metalurgi FT. Untirta.
2. Yth. Ibu Dr. Ir. Amalia Sholehah, S.Si., M.Si., selaku pembimbing pertama dan kepala Laboratorium *Advanced Materials and Tomography* yang telah membimbing penulis selama proses penelitian, penyusunan skripsi hingga sidang skripsi.
3. Yth. Bapak Rahman Faiz Suwandana, S.T., M.S., selaku pembimbing kedua dan koordinator skripsi Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah membimbing penulis dalam penyusunan skripsi hingga sidang skripsi.
4. Bapak Mulyono, Ibu Kliyem, dan Mas Palka yang telah memberikan doa dan dukungan yang sangat berlimpah baik secara material dan moril kepada penulis untuk menyelesaikan studi.
5. Rekan-rekan laboratorium *Advanced Materials and Tomography* FT. UNTIRTA yang telah memberikan dukungan dan senantiasa terbuka untuk berbagai diskusi mengenai skripsi penulis.
6. Teman-teman *Behind the Scene*, rekan-rekan asisten Laboratorium Metalurgi FT UNTIRTA, serta seluruh teman-teman penulis yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Evanisa Rovadhona.

Penulis menyadari masih adanya kesalahan dan juga kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini dapat dikembangkan. Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan di dunia.

Cilegon, 28 Juni 2024

Evanisa Rovadhona

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Seng Oksida (<i>Zinc Oxide</i> , ZnO).....	7
2.2 Deposisi ZnO.....	9
2.2.1 <i>Chemical Bath Deposition</i> (CBD).....	10
2.2.2 <i>Spin Coating</i>	12
2.3 Sensor Impedansi	13
2.4 Sensor untuk Mendeteksi Daging.....	17
2.5 Karakterisasi Material	19
2.5.1 <i>Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	20

2.5.2	<i>X-Ray Diffractometer (XRD)</i>	22
2.5.3	Spektrofotometri UV-Vis	24
2.5.4	<i>Vector Network Analyzer (VNA)</i>	25
BAB III	METODE PENELITIAN	28
3.1	Tempat dan Waktu	28
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	28
3.3	Alat dan Bahan	30
3.2.1	Alat-alat yang Digunakan	30
3.2.1	Bahan-bahan yang Digunakan	32
3.4	Prosedur Penelitian.....	32
3.4.1	Proses Sintesis.....	32
3.4.2	Perakitan Sensor	34
3.4.3	Pengambilan Data	35
3.5	Proses Karakterisasi	36
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1	Karakterisasi SEM-EDS	37
4.2	Karakterisasi XRD	44
4.3	Karakterisasi UV-Vis	47
4.4	Karakterisasi Sensor	50
4.5	Uji Performa Sensor	54
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA.....	66
CONTOH PERHITUNGAN	74
DATA HASIL PENELITIAN	79
GAMBAR ALAT DAN BAHAN.....	114
ANALISIS POLA XRD	122

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi Daging Ayam, Babi, dan Sapi.....	18
Tabel 4. 1 Komposisi Fasa ZnO-Ag	43
Tabel B.1 Lampiran Data Perhitungan Karakterisasi Udara	80
Tabel B.2 Lampiran Data Nilai Impedansi Variasi Daging	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Kristal ZnO: (a) <i>rocksalt</i> , (b) <i>zincblende</i> , dan (c) <i>wurtzite</i> ..	8
Gambar 2.2 Struktur Kristal <i>Wurtzite</i>	9
Gambar 2.3 Skema Alat untuk Metode CBD	11
Gambar 2.4 Proses <i>Spin Coating</i>	12
Gambar 2.5 Struktur Fisik Kapasitor Sejajar	13
Gambar 2.6 Skema Analisis SEM	21
Gambar 2.7 Skema XRD	23
Gambar 2.8 Skema Pengukuran UV-Vis	24
Gambar 2.9 <i>One-port Network</i>	26
Gambar 2.10 <i>Two-port Network</i>	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 4. 1 Morfologi Hasil SEM Pada <i>Filtrat</i> ZnO-Ag; (a) Perbesaran 2.000x; (b) Perbesaran 5.000x; dan (c) Perbesaran 10.000x.....	38
Gambar 4. 2 Hasil EDX <i>Filtrat</i> Sampel ZnO-Ag.....	39
Gambar 4. 3 Hasil Pemetaan EDX <i>Filtrat</i> Sampel ZnO-Ag.	40
Gambar 4. 4 Pemetaan Persebaran Unsur Pada <i>Filtrat</i> , (a) Zn; (b) O; dan (c) Ag.	40
Gambar 4. 5 Morfologi Hasil SEM Pada <i>Substrat</i> ZnO-Ag; (a) Perbesaran 2.000x; (b) Perbesaran 5.000x; (c) Perbesaran 15.000x, dan (d) <i>cross section</i> perbesaran 10.000x.....	41

Gambar 4. 6 Hasil EDX Sampel <i>Substrat ZnO-Ag</i>	42
Gambar 4. 7 Hasil Pemetaan EDX <i>Substrat</i> Sampel ZnO-Ag.	44
Gambar 4. 8 Pemetaan Persebaran Unsur Pada <i>Substrat</i> , (a) Zn; (b) O; dan (c) Ag	44
Gambar 4. 9 Pola Difraksi XRD Fasa ZnO.	45
Gambar 4. 10 Pola Difraksi XRD Fasa ZnO-Ag.	46
Gambar 4.11 Grafik Absorbansi <i>Substrat ZnO-Ag</i>	48
Gambar 4.12 Grafik Transmittansi <i>Substrat ZnO-Ag</i>	49
Gambar 4.13 <i>Tauc Plot Substrat ZnO-Ag</i>	50
Gambar 4. 14 Kurva Impedansi Air dan Udara pada Frekuensi 250-700 MHz. .	53
Gambar 4. 15 Kurva Kapasitansi Air dan Udara pada Frekuensi 250-700 MHz.	53
Gambar 4. 16 Substrat PMMA yang Dilapisi ZnO-Ag dengan Metode <i>Spin Coating</i>	55
Gambar 4. 17 Kurva Impedansi Variasi Daging.	57
Gambar 4. 18 Kurva Impedansi Variasi Daging pada Frekuensi Kerja.....	58
Gambar 4. 19 Kurva Kapasitansi Variasi Daging.	59
Gambar 4. 20 Kurva Kapasitansi Variasi Daging pada Frekuensi Kerja.....	60
Gambar 4.21 Kurva Normalisasi Impedansi Variasi Daging.....	61
Gambar 4.22 Kurva Normalisasi Impedansi Variasi Daging Pada Frekuensi Resonansi.	61
Gambar 4. 23 Kurva Normalisasi Kapasitansi Variasi Daging.....	62
Gambar 4. 24 Kurva Normalisasi Kapasitansi Variasi Daging Pada Frekuensi Resonansi.	63

Gambar B. 1 Sensor ZnO-Ag	80
Gambar C. 1 Alat Pengujian SEM.....	115
Gambar C. 2 Alat Pengujian UV-Vis.....	115
Gambar C. 3 Alat Pengujian XRD	115
Gambar C. 4 Aluminium Foil.....	115
Gambar C. 5 Akuabides	115
Gambar C. 6 Akuades	115
Gambar C. 7 Batang Pengaduk	115
Gambar C. 8 <i>Binder Clip</i>	115
Gambar C. 9 <i>Blender</i>	116
Gambar C. 10 <i>Box Oscilator</i>	116
Gambar C. 11 Cat PiloX.....	116
Gambar C. 12 Cawan Petri.....	116
Gambar C. 13 <i>Cool Box</i>	116
Gambar C. 14 <i>Cutter</i>	116
Gambar C. 15 <i>Cutter</i> Akrilik.....	116
Gambar C. 16 Daging Ayam.....	116
Gambar C. 17 Daging Babi	117
Gambar C. 18 Daging Bebek	117
Gambar C. 19 Daging Ikan.....	117
Gambar C. 20 Daging Kambing.....	117
Gambar C. 21 Daging Sapi.....	117
Gambar C. 22 Desikator	117

Gambar C. 23 <i>Foam Tape</i>	117
Gambar C. 24 Gelas Piala	117
Gambar C. 25 Gunting	118
Gambar C. 26 <i>Hair Dryer</i>	118
Gambar C. 27 Heksa Metil Tetra.....	118
Gambar C. 28 <i>Ion Sputter Coater SEM</i>	118
Gambar C. 29 Kabel Koaksial.....	118
Gambar C. 30 Kawat Pengikat	118
Gambar C. 31 Kertas Minyak.....	118
Gambar C. 32 Kertas Saring <i>Whatman</i>	118
Gambar C. 33 Kotak Penyimpanan <i>Substrat</i>	119
Gambar C. 34 Lakban Kertas	119
Gambar C. 35 Loyang	119
Gambar C. 36 Neraca Analitik	119
Gambar C. 37 Oven.....	119
Gambar C. 38 Penggaris.....	119
Gambar C. 39 Perak Nitrat (AgNO_3)	119
Gambar C. 40 Pinset.....	119
Gambar C. 41 Pipet Tetes	120
Gambar C. 42 Port BNC.....	120
Gambar C. 43 Sarung Tangan Latex	120
Gambar C. 44 Seng Nitrat Heksa Hidrat ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).....	120
Gambar C. 45 Spatula	120

Gambar C. 46 <i>Spin Coater</i>	120
Gambar C. 47 <i>Substrat PMMA</i>	120
Gambar C. 48 Tembaga Foil	120
Gambar C. 49 Termometer	121
Gambar C. 50 <i>Ultrasonic Cleaner</i>	121
Gambar C. 51 <i>Vector Network Analyzer</i>	121
Gambar C. 52 <i>Wrap Plastic</i>	121
Gambar C. 53 Lem Tembak	121
Gambar C. 54 Amidis.....	121

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi memiliki perkembangan yang sangat pesat dari masa ke masa. Hal tersebut terjadi karena beberapa faktor, salah satunya ialah kebutuhan manusia. Salah satu teknologi yang sangat berkembang pesat dan masih terus mengalami kemajuan adalah teknologi pada bidang pangan. Makanan yang dikonsumsi setiap harinya harus memiliki kandungan nutrisi yang baik agar dapat berdampak baik pada kesehatan konsumen. Dalam satu porsi makanan sehat umumnya terdiri dari karbohidrat, mineral, vitamin, serat, lemak, dan protein dalam jumlah tertentu yang sesuai dengan kebutuhan tubuh. Protein merupakan zat pembangun yang berperan penting dalam pembentukan dan perbaikan sel, jaringan, dan organ tubuh. Salah satu sumber protein ialah berasal dari daging.

Daging merupakan salah satu bahan pangan yang bergizi tinggi. Pengertian daging segar menurut SNI 3932:2008 adalah daging yang belum diolah atau ditambah dengan bahan apapun. Daging yang umum dikonsumsi oleh manusia di antaranya adalah daging ayam, sapi, dan babi. Secara penampilan, daging sapi dan daging babi memiliki karakteristik yang cukup mirip jika dibandingkan dengan jenis daging lainnya. Pada beberapa kepercayaan manusia juga terdapat larangan untuk mengonsumsi salah satu atau kedua dari daging tersebut.

Banyaknya distribusi dan konsumsi daging di dunia membuat konsumen harus lebih tanggap terhadap pemilihan daging dengan jenis dan kualitas tertentu. Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu alat yang dapat digunakan dalam proses pendeteksian jenis daging tersebut secara cepat dan akurat. Alat pendeteksi jenis daging telah banyak dikembangkan dalam bentuk sebuah sensor.

Sensor merupakan suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik, dan sebagainya. Pengembangan sensor kini semakin meningkat dengan seiring bertambahnya ilmu pengetahuan dan juga majunya teknologi di dunia. Pada saat ini, sensor banyak dikembangkan untuk mendeteksi banyak hal, salah satunya adalah pendeteksi jenis daging.

Daging umumnya memiliki energi listrik yang berbeda yang disebut sebagai biolistrik. Sifat kelistrikan tersebut dapat digunakan untuk meninjau kualitas suatu daging tanpa merusak sampel uji. Sifat kelistrikan yang terdapat pada jaringan biologis dapat dianalogikan sebagai rangkaian elektronik berupa kapasitor dan resistor dengan hambatannya yang kompleks berupa nilai impedansi. Nilai impedansi pada suatu benda biotik disebut sebagai bioimpedansi yang cukup banyak pengembangannya pada saat ini.

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi nilai impedansi listrik adalah dengan menggunakan sensor kapasitif. Sensor kapasitif mampu melakukan pengukuran secara non kontak sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi sifat listrik pada daging. Penelitian ini sebelumnya pernah dilakukan dengan menggunakan metode *seeding spray coating*. Namun hasil penumbuhan

lapisan dengan menggunakan metode *spray coating* cenderung kurang merata. Selain itu, pada penelitian sebelumnya juga pengujian performa sensor pada sampel dilakukan pada rentang frekuensi yang lebar, yaitu 10 MHz hingga 6 GHz. Namun pada rentang frekuensi rendah, nilai impedansi cenderung tidak dapat terdeteksi dibandingkan frekuensi di atas 1 GHz. Pengukuran tersebut tidak terbaca pada frekuensi yang rendah dikarenakan pengaruh dari lapisan hasil *seeding* yang kurang merata. Semakin rata lapisan *seeding*, maka semakin sedikit hambatan yang dihadapi gelombang elektromagnetik untuk menembus material, sehingga semakin sedikit interferensi yang terjadi antara gelombang yang datang dan gelombang pantulan, dan akan semakin mudah untuk mencapai resonansi. Hal ini memungkinkan gelombang elektromagnetik frekuensi rendah untuk mendeteksi lapisan *seeding* dengan lebih mudah dan menghasilkan sinyal yang lebih kuat.

Pada penelitian selanjutnya akan digunakan metode sintesis yang berbeda yaitu *spin coating*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rajath (2022), metode sintesis *spin coating* akan menghasilkan lapisan yang lebih seragam dan homogen. Kemudian pada penelitian yang akan dilakukan, sensor kapasitif akan ditinjau pada rentang frekuensi yang lebih rendah [1]. Berdasarkan penelitian Yue Leng dkk (2018), nilai impedansi akan berbanding terbalik dengan frekuensi [2]. Pada frekuensi yang rendah akan dihasilkan nilai impedansi yang lebih tinggi. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan material semikonduktor ZnO yang disintesis pada substrat *polymethyl methacrylate* (PMMA). PMMA merupakan jenis polimer dengan transparansi yang tinggi hingga mencapai 96%, serta dapat mentransmisikan cahaya tampak hingga 93%. Selain itu, PMMA juga memiliki sifat listrik dan isolasi yang tinggi. Kemudian dilakukan penambahan unsur perak

(Ag) pada lapisan ZnO karena memiliki kestabilan kimia dan konduktivitas elektrik yang tinggi sehingga dapat meningkatkan sensitivitas kerja sensor. Metode sintesis yang digunakan yang digunakan untuk mendeposisikan lapisan ZnO-Ag pada substrat PMMA ini adalah dengan *spin coating* dan *chemical bath deposition*. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sensor yang dapat mendeteksi jenis daging yang beredar secara cepat dan tepat dan dapat dimanfaatkan dengan baik oleh konsumen untuk mengetahui jenis daging yang akan dikonsumsi.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, lapisan yang terbentuk pada hasil sintesis dengan menggunakan metode *spray coating* cenderung tidak merata. Lapisan yang tidak merata tersebut dapat mengurangi sensitivitas sensor. Selain itu, pada penelitian sebelumnya, dihasilkan nilai impedansi yang cenderung tidak terdeteksi pada frekuensi di bawah 1 GHz. Pada rentang frekuensi yang rendah, sampel daging akan memiliki nilai impedansi yang cenderung lebih tinggi dibandingkan pada rentang frekuensi yang tinggi. Dengan demikian, rumusan masalah untuk penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Apakah lapisan ZnO-Ag dapat ditumbuhkan pada substrat PMMA dengan menggunakan proses sintesis *spin coating* dan CBD?
2. Apakah terdapat pengaruh pengukuran pada rentang frekuensi di bawah 1 GHz pada hasil impedansi daging?

1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang telah disampaikan sebelumnya, terdapat beberapa tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Membuat sensor ZnO-Ag yang ditumbuhkan di atas substrat PMMA dengan menggunakan metode *spin coating* dan *chemical bath deposition*.
2. Mengidentifikasi besaran impedansi dan kapasitansi dari daging ayam, daging babi, daging bebek, daging ikan, daging kambing, dan daging sapi dengan menggunakan sensor ZnO-Ag pada rentang frekuensi di bawah 1 GHz.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan adalah daging ayam, daging babi, daging bebek, daging ikan, daging kambing, dan daging sapi.
2. Proses sintesis dilakukan dengan menggunakan metode *spin coating* dan *chemical bath deposition*.
3. Karakterisasi yang digunakan adalah *scanning electron microscopy energy dispersive x-ray spectroscopy* (SEM-EDS), *x-ray diffractometer* (XRD), *ultraviolet-visible spectroscopy* (UV-Vis), dan *vector network analyze* (VNA).
4. Penelitian ini dilakukan di *Laboratorium Advance Material dan Tomography, Center of Excellent*, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri atas lima bab. Bab I menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, identifikasi masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab II menjelaskan mengenai teori-teori yang mendukung penelitian ini sekaligus sebagai acuan dalam analisis dan pembahasan. Bab III menjelaskan mengenai tempat dan waktu penelitian, diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, prosedur penelitian, dan pengujian serta karakterisasi sampel. Bab IV berisi hasil dan pembahasan mengenai hasil karakterisasi SEM-EDS, hasil karakterisasi XRD, hasil karakterisasi UV-Vis, karakterisasi sensor, dan uji performa sensor. Bab V berisi kesimpulan penelitian serta saran untuk penelitian selanjutnya. Kemudian terdapat daftar pustaka yang berisi referensi mengenai literatur pendukung yang digunakan dalam penyusunan proposal penelitian ini. Pada bagian terakhir terdapat lampiran-lampiran penelitian seperti lampiran perhitungan, lampiran data penelitian, serta lampiran alat dan bahan.

BAB II

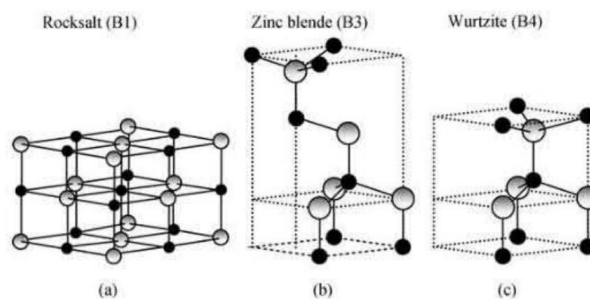
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Seng Oksida (*Zinc Oxide*, ZnO)

Seng oksida (ZnO) merupakan suatu bahan material semikonduktor jenis logam tipe-*n* terdapat pada golongan II B – IV A. Material ZnO ini memiliki nilai energi celah pita sebesar 3,37eV dan besar nilai eksitasi energi ikat sebesar 60 MeV. Energi celah pita yang lebar akan menghasilkan kinerja efisien yang rendah. Hal ini disebabkan karena energi yang lebar akan membutuhkan energi yang besar untuk mengantarkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi untuk menghasilkan arus [3]. Seng oksida memiliki mobilitas elektron yang tinggi yaitu sebesar 200-300cm² V⁻¹s⁻¹ [4]. Bahan ini digunakan sebagai bahan dasar lapisan tipis, karena memiliki beberapa keunggulan dalam aplikasinya, terutama dalam bidang sensor, sel surya, serta *nanodevice* [5]. Akan tetapi, ZnO mempunyai kelemahan, yaitu dapat mengalami penurunan konduktivitas listrik yang disebabkan terjadinya proses resapan kimia (*chemisorption*) gas oksigen pada permukaan film tipis ZnO. Seng oksida juga kurang stabil pada lingkungan korosif dan memiliki sifat listrik yang kurang baik dikarenakan konsentrasi pembawa yang rendah.

Seng oksida merupakan zat padat berupa serbuk berwarna putih pada temperatur rendah dan berwarna kuning pada temperatur tinggi [6]. Seng oksida dapat memiliki sifat semikonduktor tipe-*p* dan tipe-*n* bergantung pada stoikiometri dan akan sangat mempengaruhi jumlah serta jenis pembawa muatan yang berarti

akan mempengaruhi pula sifat listrik dari ZnO itu sendiri [7]. Semikonduktor tipe-*p* adalah semikonduktor yang memiliki jumlah lubang yang lebih banyak daripada jumlah elektron bebas, sedangkan semikonduktor tipe-*n* adalah semikonduktor yang memiliki jumlah elektron bebas yang lebih banyak daripada jumlah lubang. Elektron bebas ini berasal dari atom-atom pengotor yang memiliki lebih dari empat elektron valensi. Pada struktur kristal ZnO, dapat diketahui bahwa secara efisien akan memancarkan elektron pada saat suhu ruangan dan efisien dengan rentang panjang gelombang ultraviolet. Seng oksida memiliki karakterisasi morfologi yang sangat bervariasi, dimana karakterisasi morfologi dari ZnO ini akan mempengaruhi karakteristik dari material yang telah difabrikasi dan pengaplikasiannya [8]. Seng oksida memiliki beragam tipe struktur kristal yang beragam di antaranya yaitu *wurtzite*, *zinc blende*, dan *rocksalt*. Tipe struktur kristal seng oksida tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.

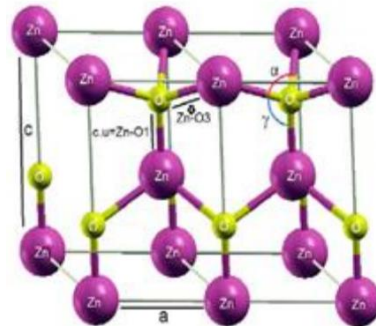


Gambar 2.1 Struktur Kristal ZnO: (a) *rocksalt*, (b) *zincblende*, dan (c) *wurtzite*

[9]

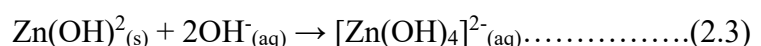
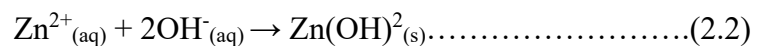
Struktur ZnO *zinc blende* terbentuk pada substrat kubik, dan struktur *rocksalt* terbentuk pada kondisi dengan tekanan tinggi [9]. Pada temperatur ruang dan keadaan termodinamika yang stabil, ZnO memiliki struktur dalam bentuk *wurtzite* [4]. Struktur *wurtzite* mempunyai sel satuan heksagonal dengan dua

parameter kisi, a dan c mempunyai grup ruang C4 atau P63mc [10]. Struktur *wurtzite* ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Kristal *Wurtzite* [10].

Seng oksida dapat ditemukan di alam dalam bentuk mineral sebagai *zincite*. Selain itu, seng oksida juga dapat ditemukan dalam bentuk nitrat ketika sudah menjadi barang jadi. Seng nitrat terbentuk karena terjadinya proses pelapukan dan dekomposisi barang jadi dalam alam seperti pada perairan maupun pada tanah [11]. Pembuatan seng oksida dari seng nitrat dipilih juga karena memiliki kelebihan lainnya. Seng nitrat ($Zn(NO_3)_2$) dapat memproduksi material nano kristal yang lebih tinggi daripada ikatan seng lainnya [12]. Reaksi pembentukan seng nitrat menjadi seng oksida dapat dituliskan dengan Persamaan 2.1 sampai Persamaan 2.4 [13].



2.2 Deposisi ZnO

Deposisi merupakan suatu proses penerapan lapisan tipis atau partikel nanoskala pada substrat atau permukaan lainnya. Terdapat berbagai macam metode

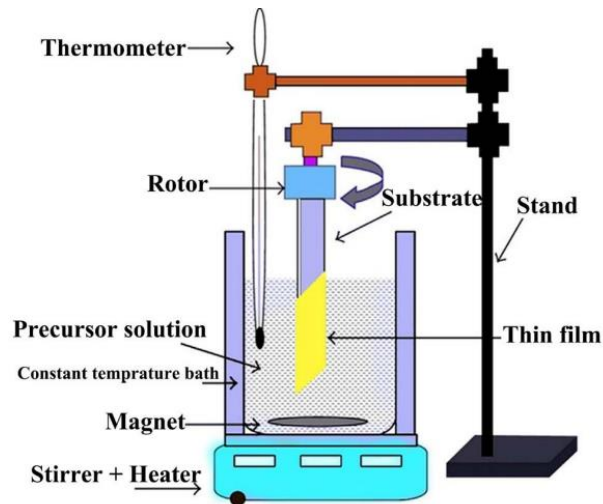
deposisi ZnO antara lain *sol-gel*, *sputtering*, *ultrasonic spray*, *spray coating*, dan *spin coating*. Pada dasarnya, struktur dan topografi suatu lapisan bahan bergantung pada perlakuan saat deposisi, seperti suhu pada saat deposisi, sumber dan energi atom-atom pengotor, topografi substrat dan tekanan aliran gas yang dipakai saat deposisi film [9]. Parameter-parameter tersebut juga mempengaruhi mobilitas permukaan atom-atom teradsorpsi.

2.2.1 *Chemical Bath Deposition (CBD)*

Sintesis merupakan suatu metode untuk pembuatan material nanopartikel. Nanopartikel dapat berasal dari molekul yang ukurannya lebih besar yang disintesis dengan metode *bottom-up* [14]. Untuk menghasilkan nanomaterial dengan hasil yang berkualitas tinggi dengan biaya yang rendah telah menjadi tantangan tersendiri. Sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti menggunakan metode fisika, kimia, dan biologi. Umumnya, metode fisika dan kimia dianggap yang terbaik untuk mendapatkan hasil nanopartikel dengan ukuran seragam dan stabilitas jangka panjang. Namun, umumnya metode tersebut melepaskan bahan beracun atau berbahaya ke lingkungan sehingga diperlukan proses dan penanganan khusus [15]. Akan tetapi hal tersebut tidak mengurangi daya tarik sintesis menggunakan metode tersebut, terutama metode kimia.

Pada umumnya, metode yang digunakan dalam fabrikasi nanostruktur ZnO terbagi menjadi dua yaitu, *wet chemical* dan *phase gas*. Metode *wet chemical* lebih banyak digunakan untuk memfabrikasi nanopartikel ZnO dibandingkan dengan metode *phase gas* karena biayanya lebih terjangkau. Salah satu metode *wet chemical* yang banyak digunakan

dalam fabrikasi nanorods ZnO adalah *chemical bath deposition* (CBD). Metode CBD ini banyak digunakan karena dapat dioperasikan pada temperatur rendah, sehingga berbiaya rendah, dan metode pengerjaannya yang sederhana [16]. Skema peralatan CBD dapat dilihat pada Gambar 2.3.

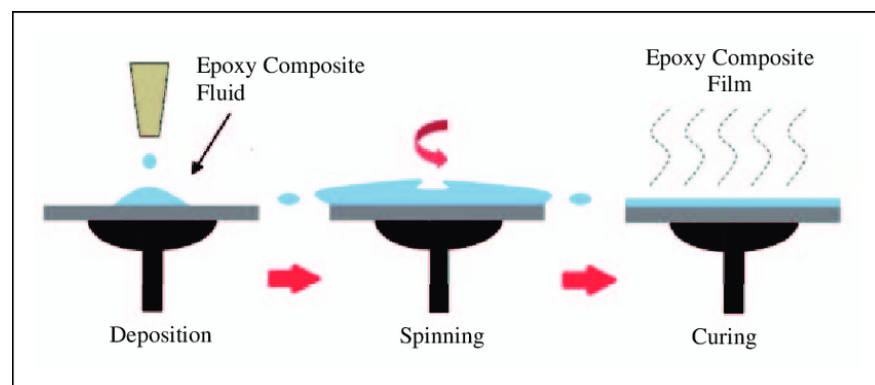


Gambar 2.3 Skema Alat untuk Metode CBD [17].

Pengendalian proses CBD dilakukan pada temperatur kamar dan tekanan udara normal [18]. CBD menghasilkan kualitas film yang tahan lama, homogen, dan kaku dengan kemampuan reproduksi yang baik serta menggunakan prosedur yang relatif mudah [18]. Dalam metode CBD, untuk mendapatkan struktur nano yang diinginkan dapat dilakukan melalui pengendalian kinetik seperti pengaturan konsentrasi prekursor, pengontrolan pH, waktu perendaman, dan temperatur yang digunakan. Metode CBD tidak memerlukan bahan kimia yang sangat mahal yang diproses hingga tingkat kemurnian tertentu, menjadikannya proses yang lebih terjangkau. Deposisi CBD bervariasi pada komposisi material yang digunakan [18].

2.2.2 Spin Coating

Spin coating merupakan teknik yang saat ini banyak digunakan untuk membuat film tipis yang seragam dengan ketebalan dalam orde mikrometer hingga nanometer [19]. *Spin coating* digunakan untuk menyiapkan lapisan tipis karena cepat, berbiaya rendah, dan menghasilkan lapisan tipis yang seragam dan besar [20]. Lapisan tipis yang dihasilkan dengan metode ini memiliki tingkat kehomogenan yang cukup tinggi. Ketebalan lapisan yang diinginkan bisa dikontrol berdasarkan waktu dan kecepatan putaran dari alat *spin coater* [9]. Bahan yang akan dibentuk lapisan tipis dibuat dalam bentuk larutan atau gel, yang kemudian ditetaskan diatas suatu substrat dan disimpan diatas piringan, yang dapat berputar dengan kecepatan yang cukup tinggi. Karena adanya gaya sentripetal ketika piringan tersebut berputar maka bahan tersebut akan tertarik ke pinggir substrat dan tersebar secara merata. Sketsa putaran metode *spin coating* dapat dilihat pada Gambar 2.4.

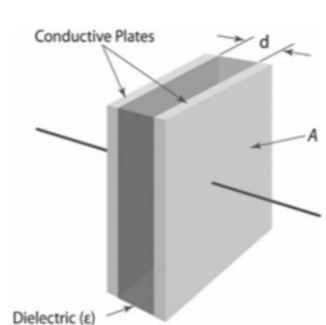


Gambar 2.4 Proses *Spin Coating* [20].

2.3 Sensor Impedansi

Perkembangan teknologi khususnya pada bidang industri dan makanan telah banyak memanfaatkan penggunaan elektroda sensor [21]. Sensor merupakan komponen elektronika yang memiliki kemampuan yang cukup handal dalam pengaplikasiannya [22]. Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mengubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu [23]. Penerapan sensor banyak digunakan pada berbagai macam teknologi. Umumnya sensor digunakan untuk mendeteksi suatu fenomena yang terjadi secara spontan. Sensor merupakan jenis transduser yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik [24].

Secara umum telah diketahui, sensor kapasitif adalah perangkat monitoring non-kontak yang mampu melakukan pengukuran resolusi tinggi [25]. Terdapat dua metode pengukuran dalam sensor kapasitansi, yaitu pengukuran perubahan amplitudo dan pengukuran perubahan fasa sinyal [25]. Metode kapasitif memanfaatkan rangkaian sensor kapasitif yang dihubungkan dengan osiloskop untuk mengetahui tegangan masukan dan tegangan keluaran dan selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai kapasitansi [26]. Struktur fisik pada kapasitor sejajar dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur Fisik Kapasitor Sejajar [27].

Sensor kapasitif yang paling sederhana memiliki dua pelat konduktor yang di antara dua pelat tersebut terdapat bahan bersifat isolasi atau dikenal bahan dielektrik. Nilai kapasitansi bergantung pada bahan dielektrik yang ditempatkan di antara pelat yang menjadi parameter yang diukur. Semakin besar nilai permitivitas bahan dielektrik antara pelat, maka semakin besar nilai kapasitansinya. Selain itu, nilai kapasitansi juga dipengaruhi oleh luas area permukaan pelat dan jarak antar kedua pelat [25]. Jika kedua pelat dengan luas penampang dan berjarak antar pelat, kemudian diberi tegangan listrik, maka muatan yang dapat disimpan dalam kapasitor sebanding dengan tegangan listrik yang diberikan dan luas penampang pelat, tetapi berbanding terbalik dengan jarak antara kedua pelat tersebut. Kapasitor pelat sejajar yang masing-masing memiliki luas dan dipisahkan oleh jarak dengan menempatkan bahan dielektrik yang memiliki konstanta dielektrik di antara kedua pelat sejajar maka nilai kapasitansi kapasitor dapat dinyatakan dengan Persamaan 2.5 [26].

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

dimana ϵ_0 adalah konstanta permitivitas vakum yang bernilai $8,85 \times 10^{-12}$ F/m.

Impedansi listrik merupakan salah satu besaran kelistrikan yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik biolistrik pada bahan biologis. Karakteristik biolistrik ini dapat dikorelasikan pada kondisi jaringan, sifat-sifat fisika-kimia jaringan, dan dianalisis kandungan apa saja yang terdapat pada jaringan, sehingga sifat biolistrik tersebut dapat digunakan untuk menilai kemurnian dan kualitas suatu bahan ataupun kerusakan pada jaringan [28]. Metode impedansi telah dikembangkan pada berbagai penelitian untuk menentukan kondisi bahan pangan, kadar gula darah dalam tubuh, distribusi volume air dalam tubuh,

serta dikembangkan untuk impedansi tomografi. Penggunaan nilai impedansi listrik diharapkan dapat menjadi teknik baru yang lebih mudah dan non-invasif untuk menentukan kondisi bahan pangan yang meliputi bahan pangan dalam keadaan segar, busuk, maupun tercampur bahan kimia.

Impedansi terbagi menjadi beberapa jenis, namun yang paling umum digunakan adalah tiga jenis yaitu impedansi kapasitif, impedansi induktif, dan impedansi resistif. Impedansi kapasitif terjadi ketika terdapat reaktansi kapasitif dengan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan reaktansi induktifnya. Kondisi ini juga dapat terjadi pada bagian imajiner dari sebuah kapasitor ketika mengalami perubahan arus. Persamaan untuk mengetahui nilai impedansi kapasitif dapat dilihat pada Persamaan 2.6 [29].

$$Z_c = -j \frac{1}{\omega C} \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana $\omega = 2\pi f$ yaitu frekuensi angular, dan nilai kapasitansinya dilambangkan dengan C . Selanjutnya terdapat impedansi induksi yang terjadi akibat reaktansi induktif memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan reaktansi kapasitifnya. Impedansi induktif terjadi ketika sebuah kumparan dengan nilai hambat yang mengalami perubahan arus dibandingkan kondisi imajineranya. Persamaan impedansi induktif dapat ditulis dengan Persamaan 2.7 [29].

$$Z_l = \omega L \dots \dots \dots (2.7)$$

dimana $\omega = 2\pi f$ yang merupakan frekuensi angular, dan L adalah nilai induktansinya. Kemudian terdapat impedansi resistif yang terjadi ketika nilai reaktansi dalam rangkaian arus searah berada pada titik nol. Hal tersebut akan dapat menyebabkan terjadinya impedansi resistif. Resistansi tidak akan menghasilkan pergeseran fasa karena tidak memiliki nilai imajiner sehingga tegangan dan arus

akan memiliki fasa yang sama. Persamaan impedansi resistif dapat ditulis dengan Persamaan 2.8 [29].

$$Z_r = R \dots \dots \dots (2.8)$$

Penambahan material semikonduktor dengan logam transisi merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan konduktivitas sensor tersebut. Logam perak (Ag) merupakan bahan *adding* yang cocok untuk ZnO dalam meningkatkan aktivitas fotokatalitik [30]. Proses fotokatalis terjadi apabila material semikonduktor yang memiliki energi celah pita tertentu diberikan energi dari luar yang sesuai seperti energi cahaya, maka akan terjadi transformasi kimia sehingga mengubah senyawa anorganik dan senyawa organik yang menempel di material tersebut menjadi air dan karbon dioksida [31]. Oleh karena itu, penambahan Ag pada semikonduktor ZnO merupakan salah satu pengembangan yang banyak dilakukan.

Sensor kapasitif merupakan jenis sensor yang mengonversi stimulus fisik menjadi perubahan dalam besaran elektrik yaitu kapasitansi. Sensor kapasitif digunakan dalam berbagai aplikasi pengukuran, baik energi mekanik maupun kimia. Metode pada sensor kapasitif memanfaatkan berbagai rangkaian sensor kapasitif yang dihubungkan dengan osiloskop untuk mengetahui tegangan masukan dan tegangan keluaran yang selanjutnya akan digunakan untuk menentukan nilai kapasitansi. Sensor kapasitif berbasis ZnO merupakan salah satu jenis sensor kapasitif yang banyak dikembangkan karena keunikan yang dimiliki oleh ZnO. Pendeteksian pada sensor kapasitif dilakukan berdasarkan terjadinya perubahan muatan energi listrik yang tersimpan dalam kapasitor yang disebabkan oleh

perubahan jarak lempeng, perubahan luas penampang, perubahan volume dielektrik sensor kapasitif, dan pengaruh eksternal yang mempengaruhi perubahan perilaku kapasitif pada sensor.

Sensor kapasitif berbasis ZnO merupakan salah satu jenis sensor yang banyak dikembangkan saat ini. Salah satu kegunaan sensor kapasitif ZnO ialah digunakan untuk mendeteksi kelembaban [32]. Sensor kelembapan kapasitif berbasis nanokomposit seng oksida dengan tungsten disulfida dan ZnO nanorods juga telah dikembangkan dan diuji pembuatannya. Selain itu, ZnO juga digunakan dalam sensor untuk *photoelectrochemical water splitting*, sensor gas, transduser piezoelektrik, dan sensor lainnya [33]. Seng oksida juga digunakan dalam pembuatan film tipis konduktor transparan untuk aplikasi seperti layar datar komputer laptop, sel surya, dan lain-lain. Penelitian juga telah dilakukan pada penggunaan ZnO dalam sensor gelombang akustik permukaan (*surface acoustic wave*). Penelitian lain menunjukkan bahwa sensor gas ZnO tipis yang dihasilkan dengan sputtering reaktif memiliki respons yang cepat dan sensitivitas yang tinggi terhadap gas.

2.4 Sensor untuk Mendeteksi Daging

Daging yang umumnya dikonsumsi oleh manusia adalah daging ayam, ikan, sapi, dan babi. Daging dapat didefinisikan sebagai semua jaringan hewan dan semua produk hasil pengolahan jaringan-jaringan tersebut yang bisa dimakan serta tidak mengganggu kesehatan bagi yang mengkonsumsinya [34]. Terjadi beberapa perubahan setelah ternak disembelih yang mengakibatkan otot mengalami perubahan dari energi mekanis untuk pergerakan semasa ternak hidup menjadi

energi kimiawi untuk dikonsumsi manusia sebagai pangan hewani [35]. Berbagai macam jenis daging tersebut membuat manusia harus mengetahui apa saja perbedaan dari segi warna, bau, dan juga teksturnya. Umumnya daging unggas memiliki karakteristik bentuk yang sama namun berbeda pada serat dan rasa. Daging unggas secara visual lebih mudah dibedakan daripada daging merah. Daging merah atau daging yang berasal dari hewan ternak berkaki empat cenderung memiliki visualisasi yang sama. Sebagai pembandingan, ditunjukkan pada Tabel 2.1 mengenai komposisi akhir dari daging ayam, babi, dan sapi.

Tabel 2. 1 Komposisi Daging Ayam, Babi, dan Sapi [34], [35], [36].

Jenis Daging	Komposisi (%)			
	Air	Protein	Lemak	Abu
Ayam	75,24	22,92	1,15	1,145
Babi	72	20	6,8	1
Sapi	70	20	9	1

Berdasarkan data pada Tabel 2.1, diketahui bahwa nilai komposisi antara daging babi dan sapi tidak terlalu berbeda. Nilai komposisi keduanya terpaut selisih paling tinggi sebesar 3% pada komposisi lemak. Hal tersebut membuat konsumen harus lebih jeli terhadap pemilihan daging yang akan dikonsumsi. Oleh karena itu diperlukan pembuatan suatu alat yang dapat mendeteksi daging secara cepat dan praktis yang terbentuk sebagai sebuah sensor.

Sensor untuk mendeteksi daging sudah banyak dikembangkan dengan berbagai macam variasi. Sensor pendeteksi daging yang umum digunakan adalah berupa sensor warna dan juga sensor pembau. Sensor pendeteksi warna daging yang

paling umum digunakan merupakan sensor TCS 3200 dan sensor pendeteksi bau berupa sensor TGS2602. Sensor warna akan digunakan untuk mendeteksi perubahan nilai RGB dari warna daging, sedangkan sensor bau berperan sebagai pendeteksi bau yang dikeluarkan oleh daging dan didapatkan data nilai tegangan [37].

Penggunaan sensor kapasitif untuk mendeteksi jenis daging sudah cukup banyak dikembangkan di dunia. Selain sensor kapasitif ZnO-Ag, terdapat jenis material lain yang dilakukan pengembangannya untuk mendeteksi jenis daging. Dalam penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, disampaikan bahwa kualitas daging ayam segar dan daging ayam tiren memiliki nilai kapasitansi yang berbeda. Daging ayam segar memiliki nilai rata-rata kapasitansi yang lebih rendah dibandingkan daging ayam tiren [29].

2.5 Karakterisasi Material

Komposisi dari suatu material tidak selalu sama antara satu dengan lainnya. Penentuan komposisi atau morfologi dari suatu material umumnya dilakukan dengan suatu pengujian yang disebut sebagai karakterisasi. Karakterisasi material merupakan proses pengujian untuk mengetahui komposisi suatu material uji [26]. Material nanopartikel yang telah disintesis dapat dikarakterisasi dengan beberapa cara, antara lain dengan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM), *x-ray diffractometer* (XRD), *fourier transform infra-red* (FTIR), dan *vector network analyze* (VNA).

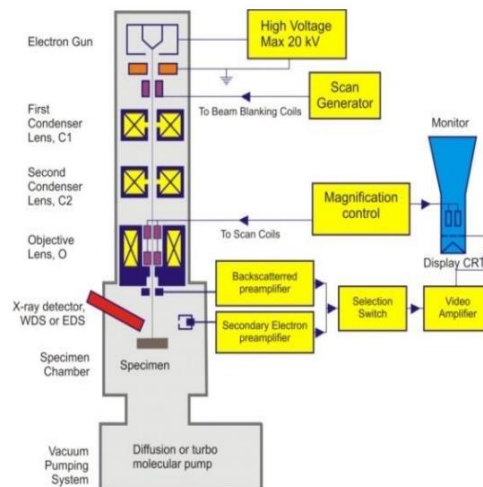
2.5.1 *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS)

Scanning electron microscopy merupakan salah satu jenis alat karakterisasi yang umum digunakan untuk material nanopartikel. SEM adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung, yang memiliki perbesaran 10–3000000x, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm [38]. SEM sangat baik untuk karakterisasi ukuran dan bentuk nanopartikel, karena persiapan sampel yang diperlukan dan akuisisi gambar relatif cepat dan sederhana [39]. Meskipun gambar SEM adalah representasi dua dimensi (2D) dari objek tiga dimensi (3D) dari sudut pandang tertentu sudut pandang tertentu, gambar SEM memang mengandung sejumlah informasi 3D yang dengan pengukuran berbasis model dapat digunakan untuk merekonstruksi bentuk dengan akurasi sub-nm dari struktur sederhana. [38]

SEM digunakan untuk mengamati batas butir, distribusi, batas fase, serta bukti adanya deformasi mekanik dan komposisi kimia yang memiliki perbesaran 200.000 kali untuk mengamati ketebalan dari 200 Å sampai 0,5 µm [40]. SEM dioperasikan dengan pengaturan parameter elektron seperti *high voltage*, *spot size*, bias dan *beam current* juga parameter optik seperti kontras, fokus dan astigmatismus yang tepat sehingga diperoleh hasil gambar yang optimal secara ilmiah dan tidak memberikan interpretasi ganda. Prinsip kerja dari SEM yaitu ketika berkas elektron di *scan* pada permukaan sampel maka akan terjadi interaksi elektron dengan atom-atom pada permukaan sampel. Karena adanya interaksi tersebut, sebagian berkas

elektron keluar kembali. Elektron-elektron tersebut disebut sebagai *backscattered electrons* (BSE). Selain itu terdapat juga sebagian kecil elektron masuk ke dalam bahan kemudian memindahkan sebagian elektron tersebut pada elektron atom sehingga terpental ke luar permukaan bahan. Pembentukan elektron sekunder juga diikuti oleh munculnya X-ray sehingga dapat digunakan untuk mengukur kandungan elemen bahan yang akan diteliti [41].

SEM dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan teknik penggunaannya. Salah satu aksesoris SEM yang cukup umum digunakan adalah *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS), yang merupakan sebuah teknik untuk menganalisis sampel secara kualitatif atau semikualitatif untuk menentukan komposisi elemen yang ingin diidentifikasi. Setelah elektron pemindai mengenai permukaan sampel, elektron di dalam atom akan mengalami eksitasi. Ketika elektron-elektron pada atom kemudian kembali pada keadaan dasarnya, sinar X akan teremis. Sinar X tersebut dikumpulkan oleh detektor sinar X dan dikonversi menjadi sebuah data.



Gambar 2. 6 Skema Analisis SEM [42].

2.5.2 *X-Ray Diffractometer (XRD)*

X-ray diffraction (XRD) atau difraksi sinar-X merupakan salah satu teknik karakterisasi dan analisis non-destruktif yang sampai saat ini masih sering digunakan. *X-ray diffraction (XRD)* digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis struktur kristal, fasa, dan mineral yang terkandung dalam sampel serbuk maupun padat. Prinsip kerja *x-ray diffraction (XRD)* adalah penerapan prinsip hukum Bragg yang menyebutkan bahwa perbedaan lintasan berkas difraksi sinar-X harus kelipatan panjang gelombang seperti yang dituliskan pada Persamaan 2.9 [43].

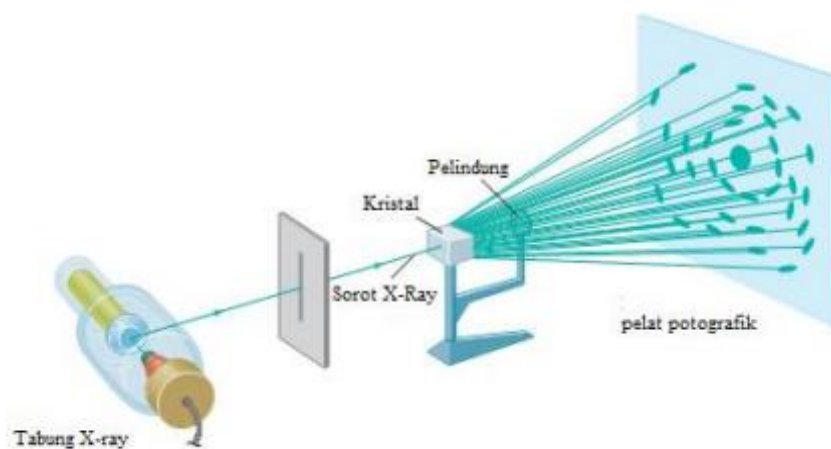
$$n\lambda = 2d \sin\theta \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana n adalah bilangan bulat orde pembiasan (1,2,...), kemudian λ panjang gelombang sinar-X yang digunakan, d adalah jarak antara dua bidang kisi, dan θ adalah sudut antara sinar datang dengan bidang normal.

Alat *x-ray diffraction (XRD)* terdiri dari tiga bagian utama yaitu tabung sinar-X, tempat objek, dan detektor sinar-X. Sinar-X berasal dari tabung sinar-X yang di dalamnya terdapat katoda berupa filamen yang dipanaskan sehingga dapat menghasilkan elektron. Ketika gelombang mengalami pembiasan atau pembelokan saat melewati suatu gangguan, seperti kisi kristal, maka akan terjadi difraksi yang mengakibatkan gelombang terhambur kemudian menghasilkan penguatan atau pelemahan sinyal yang akan direkam dan diproses dalam bentuk grafik. Standar yang digunakan dalam melakukan uji XRD adalah ASTM E1426 dengan prosedur kerja yaitu sampel diletakkan pada *sample holder* kemudian

dipadatkan dan diratakan, *sample holder* diposisikan pada pegangan dan mulai diiradisi oleh sinar-X dengan sumber radiasi Cu pada rentang sudut 2θ $10-90^\circ$ hingga terbentuk pola difraksi berupa difraktogram, serta dari data tersebut dihasilkan informasi dengan membandingkan nilai d sampel pada data standar mineral. Karakterisasi menggunakan difraksi sinar-X (XRD) dilakukan untuk menentukan kristalinitas serta orientasi pertumbuhan kristal yang ditunjukkan oleh perbandingan intensitas puncak difraksi bidang tersebut terhadap bidang lainnya secara kualitatif [44].

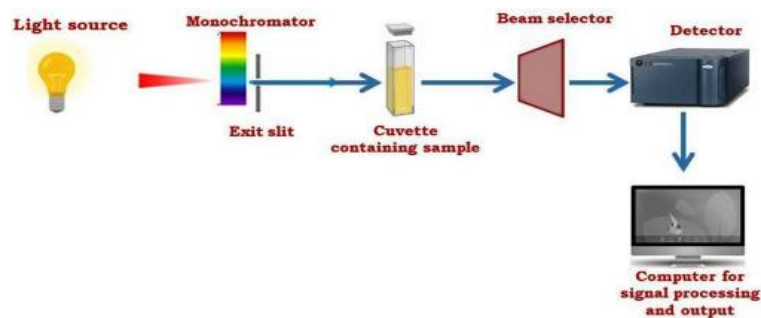
Difraktometer sinar-X adalah alat yang digunakan untuk menentukan fasa kristalin dalam sampel atau material dengan memanfaatkan parameter struktur kisi untuk mengukur ukuran partikel. Alat ini mampu mengidentifikasi baik material yang berbentuk kristal maupun yang tidak (non-kristal). Difraktometer sinar-X digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristal secara kualitatif dan mengukur kandungan fasa secara kuantitatif dengan menggunakan sinar-X sebagai radiasi gelombang elektromagnetik. Dapat dilihat pada Gambar 2.8 adalah skematik difraktometer sinar-X [45].



Gambar 2. 7 Skema XRD [45].

2.5.3 Spektrofotometri UV-Vis

Spektroskopi UV-Vis merupakan suatu metode analisis dengan menggunakan spektrofotometer yang didasarkan pada rentang gelombang ultraviolet hingga cahaya tampak. Spektrofotometer UV Vis bekerja pada rentang frekuensi ultraviolet (201-400 nm) dan cahaya tampak (401-800 nm). Spektroskopi UV-Vis merupakan suatu pengujian yang hemat biaya, sederhana, serbaguna, tidak merusak, dan analitis. Spektroskopi UV-Vis baik digunakan untuk spektrum besar senyawa organik dan beberapa spesies anorganik lainnya. Sebagai fungsi panjang gelombang, spektrofotometer UV-Vis mengukur penyerapan atau transmisi cahaya yang melewati suatu media [46]. Teknik spektrofotometer UV-Vis dapat diterapkan pada berbagai disiplin ilmu penelitian, seperti pertanian, makanan, farmasi, lingkungan, dan lainnya. Prinsip dari spektrofotometer UV-Vis adalah suatu penyerapan sinar tampak untuk ultraviolet dengan suatu molekul yang dapat mengakibatkan terjadinya eksitasi molekul dari tingkat energi yang rendah hingga tingkat energi yang tinggi [47].



Gambar 2. 8 Skema Pengukuran UV-Vis [47].

Spektrofotometer UV-Vis dapat menghasilkan berbagai jenis data penting untuk penemuan dan analisis material. Spektrofotometer Uv-Vis

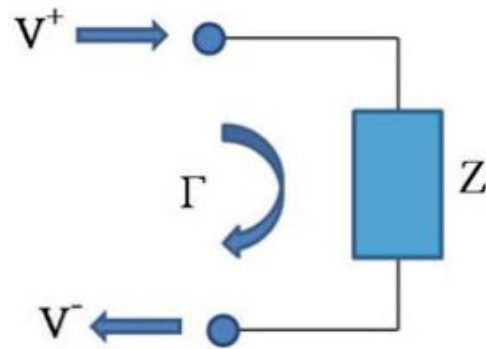
dapat memberikan informasi tentang sifat optik seperti maksimum penyerapan UV-Vis (λ_{max}) dan koefisien-koefisien absorpsi molar (ϵ) [1]. Selain itu, spektrofotometer UV-Vis dapat mengukur besar serapan dan persen transmisi sampel pada panjang gelombang berbeda, melakukan pemindaian spektrum untuk menganalisis serapan sebagai fungsi panjang gelombang [48]. Spektrofotometer UV-Vis dapat digunakan untuk mendeteksi sampel padatan, cairan, dan gas.

2.5.4 *Vector Network Analyzer (VNA)*

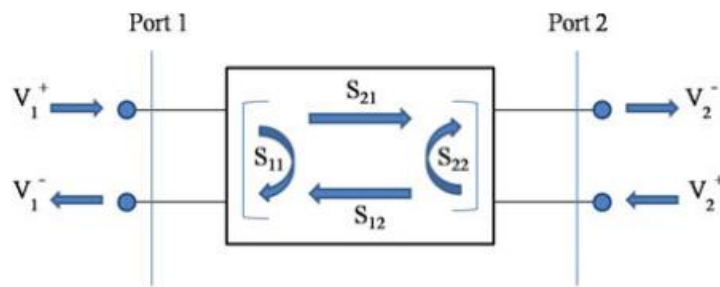
Vector network analyzer (VNA) adalah instrumen yang kompleks dan serba guna yang digunakan dalam bidang teknik frekuensi radio (RF) untuk pengukuran yang akurat dan tepat [49]. Untuk pengukuran parameter kapasitor dan induktor dalam rentang frekuensi luas biasanya digunakan penganalisis impedansi. VNA dapat digunakan untuk mengkarakterisasi komponen pasif seperti pandu gelombang, filter, dan perangkat semikonduktor aktif seperti dioda, transistor, serta rangkaian seperti osilator dan *amplifier* [50]. VNA dapat digunakan untuk mengetahui sifat dari suatu material dan juga nilai parameter hamburan (*scattering parameter*), yaitu reflektansi dan transmitansi.

VNA dapat digunakan untuk mengkarakterisasi satu, dua, atau *multi-port* jaringan. VNA dapat mengukur fase insiden dan pantulan. Pada VNA dengan satu jaringan, rasio antara insiden gelombang tegangan V^+ yang merambat dari VNA ke spesimen uji, kemudian tegangan dipantulkan gelombang V^- dari spesimen uji ke VNA disebut koefisien refleksi Γ [49].

Kemudian dalam jaringan dua *port*, terdapat transmisi maju dan transmisi balik selain pantulan. Kuantitas ini dapat dinyatakan dalam bentuk parameter hamburan (parameter-S).



Gambar 2. 9 *One-port Network* [49].



Gambar 2. 10 *Two-port Network* [49].

S-parameter didefinisikan sebagai rasio jumlah gelombang yang dipantulkan dan yang datang. Dalam kasus jaringan dua *port*, empat parameter-S S_{11} , S_{21} , S_{12} , dan S_{22} diperlukan untuk mengkarakterisasi jaringan secara lengkap. S_{11} dan S_{22} adalah koefisien refleksi input dan output pada *port 1* dan *port 2*. Sedangkan S_{21} dan S_{12} masing-masing mewakili koefisien transmisi maju dan mundur Untuk S_{11} dan S_{22} merupakan masukan dan keluaran koefisien refleksi dari masing-masing *port 1* dan *port 2*. Sementara S_{21} mewakili koefisien transmisi maju dan

S_{12} mewakili koefisien transmisi terbalik. S -parameter dapat dituliskan dalam bentuk matriks berikut [49]:

$$\begin{bmatrix} V_1^- \\ V_2^- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1^+ \\ V_2^+ \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana V_1^- dan V_2^- merupakan gelombang pasang, sedangkan V_1^+ dan V_2^+ merupakan insiden di *port 1* dan *port 2*. Bentuk lebih umum S -parameter ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$S_{mn} = \frac{V_m^-}{V_n^+}; V_{m \neq n}^+ \dots\dots\dots(2.11)$$

BAB III

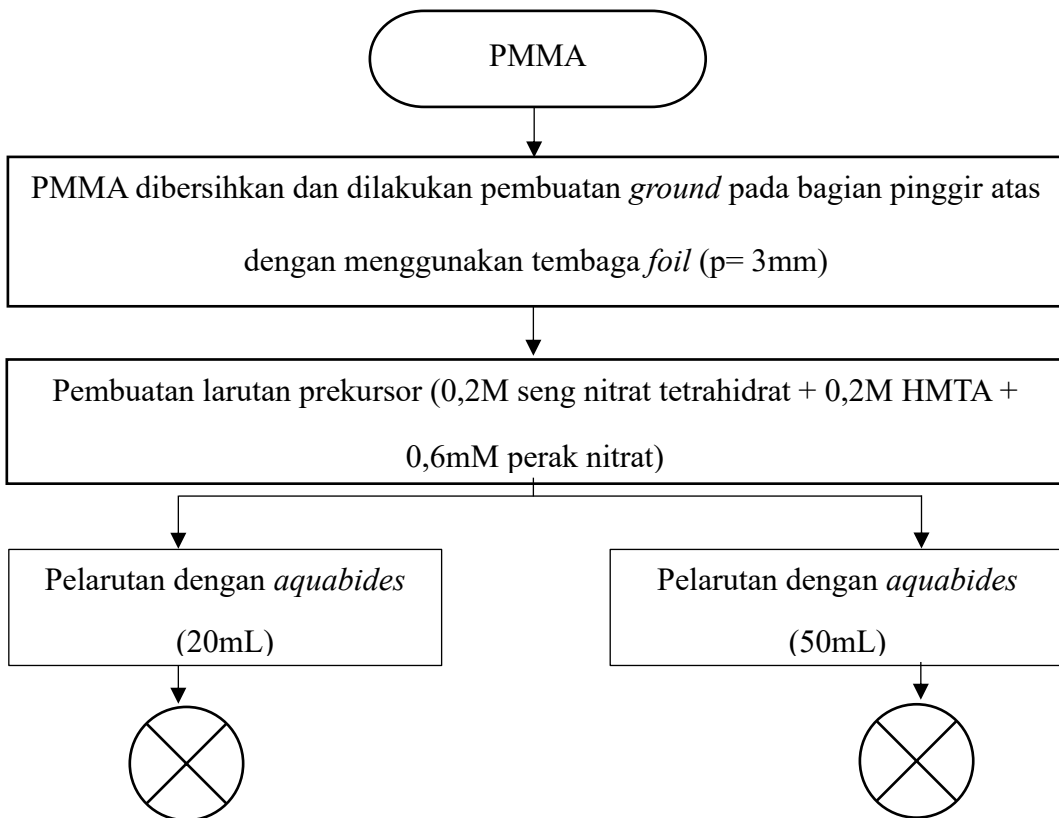
METODE PENELITIAN

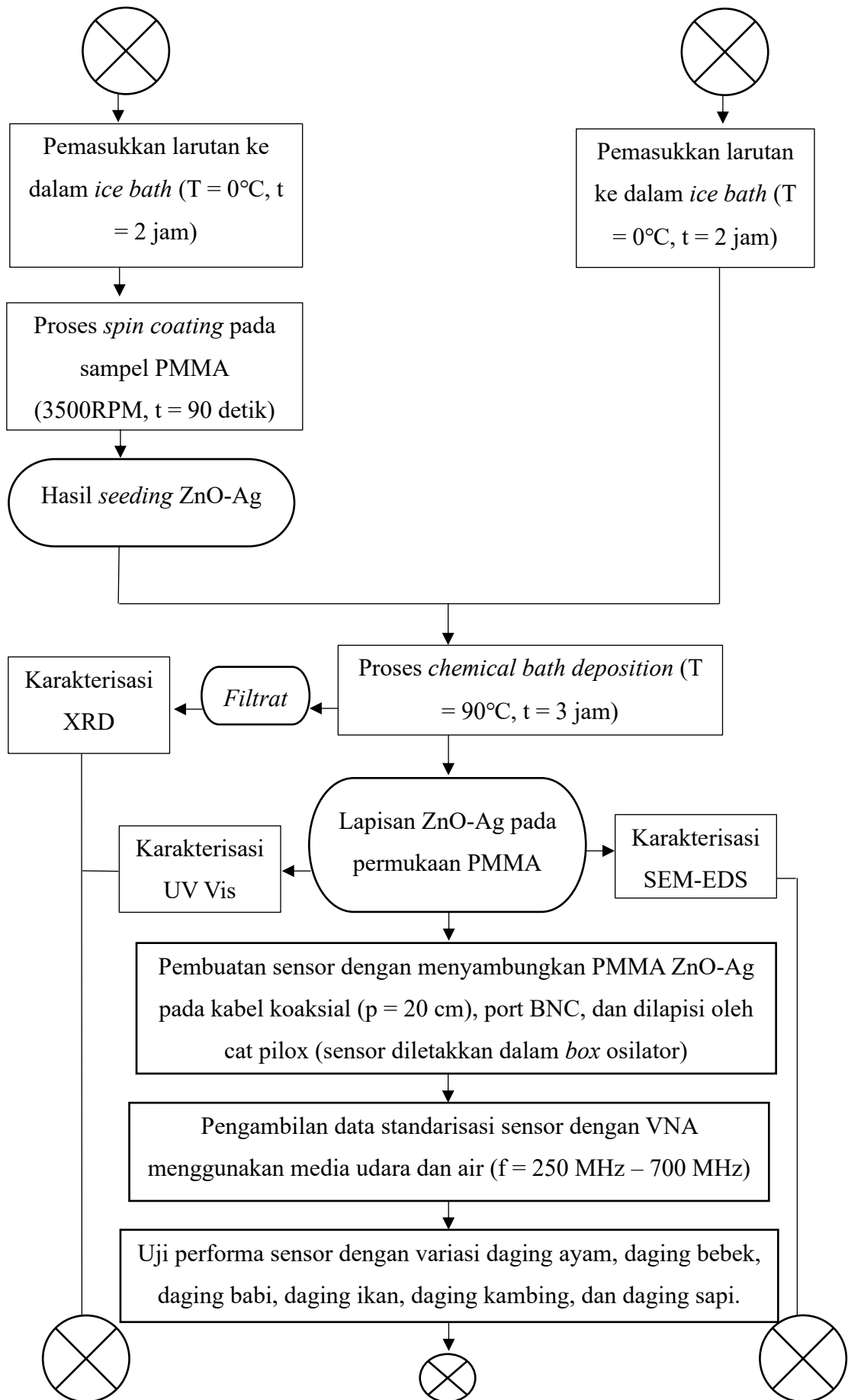
3.1 Tempat dan Waktu

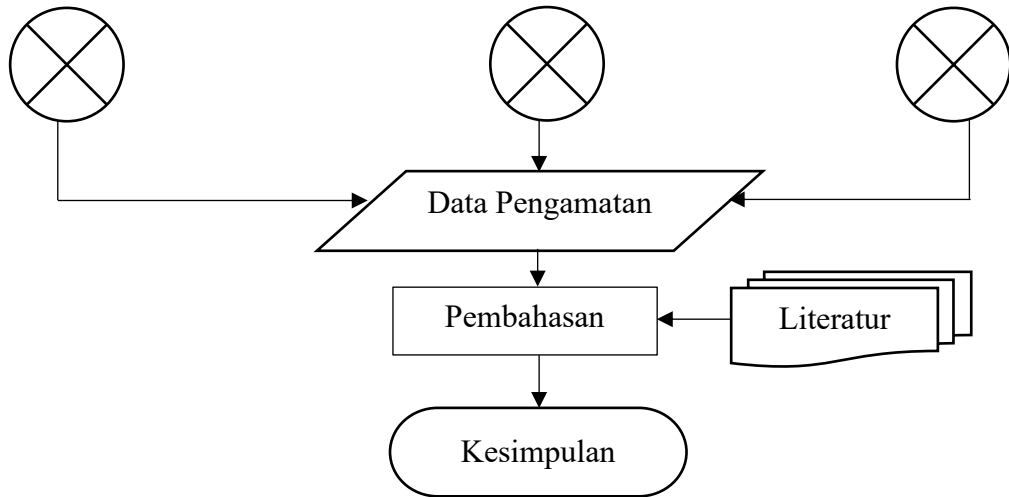
Penelitian dilakukan di Laboratorium *Advance Material dan Tomography*, *Center of Excellent*, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penelitian ini dilaksanakan dari jangka waktu 14 Maret - 27 Juni 2024.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian yang telah dilakukan dijelaskan menggunakan diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.







Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini.

3.2.1 Alat-alat yang Digunakan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat pengujian SEM
2. Alat pengujian UV Vis
3. Alat pengujian XRD
4. Batang pengaduk
5. *Binder clip*
6. Blender
7. *Box oscillator*
8. Cat pilox
9. Cawan Petri
10. *Cool box*

11. *Cutter*
12. *Cutter* akrilik
13. Desikator
14. Gelas piala
15. Gunting
16. *Hair dryer*
17. *Ion sputter coater* SEM
18. Kabel koaksial
19. Kawat pengikat
20. Kotak penyimpanan substrat
21. Loyang
22. Neraca analitik
23. Oven
24. Penggaris
25. Pinset
26. Pipet tetes
27. *Port* BNC
28. Spatula
29. *Spin coater*
30. Termometer
31. *Ultrasonic cleaner*
32. *Vector Network Analyzer* (VNA)

3.2.1 Bahan-bahan yang Digunakan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Aluminium foil*
2. *Aquabides*
3. *Aquades*
4. Cat pilox
5. Es batu
6. *Foam tape*
7. Heksametilentetraamin ($C_6H_{12}N_4$, HMTA)
8. Kertas minyak
9. Kertas saring *Whatman*
10. Lakban kertas
11. Perak nitrat ($AgNO_3$, Ag-nitrat)
12. Sarung tangan latex
13. Seng nitrat heksahidrat ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, Zn-nitrat heksa hidrat)
14. Substrat polimetil metakrilat (PMMA)
15. Tembaga *foil*

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.4.1 Proses Sintesis

Proses sintesis pada penelitian ini dilakukan dengan dua metode yaitu *spin coating* dan *chemical bath deposition*.

1. PMMA dibersihkan dengan menggunakan air, sabun, dan amidis menggunakan alat *ultrasonic bath*.
2. Tembaga *foil* dilapisi pada PMMA sebagai *ground* sesuai dengan ukuran panjang dan lebar masing-masing, yaitu 3 mm.
3. Larutan prekursor dibuat untuk proses *spin coating* dan CBD. Larutan prekursor *spin coating* dibuat dengan mencampurkan 0,2M $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0,2M $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$, dan 0,06 mM AgNO_3 yang dilarutkan pada 20 mL *aquabides*. Kemudian untuk larutan prekursor CBD dibuat dengan melarutkan bahan-bahan yang sama namun dilarutkan pada 50 mL *aquabides*.
4. Larutan prekursor dimasukkan ke dalam *cool box* yang telah diisi dengan es batu selama 2 jam agar homogen.
5. Setelah 2 jam, *cool box* dapat dibuka untuk dilakukannya pengukuran temperatur larutan dengan termometer. Larutan prekursor digunakan pada saat temperatur larutan 3-0°C.
6. Sampel PMMA yang telah dipasang *ground* diletakkan pada alat *spin coating*.
7. Sampel PMMA ditetesi larutan prekursor.
8. Dilakukan proses *spin coating* dengan kecepatan 3500 RPM selama 90 detik.
9. Sampel PMMA yang telah di *spin coating* selanjutnya dimasukkan ke dalam gelas piala yang berisi larutan prekursor 50 mL dan dipanaskan dengan oven pada temperatur 90°C selama 3 jam.

10. Dilakukan pembersihan sampel PMMA dengan *aquades* sehingga sisa kotoran yang menempel dapat dihilangkan lalu kemudian dikeringkan dengan menggunakan *hair dryer*.
11. Sampel PMMA diletakkan pada kotak penyimpanan yang telah dilapisi oleh *aluminium foil*.
12. Dilakukan penyaringan pada larutan hasil proses pemanasan dengan menggunakan kertas saring *Whatman*.
13. Hasil penyaringan dikeringkan dengan oven untuk memperoleh *filtrat* berupa serbuk ZnO-Ag.
14. Sampel PMMA yang telah terlapisi ZnO-Ag tersebut dimasukkan ke dalam desikator agar sampel tersebut kering selama kurang lebih 24 jam.

3.4.2 Perakitan Sensor

Substrat PMMA yang telah berhasil dilapisi ZnO-Ag dengan menggunakan *spin coating* dan CBD kemudian dirakit menjadi sensor. Berikut ini merupakan prosedur perakitan sensor ZnO-Ag.

1. Substrat PMMA yang telah dilapisi ZnO-Ag yang telah kering dipasang *ground* tembaga berukuran 0,3 x 3 cm pada bagian tepi dan tengah substrat tanpa mengenai lapisan yang terbentuk.
2. Substrat dipasang dengan tembaga berukuran 0,3 x 0,3 cm pada bagian ujung atas lapisan.
3. Substrat ditempel pada bagian dalam box osilator dengan menggunakan lem tembak pada bagian belakang substrat.

4. Port BNC dipasang pada 2 kabel koaksial yang berfungsi sebagai *transmitter* dan *receiver* untuk disambungkan ke VNA pada saat pengukuran.
5. Tembaga foil berukuran 0,3 x 0,3 cm pada substrat disambungkan ke kabel koaksial dan disesuaikan ukurannya dengan box osilator yang digunakan.

3.4.3 Pengambilan Data

Sensor ZnO-Ag yang telah berhasil dirakit kemudian dapat digunakan untuk mengukur nilai impedansi dan kapasitansi dengan menggunakan VNA. Berikut ini merupakan prosedur pengambilan data dengan menggunakan sensor ZnO-Ag.

1. Alat VNA disambungkan ke catu daya, lalu tekan tombol power pada alat VNA.
2. Buka *software* pemrograman dan VNA.
3. *Script* diatur pada *software* pemrograman dengan memasukkan rentang frekuensi pengukuran yaitu 250-700 MHz.
4. Proses kalibrasi dilakukan pada *software* VNA.
5. Sensor ZnO-Ag kemudian disambungkan pada alat VNA.
6. Variasi daging yang akan diukur nilainya diletakkan di atas sensor secara merata pada keseluruhan lapisan ZnO-Ag.
7. *Script* pengukuran dimasukkan pada *software* pemrograman dengan jumlah *loop* data sebanyak 5 kali.

8. Setelah pengukuran selesai, didapatkan hasil data berupa DUT *real* dan DUT imajiner.

3.5 Proses Karakterisasi

Pada penelitian ini dilakukan beberapa jenis karakterisasi diantaranya yaitu XRD, SEM-EDS, dan UV-Vis. Selain itu, setelah dilakukannya proses perakitan sensor juga dilakukan proses karakterisasi sensor.

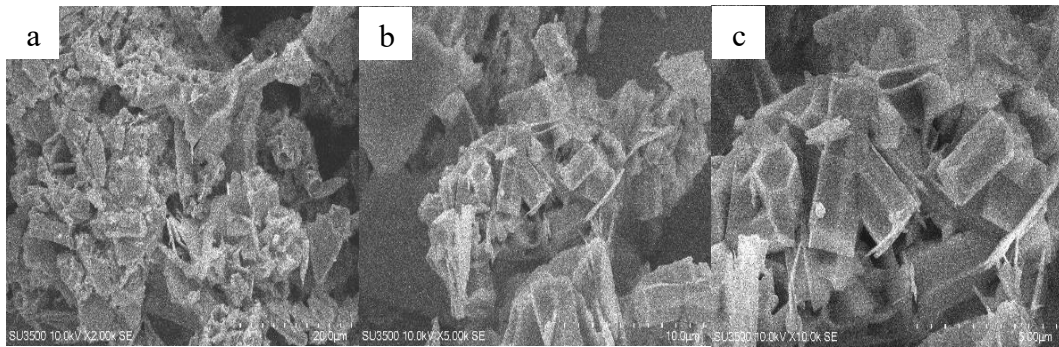
1. Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk dan ukuran kristalit dari hasil sintesis ZnO-Ag.
2. Karakterisasi SEM-EDS dilakukan untuk mengetahui citra dan bentuk morfologi semikonduktor ZnO-Ag yang terbentuk pada sampel PMMA.
3. Karakteristik UV-vis digunakan untuk mengetahui nilai energi celah pita dari sampel PMMA yang telah dilapisi ZnO-Ag.
4. Karakterisasi sensor dilakukan untuk mengetahui keefektifan sensor dalam mendeteksi pengukuran. Uji performa sensor juga dilakukan dengan menggunakan sampel berupa udara dan *aquabides* sebagai pembanding dan standarisasi dari nilai pengukuran yang didapatkan. Nilai tersebut kemudian dapat dihitung untuk mendapatkan nilai kapasitansi dan impedansi. Pengukuran dilakukan dengan cara sampel diletakkan didalam *chamber* kemudian dilakukan pengukuran sinyal dengan VNA. Frekuensi yang digunakan yaitu 250 MHz – 700 MHz.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi SEM-EDS

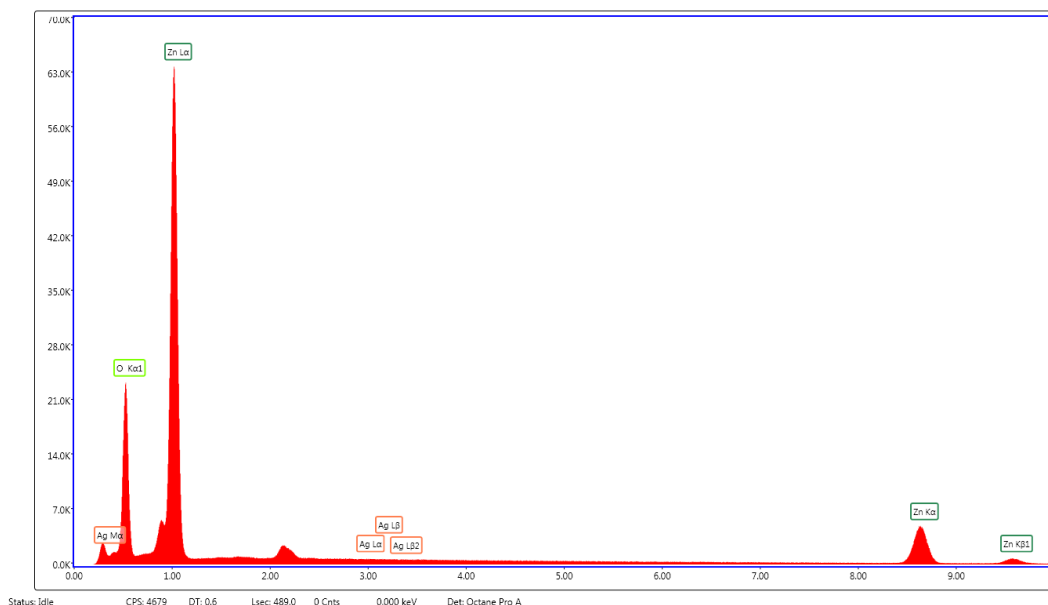
Nanopartikel merupakan sebuah partikel yang memiliki ukuran partikel nano berkisar dari 1 hingga 100 nm. Dengan ukuran yang sangat kecil tersebut menyebabkan nanopartikel umumnya memiliki sifat yang luar biasa karena dapat diubah dengan menggunakan perlakuan yang mudah. Pada saat ini, nanopartikel banyak dikembangkan penerapannya dan perlakuannya. Nanopartikel memiliki beberapa jenis berdasarkan bentuknya diantaranya yaitu, *nanodots*, *nanorods*, *nanoflakes*, dan *nanoflowers*. Perbedaan bentuk tersebut dapat diakibatkan oleh beberapa hal seperti, kondisi sintesis dan bahan yang digunakan. Bentuk nanopartikel tersebut dapat ditinjau dengan menggunakan pengujian *scanning electron microscope* (SEM). SEM digunakan untuk mendapatkan citra morfologi permukaan objek yang diuji dengan perbesaran hingga 100.000x. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, proses pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi bentuk nanopartikel pada dua jenis sampel dengan perlakuan sama, yaitu *filtrat ZnO-Ag* hasil proses CBD dan lapisan *ZnO-Ag* pada substrat PMMA. Pengujian tersebut dilakukan pada dua sampel tersebut untuk mengetahui jenis struktur nano yang tumbuh pada kedua sampel tersebut. Gambar 4.1 merupakan hasil pengujian SEM pada *filtrat ZnO-Ag*.



Gambar 4. 1 Morfologi Hasil SEM Pada *Filtrat ZnO-Ag*; (a) Perbesaran 2.000x; (b) Perbesaran 5.000x; dan (c) Perbesaran 10.000x.

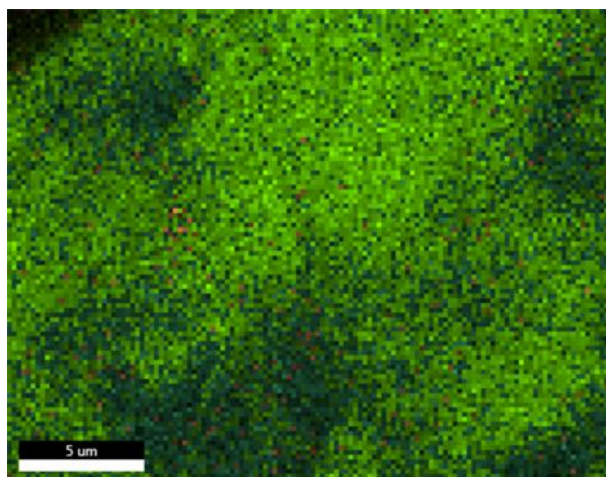
Berdasarkan Gambar 4.1, dapat diketahui bahwa sebagian besar struktur nano yang terbentuk adalah *nanorods* yang bertumpuk. Pada Gambar 4.1, dengan menggunakan perbesaran 2.000x didapati struktur *nanorods* dan beberapa struktur *nanoflakes*. Pertumbuhan dua jenis struktur tersebut dapat terjadi karena beberapa hal diantaranya yaitu, kondisi pertumbuhan, kehadiran impuritas, sifat material yang tidak homogen, mekanisme pertumbuhan yang berbeda, dan interaksi antar struktur nano. Struktur *nanorods* dapat menyerap cahaya dengan kuat dalam kisaran spektrum yang luas. Hal ini disebabkan oleh efek resonansi plasmon permukaan, yang merupakan osilasi kolektif elektron pada permukaan *nanorods*.

Pengujian SEM umumnya juga dikombinasikan dengan *energy dispersive x-ray* atau biasa disebut sebagai EDX. Fungsi EDX adalah untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung dalam suatu senyawa yang diuji. EDX juga umumnya memiliki fitur pemetaan untuk mengetahui distribusi unsur dalam suatu senyawa tersebut. Hasil EDX pada sampel *filtrat ZnO-Ag* ditampilkan pada Gambar 4.2.

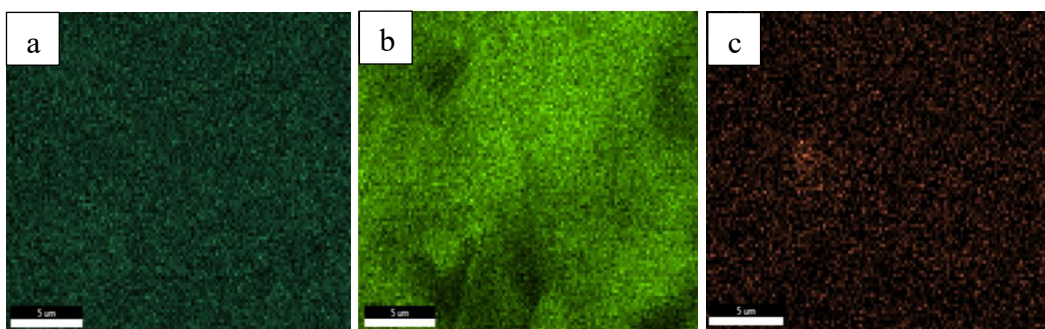


Gambar 4. 2 Hasil EDX *Filtrat* Sampel ZnO-Ag.

Berdasarkan Gambar 4.2, diketahui bahwa unsur yang mendominasi sampel *filtrat* tersebut adalah unsur Zn. Hal tersebut sesuai dengan penggunaan bahan yang menggunakan kuantitas Zn lebih banyak dibandingkan unsur lainnya. Kemudian urutan kedua terbanyak adalah unsur O, lalu diakhiri dengan puncak-puncak terendah pada unsur Ag. Berdasarkan data tersebut, dilakukan pemetaan unsur untuk mengetahui persebaran dari unsur pada senyawa tersebut terjadi secara merata atau tidak. Pada Gambar 4.3 menunjukkan pemetaan sampel *filtrat* ZnO-Ag. Berdasarkan hasil pemetaan tersebut diketahui bahwa unsur pada *filtrat* ZnO-Ag kurang merata persebarannya dan hanya terdapat pada beberapa titik saja, sedangkan titik lainnya tidak terisi oleh masing-masing unsur secara keseluruhan. Titik berwarna hijau muda merupakan sebaran dari unsur O, titik berwarna hijau tua merupakan unsur Zn, dan titik berwarna jingga merupakan sebaran dari unsur Ag.



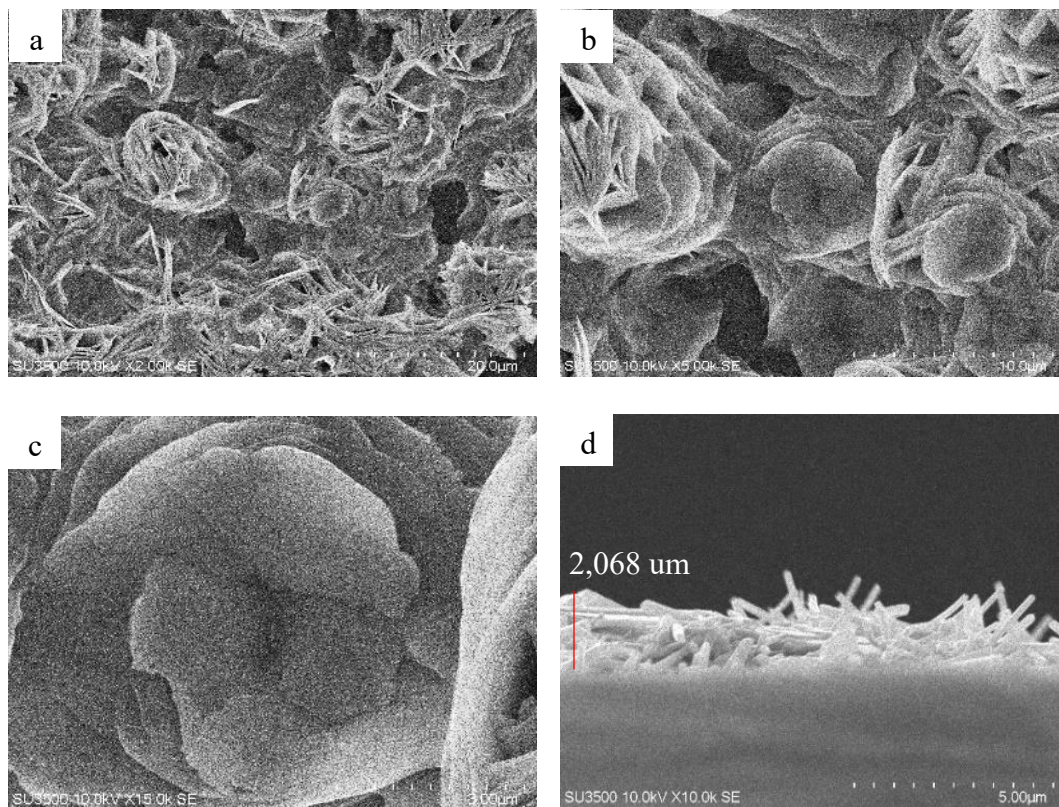
Gambar 4. 3 Hasil Pemetaan EDX *Filtrat* Sampel ZnO-Ag.



Gambar 4. 4 Pemetaan Persebaran Unsur Pada *Filtrat*, (a) Zn; (b) O; dan (c) Ag.

Hasil sintesis partikel dengan menggunakan *substrat* PMMA memiliki bentuk nanopartikel yang berbeda dengan *filtrat* ZnO-Ag. Lapisan ZnO-Ag yang tumbuh pada substrat PMMA akan memiliki struktur nanopartikel yang didominasi oleh bentuk *nanoflakes* dan *nanoflower* pada beberapa bagian. Kehadiran nanopartikel yang berbentuk *nanoflower* disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu interaksi antara partikel dan *substrat* PMMA, kondisi sintesis, dan mekanisme pertumbuhan partikel. PMMA memiliki sifat hidrofobik yang memiliki arti sebagai bahan yang menolak air. Hal tersebut menyebabkan partikel yang

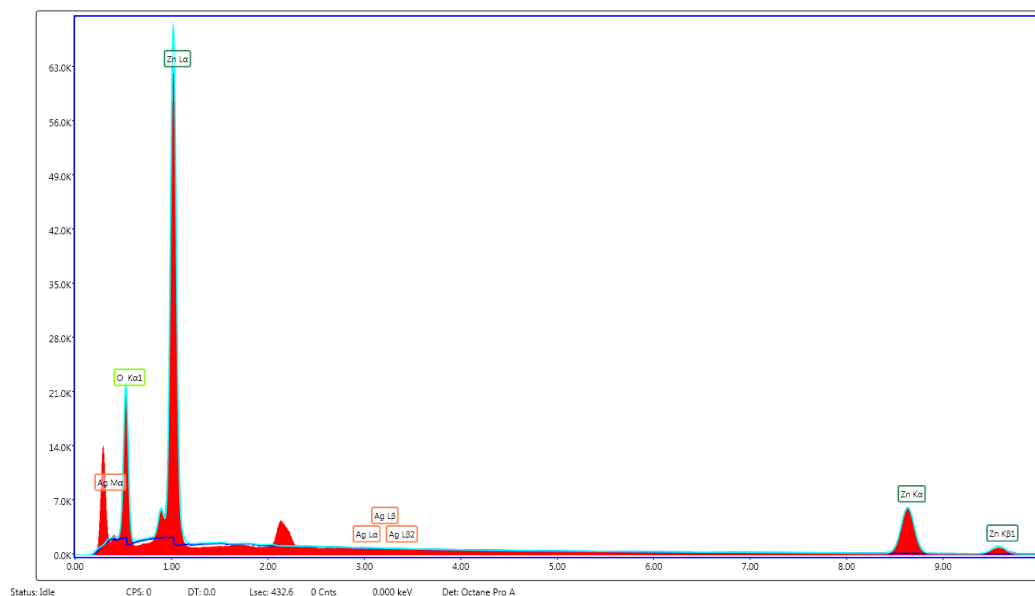
terikat pada substrat PMMA cenderung berkumpul di bagian yang memiliki energi permukaan terendah, yaitu di sekitar tepi dan sudut substrat. Suhu yang tinggi dapat meningkatkan mobilitas partikel dan memungkinkan lapisan ZnO-Ag untuk membentuk struktur yang lebih kompleks [51]. Pengaruh dari kombinasi kedua nanostruktur tersebut akan meningkatkan luas permukaan sensor sehingga akan mendeteksi lebih banyak partikel dan dapat meningkatkan sensitivitas sensor. Selain itu, bentuk struktur nano yang didominasi oleh nanoflakes dibandingkan nanoflower. Hal tersebut akan menyebabkan kinerja sensor yang lebih konduktif dan lebih selektif. Nanoflakes memiliki struktur yang lebih terbuka dibandingkan nanoflower sehingga akan menyediakan tempat lebih untuk perpindahan elektron.



Gambar 4.5 Morfologi Hasil SEM Pada Substrat ZnO-Ag; (a) Perbesaran 2.000x; (b) Perbesaran 5.000x; (c) Perbesaran 15.000x, dan (d) *cross section* perbesaran 10.000x.

Selain digunakan untuk mengamati bagian permukaan dari substrat, SEM juga digunakan untuk mengetahui morfologi internal dari lapisan. Dengan menggunakan *cross section* dapat diketahui susunan lapisan, ukuran partikel nano yang terbentuk, dan ketebalan lapisan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Choi, dkk (2020), semakin kecil ukuran nanopartikel maka akan semakin meningkatkan kinerja sensor dibandingkan dengan ukuran nanopartikel yang lebih besar. Berbanding lurus dengan ukuran nanopartikel, ketebalan lapisan yang semakin tipis juga akan menghasilkan nilai sensitivitas yang lebih tinggi daripada lapisan yang tebal [52]. Ketebalan lapisan ZnO-Ag yang tumbuh pada substrat PMMA adalah sebesar 2,068 μm .

Selain melakukan analisis morfologi, dilakukan juga pengujian EDS pada lapisan ZnO-Ag yang tumbuh pada substrat PMMA. Unsur yang paling mendominasi pada substrat PMMA yang dilapisi ZnO-Ag adalah Zn, kemudian disusul oleh O, dan terakhir adalah Ag. Hal tersebut sesuai karena penggunaan bahan pada proses sintesis didominasi oleh senyawa Zn.



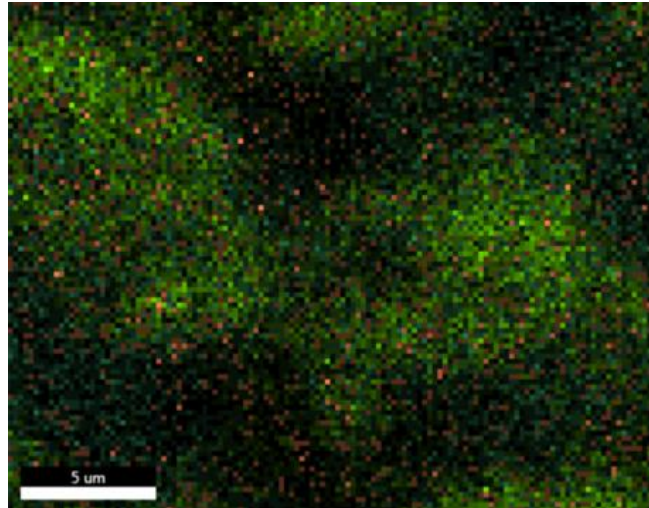
Gambar 4. 6 Hasil EDX Sampel Substrat ZnO-Ag.

Pada Tabel 4.1 ditampilkan data komposisi unsur penyusun fasa ZnO-Ag dengan unsur penyusunnya yaitu Zn, O, dan Ag. Pada fasa ZnO terbentuk kuantitas fasa sebesar 92,80wt% dengan komposisi Zn sebesar 67,14% dan O sebesar 32,86%. Kemudian pada fasa Ag terbentuk kuantitas fasa sebesar 7,20% dengan komposisi Ag sebesar 100%. Berdasarkan data tersebut, maka dapat diketahui bahwa penumbuhan lapisan tipis ZnO-Ag pada substrat PMMA telah berhasil dilakukan.

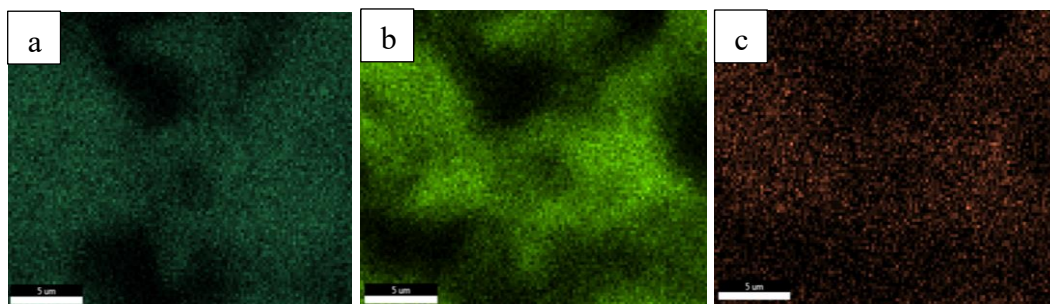
Tabel 4. 1 Komposisi Fasa ZnO-Ag

Fasa	Kuantitas Fasa (wt%)	Unsur (%)		
		Zn	O	Ag
ZnO	92,80	67,14	32,86	0
Ag	7,20	0	0	100

Selanjutnya dilakukan proses pemetaan unsur pada substrat ZnO-Ag. Proses pemetaan ini dilakukan dengan menggunakan hasil dari EDS. Gambar 4.6 menunjukkan hasil pemetaan unsur pada sampel substrat ZnO-Ag. Berdasarkan Gambar 4.6, dapat dilihat bahwa persebaran dari masing-masing unsur penyusun yaitu Zn, O, dan Ag telah tersebar secara merata. Persebaran unsur yang merata pada substrat ZnO-Ag dapat meningkatkan sensitivitas dari sensor yang akan difabrikasi [53].



Gambar 4. 7 Hasil Pemetaan EDX Substrat Sampel ZnO-Ag.



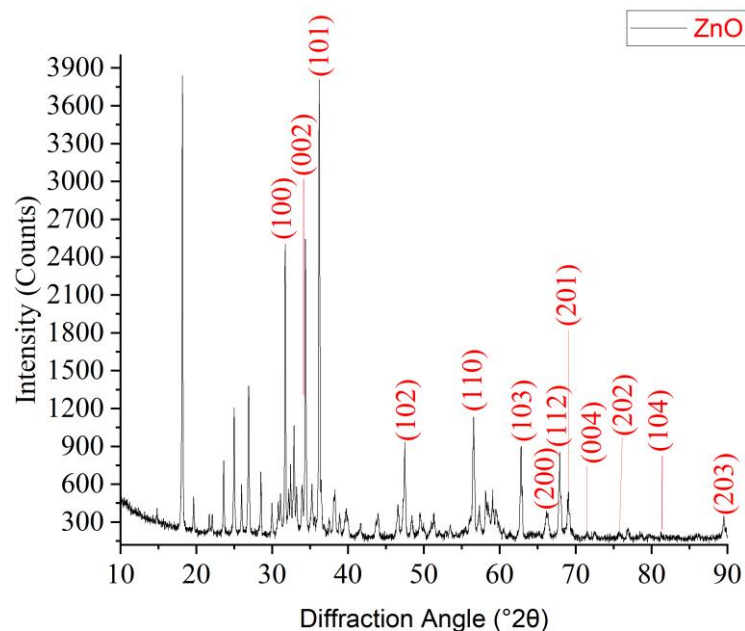
Gambar 4. 8 Pemetaan Persebaran Unsur Pada *Substrat*, (a) Zn; (b) O; dan (c) Ag

4.2 Karakterisasi XRD

Substrat PMMA yang telah ditumbuhi oleh lapisan tipis ZnO-Ag dikarakterisasi dengan menggunakan XRD. Karakterisasi XRD digunakan untuk mengetahui struktur kristal dan fasa yang terbentuk dari hasil sintesis ZnO-Ag. Analisa hasil karakterisasi XRD pada sampel ini menggunakan *software* Profex versi 5.2.8. Pada *software* memiliki fitur *match phases* yang akan membandingkan antara data pola difraksi sampel dengan pola difraksi yang terdapat pada pangkalan data *software* Profex versi 5.2.8 [54]. Hasil analisa menggunakan *software* tersebut ialah nilai *figure of merite* atau FoM yang merupakan parameter yang digunakan

untuk mengevaluasi kualitas data difraksi. Nilai FoM yang semakin tinggi memiliki kualitas hasil XRD yang semakin baik [55].

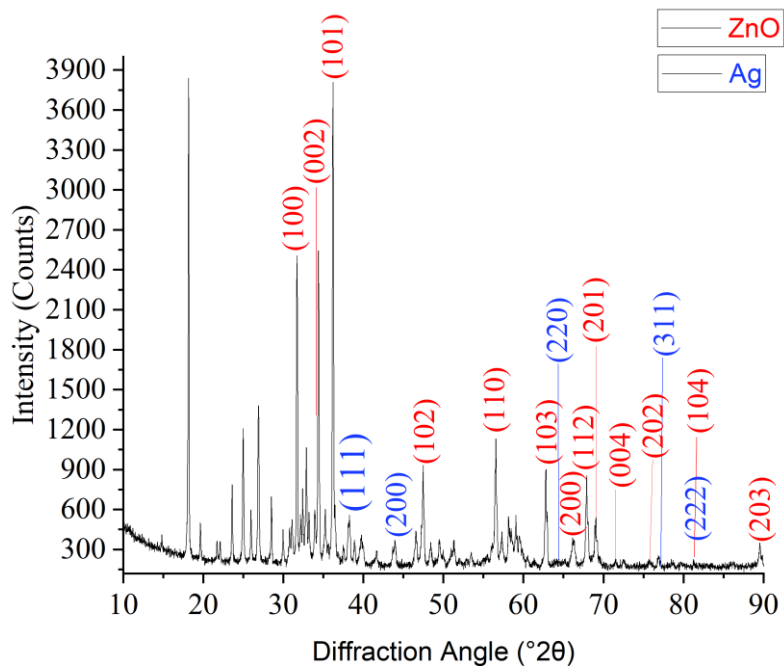
Indeks miller merupakan gambaran susunan atom, terutama bidang dan arah kisi. Indeks miller dibuat menjadi suatu system notasi yang terdiri dari h, k, dan l. Ketiga titik tersebut dipilih karena merupakan perpotongan antara satu titik kristal dengan titik lainnya sehingga membuat suatu bidang tertentu [56]. Indeks miller menentukan banyak hal dalam analisa XRD, salah satunya adalah menentukan sistem kristal yang dimiliki oleh suatu senyawa.



Gambar 4. 9 Pola Difraksi XRD Fasa ZnO.

Pada Gambar 4.9, menunjukkan beberapa puncak yang dapat dikenali sebagai fasa heksagonal dengan struktur wurtzite ZnO menurut ICSD 01-089-1397. Puncak-puncak XRD yang dihasilkan berada di sekitar sudut 2θ tersebut berada pada $31,737^\circ$; $34,379^\circ$, $36,215^\circ$; $47,484^\circ$; $56,536^\circ$; $62,777^\circ$; $66,304^\circ$; $67,868^\circ$; $69,009^\circ$; $72,465^\circ$; $76,867^\circ$; $81,270^\circ$; dan $89,492^\circ$. Puncak-puncak tersebut merupakan pola difraksi dari bidang kristal (100), (002), (101), (102), (110), (103),

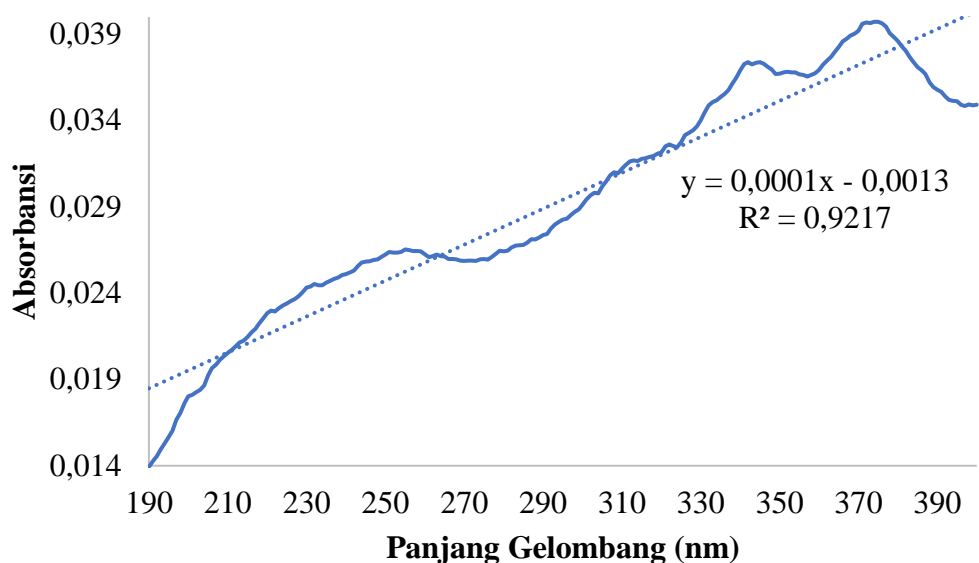
(200), (112), (201), (004), (202), (104), dan (203). Kemudian pada unsur Ag terbentuk pada puncak 38,115°; 44,299°; 64,443°; 77,397°; dan 81,541°. Berdasarkan referensi ICSD 64706 (PDF 01-087-0597), puncak-puncak tersebut merupakan pola difraksi dari bidang kristal (111), (200), (220), (311), dan (222). Fasa Ag terbentuk pada puncak-puncak yang lebih kecil dibandingkan puncak-puncak yang dimiliki ZnO. Hal tersebut disebabkan karena penggunaan massa awal Ag lebih kecil dibandingkan ZnO. Tinggi puncak XRD umumnya berbanding lurus dengan jumlah material yang dianalisis [57]. Hal ini berarti, semakin banyak massa bahan baku yang digunakan maka semakin tinggi puncak yang dihasilkan dalam pola XRD. Fasa sekunder yang dihasilkan pada penumbuhan lapisan tipis ZnO-Ag di atas substrat PMMA merupakan berunsur Ag. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.8 yang menampilkan puncak-puncak Ag yang cenderung lebih sedikit dan lebih kecil dibandingkan fasa utamanya yaitu ZnO.



Gambar 4. 10 Pola Difraksi XRD Fasa ZnO-Ag.

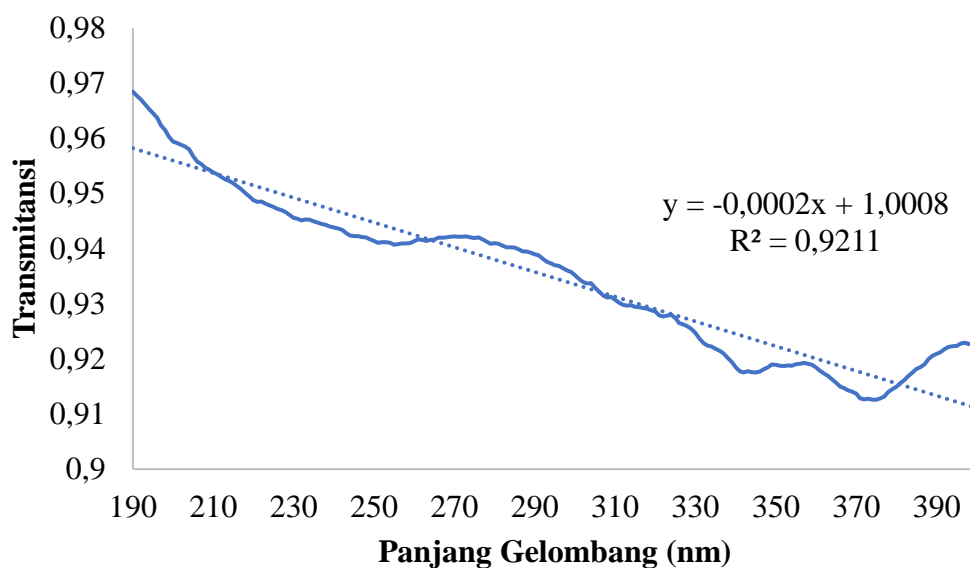
4.3 Karakterisasi UV-Vis

Ultraviolet visible spectroscopy merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai absorbansi, transmitansi, dan reflektansi. Nilai absorbansi atau spektrum serapan suatu material memiliki peran yang cukup penting dalam menentukan karakteristik lapisan yang dihasilkan. Berdasarkan nilai spektrum serapan tersebut, dapat dihitung nilai koefisien serapan (α) yang menunjukkan kemampuan material untuk menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu. Semakin besar nilai spektrum serapan suatu zat, maka semakin banyak cahaya yang diserap oleh material tersebut sehingga akan menghasilkan nilai absorbansi yang semakin besar. Hal tersebut menunjukkan bahwa panjang gelombang cahaya spesifik di mana suatu material menyerap cahaya paling kuat. Puncak ini muncul sebagai titik tertinggi pada grafik yang menggambarkan hubungan antara absorbansi material dengan panjang gelombang cahaya. Pada nilai absorbansi atau spektrum serapan material dihasilkan nilai puncak spektrum serapan sebesar 0,0306 pada panjang gelombang 373 nm. Hal tersebut menandakan bahwa cahaya maksimal yang dapat diserap oleh sampel ZnO-Ag terdapat pada panjang gelombang 373 nm sebesar 0,0306. Selain itu, didapatkan nilai R^2 pada data ini adalah sebesar 0,9217. Hal tersebut mengartikan bahwa frekuensi berpengaruh terhadap nilai absorbansi yang dihasilkan.



Gambar 4.11 Grafik Absorbansi Substrat ZnO-Ag.

Nilai transmitansi dari lapisan ZnO-Ag lebih tinggi dibandingkan lapisan ZnO yang hanya memiliki transmitansi maksimum sekitar 70%. Hal ini diduga karena terjadinya difusi ion Ag^+ kedalam kisi dari ZnO yang akan melewatkan cahaya pada panjang gelombang yang lebih tinggi. Suatu substrat tidak akan memiliki nilai transmitansi 100% karena itu malah menandakan bahwa substrat tersebut tidak terlapsi. Nilai R^2 merupakan koefisien determinasi yang menunjukkan kekuatan hubungan linear antara variabel independen (X) dan dependen (Y). Semakin mendekati 1 nilai R^2 , semakin baik model regresi linear dalam menjelaskan variasi nilai Y yang disebabkan oleh variabel X. Pada penelitian ini didapati nilai R^2 pada grafik transmitansi adalah 0,9211.

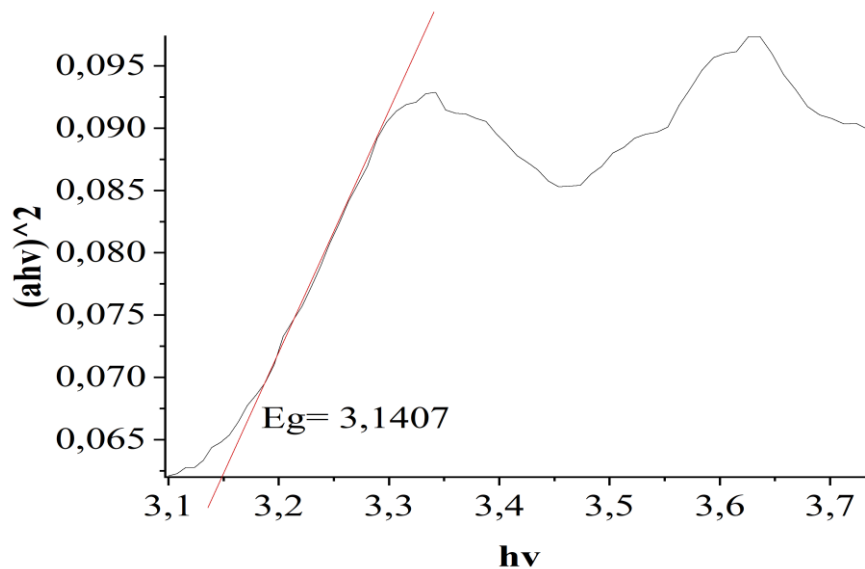


Gambar 4.12 Grafik Transmittansi Substrat ZnO-Ag.

Pada hasil karakterisasi UV Vis, didapatkan nilai absorbansi dan juga transmitansi. Berdasarkan data tersebut, dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai energi celah pita dari lapisan ZnO-Ag. Energi celah pita pada sensor ZnO-Ag memiliki beberapa peran yang penting untuk menentukan karakteristik dari sensor yang dihasilkan. Penentuan nilai energi celah pita dapat menggunakan metode *Tauc Plot*. Metode *Tauc plot* adalah sebuah metode penentuan celah pita optik dengan melihat grafik linear hubungan E (eV) pada sumbu-x dan $(\alpha h\nu)$ sumbu-y.

Rentang energi celah pita (band gap) semikonduktor umumnya berkisar antara 0,2 eV hingga 3,5 eV. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kalam dkk (2022), nilai energi celah pita ZnO adalah sebesar 3,37 eV [58]. Kemudian ketika dilakukan perhitungan nilai energi celah pita pada substrat ZnO-Ag didapatkan nilai sebesar 3,1407 eV. Berdasarkan hasil nilai tersebut, diketahui bahwa terjadi penurunan nilai energi celah pita ZnO setelah ditambahkan Ag.

Energi celah pita tersebut dapat menentukan energi yang dibutuhkan untuk teradsorpsi ke permukaan sensor, sehingga akan mempengaruhi sensitivitas dan selektivitas sensor. Semakin rendah nilai energi celah pita, semakin mudah energi cahaya tereksitasi untuk memindahkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi, menghasilkan lebih banyak muatan bebas. Energi celah pita ZnO juga berhubungan dengan konduktivitas termalnya. Penambahan Ag yang memiliki konduktivitas termal lebih tinggi dibandingkan ZnO dapat meningkatkan konduktivitas termal sensor.



Gambar 4.13 *Tauc Plot* Substrat ZnO-Ag.

4.4 Karakterisasi Sensor

Perkembangan teknologi di dunia dilandaskan pada kebutuhan manusia yang semakin beragam dan nilai efisiensinya. Sensor merupakan salah satu produk globalisasi untuk memudahkan pekerjaan manusia. Sensor memiliki banyak sekali karakteristik dan beragam pengaplikasiannya sesuai dengan karakter dan bahan yang digunakan pada saat fabrikasi. Terdapat banyak sekali jenis sensor yang telah

dikembangkan pada masa ini salah satunya yaitu sensor kapasitif. Menurut penelitian Daul, dkk (2021) sensor kapasitif banyak digunakan karena dapat mendeteksi sampel secara non-kontak [59]. Selain itu, sensor kapasitif juga menghasilkan akurasi yang cukup presisi, sehingga sensor kapasitif banyak digunakan dalam banyak industri. Sensor memiliki prinsip kerja yang berbeda-beda, sehingga menghasilkan data hasil yang tidak sama. Prinsip-prinsip teknologi sensor mencakup beragam jenis sensor, termasuk transduser resistif, induktif, kapasitif, dan piezoelektrik, yang digunakan untuk aplikasi tertentu [60].

Pada penelitian ini, substrat PMMA yang telah berhasil ditumbuhkan lapisan ZnO-Ag kemudian dirangkai menjadi sensor. Substrat tersebut diletakkan di dalam *chamber box* dan kemudian disambungkan dengan kabel koaksial agar sinyal dapat terukur dengan menggunakan alat VNA. Selanjutnya VNA akan menghasilkan data berupa *DUT imaginary* dan *DUT real*. *DUT imaginary* mewakili fase sinyal yang diukur, sedangkan *DUT real* mewakili magnitudo sinyal yang diukur. Nilai tersebut kemudian dikonversi menjadi nilai impedansi dengan menggunakan rumus

$$Z = \sqrt{\text{Real}^2 + \text{Imajiner}^2} \dots \dots \dots (4.1)$$

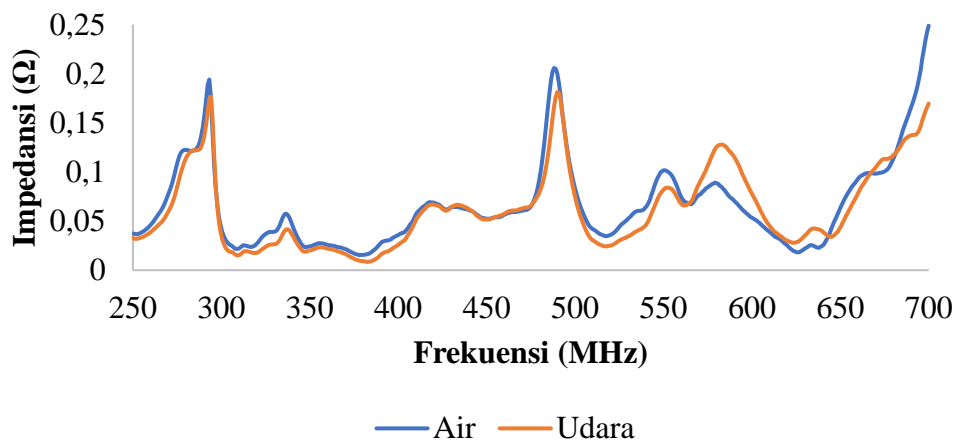
Penggunaan sensor yang telah dirangkai tersebut diawali dengan mengukur udara dan air. Hal tersebut dikarenakan nilai permitivitas dielektrik udara dan air memiliki perbedaan yang sangat signifikan. Oleh karena itu, untuk mengetahui apakah sensor tersebut bekerja dengan baik atau tidak, perlu dilakukan suatu pengujian dengan media dasar yang telah diketahui nilainya. Pada temperatur dan tekanan ruang, air memiliki permitivitas 80x lebih tinggi dibandingkan udara. Hal

tersebut dikarenakan permitivitas air dipengaruhi oleh struktur molekulnya. Adanya ikatan hidrogen di dalam air menyebabkan peningkatan momen lokal rata-rata dan penyelarasan dipol molekul, sehingga menyebabkan konstanta dielektriknya menjadi lebih besar.

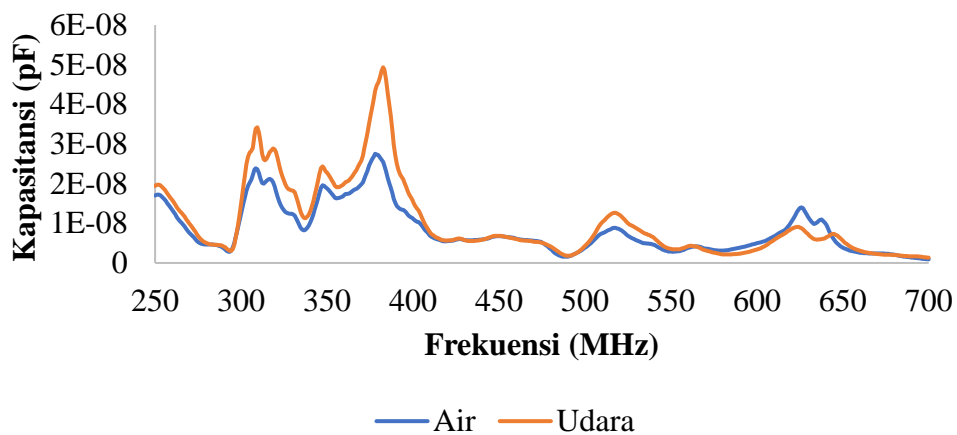
Permitivitas memiliki pengaruh terhadap besaran nilai impedansi dan kapasitansi yang dihasilkan. Permitivitas merupakan besaran yang menggambarkan kemampuan suatu material untuk menyimpan energi listrik. Oleh karena itu, permitivitas akan berbanding terbalik dengan impedansi dan akan berbanding lurus dengan kapasitansi. Air merupakan konduktor karena dapat menghantarkan listrik dengan baik, sedangkan udara adalah isolator. Air dapat menghantarkan listrik karena adanya molekul polar dan ion terlarut yang dapat bergerak bebas. Di sisi lain, udara tidak dapat menghantarkan listrik karena molekulnya nonpolar dan tidak ada ion terlarut. Oleh karena itu, air cenderung akan memiliki nilai impedansi yang lebih rendah dibandingkan udara. Impedansi merupakan besaran kompleks yang digunakan untuk mengukur penolakan suatu rangkaian listrik terhadap arus bolak-balik (AC), sehingga semakin tinggi impedansi, semakin kecil arus yang mengalir.

Pada penelitian ini, sensor ZnO-Ag yang telah dirangkai dikarakterisasi dengan menggunakan 3 variasi rentang frekuensi yang berbeda, yaitu 250-700 MHz, 1-1000 MHz, dan 1000-6000 MHz untuk mengetahui pada frekuensi mana sensor dapat bekerja secara optimal. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data pada rentang frekuensi 250-700 MHz. Pemilihan rentang frekuensi tersebut didasarkan pada proses *trial* dan didapatkan nilai impedansi dan kapasitansi dari air dan udara yang lebih baik pendeteksiannya pada rentang frekuensi tersebut. Selain itu, pemilihan rentang frekuensi tersebut juga didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh Leng, dkk (2019) yang menunjukkan bahwa semakin rendah

frekuensi pengukuran maka akan menghasilkan nilai impedansi yang lebih tinggi karena bersifat isolator [2]. Pada penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa daging dengan kualitas yang baik akan menghasilkan nilai impedansi yang lebih tinggi. Karena dengan memiliki impedansi yang tinggi memiliki arti bahwa kandungan air dalam daging tidak terlalu banyak sehingga daging tersebut dapat dikatakan dalam kondisi baik.



Gambar 4. 14 Kurva Impedansi Air dan Udara pada Frekuensi 250-700 MHz.



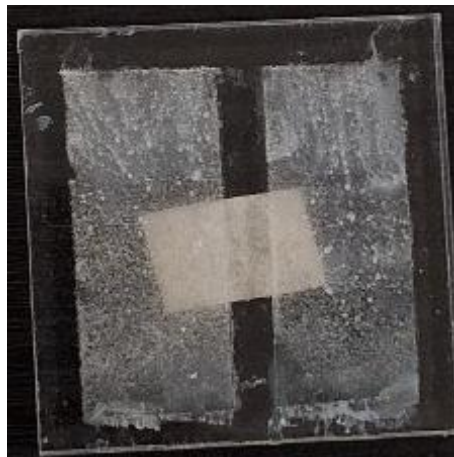
Gambar 4. 15 Kurva Kapasitansi Air dan Udara pada Frekuensi 250-700 MHz.

Pada penelitian yang telah dilakukan, didapatkan anomali hasil pengukuran karakterisasi sensor. Nilai impedansi air yang didapatkan pada pengukuran tersebut cenderung lebih tinggi dibandingkan udara. Hasil yang kurang sesuai juga didapatkan pada nilai kapasitansi air yang cenderung lebih rendah dibandingkan kapasitansi udara. Ketidaksesuaian tersebut disebabkan oleh beberapa hal yaitu, proses kalibrasi yang kurang baik, dan juga pengaruh lingkungan pada saat proses pengukuran. Namun, pada pengukuran yang telah dilakukan pada rentang frekuensi lain dan dihari yang berbeda, didapati bahwa terdapat frekuensi *state* dari sensor ZnO-Ag yaitu pada rentang frekuensi 564-644 MHz. Oleh karena itu, analisis data pada variasi daging akan difokuskan pada rentang frekuensi tersebut.

4.5 Uji Performa Sensor

Identifikasi daging secara manual umumnya dapat diidentifikasi dengan melihat warna dan baunya. Namun terdapat beberapa penjual curang yang mengatasi hal tersebut dengan memberikan bahan tambahan agar jenis dan kualitas daging menjadi lebih baik. Hal tersebut dapat merugikan konsumen, sehingga dibutuhkan bantuan alat untuk proses identifikasi daging tersebut. Terdapat beberapa alat pendeteksi jenis daging yang sudah dikomersilkan, yaitu DM300. Namun alat tersebut hanya dapat mendeteksi kualitas daging berdasarkan kelembaban dan aromanya. Selain itu, alat yang sudah dikomersilkan tersebut juga memiliki harga pasaran yang cukup tinggi. Melihat pada kinerja dan ketersediaan alat tersebut, sensor ZnO-Ag ini menawarkan beberapa kemudahan, diantaranya yaitu proses pendeteksiannya yang cepat dan harga produknya yang murah.

Pada penelitian ini telah dilakukan proses perakitan sensor pengidentifikasi daging dengan menggunakan lapisan ZnO-Ag. Lapisan tersebut ditumbuhkan di atas substrat PMMA yang kemudian dilapisi dengan cat bening untuk membatasi antara lapisan ZnO-Ag dengan sampel daging yang dideteksi. Batasan antara lapisan ZnO-Ag dengan sampel daging tersebut merupakan penerapan sensor ZnO-Ag yang bekerja dengan prinsip kapasitif. Sensor ZnO-Ag bekerja dengan memanfaatkan medan listrik yang terjadi pada saat terjadinya perubahan kapasitansi antar elektroda. Medan listrik tersebut akan dipengaruhi oleh distribusi lapisan ZnO-Ag pada permukaan substrat, sehingga dibutuhkan lapisan yang merata pada keseluruhan bagian substrat yang digunakan.



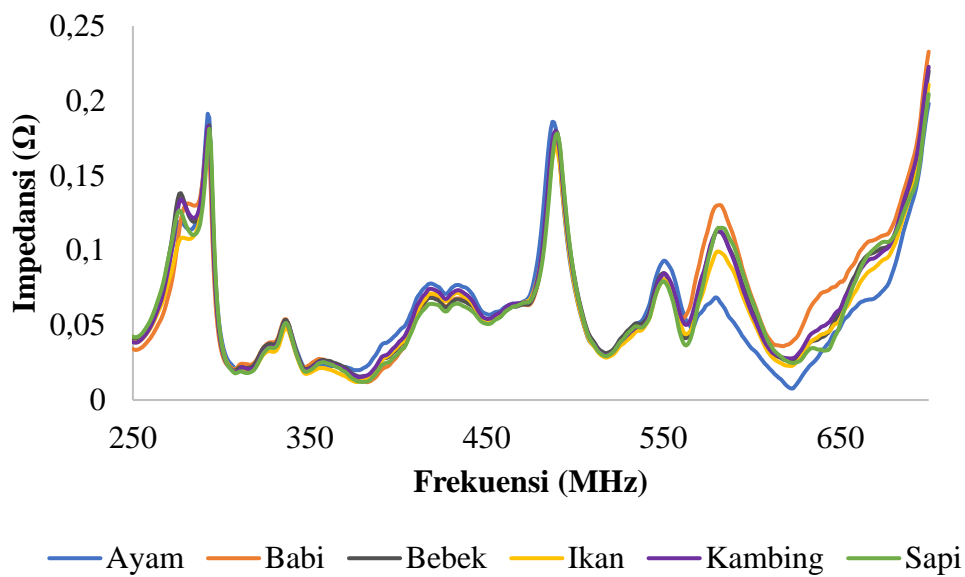
Gambar 4. 16 Substrat PMMA yang Dilapisi ZnO-Ag dengan Metode *Spin Coating*.

Berdasarkan Gambar 4. 16, lapisan ZnO-Ag yang tumbuh pada substrat PMMA terlihat cukup merata pada keseluruhan bagian substrat. Hal tersebut dikarenakan pada saat proses *seeding*, larutan prekursor yang digunakan akan tersebar merata melalui gaya sentripetal, sehingga menghasilkan ketebalan film yang merata. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ke, dkk (2021), lapisan yang

merata tersebut akan menghasilkan nilai sensitivitas sensor yang lebih tinggi [61]. Hal tersebut menambah salah satu kelebihan sensor ZnO-Ag dibandingkan sensor pendeteksi lainnya. Selain sensitivitas yang tinggi, sensor ZnO-Ag dapat diproduksi dengan biaya yang rendah namun memiliki ketahanan yang cukup tinggi.

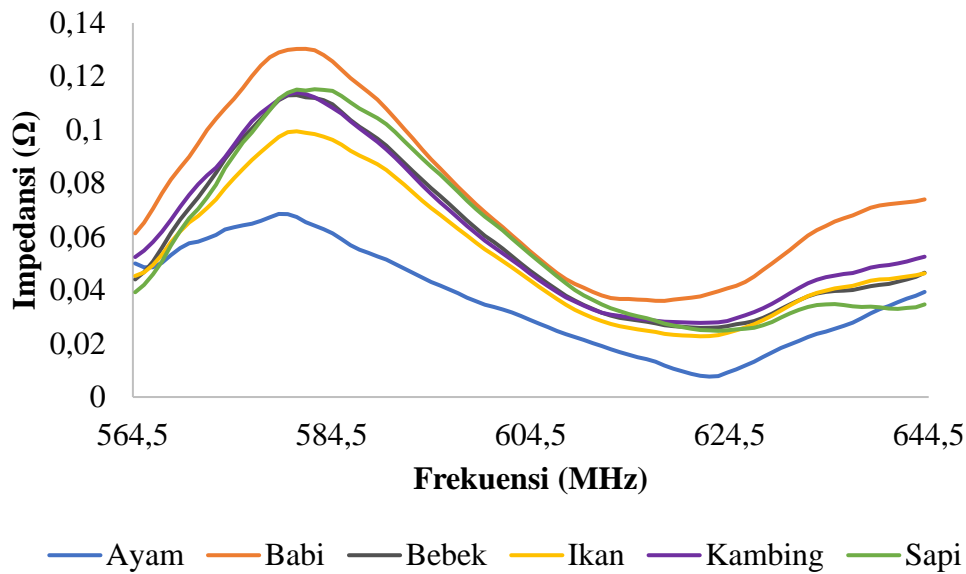
Uji performa sensor merupakan salah satu tahapan yang dilakukan untuk mengetahui apakah sensor dapat membedakan media yang akan dideteksi. Pada penelitian ini, sampel uji adalah berupa daging mentah dari beberapa jenis daging putih dan daging merah. Variasi daging putih yang digunakan pada penelitian ini adalah daging ayam, bebek, dan ikan, sedangkan variasi daging merah yang digunakan adalah babi, kambing, dan sapi. Jenis variasi daging yang digunakan tersebut merupakan beberapa jenis daging yang umum dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia.

Sensor ZnO-Ag akan melakukan pengukuran nilai variasi daging pada rentang frekuensi 250-700 MHz. Impedansi merupakan besaran kompleks yang mewakili perlawanan terhadap aliran arus bolak-balik (AC) dan terdiri dari komponen *real* berupa nilai resistif dan imajiner berupa nilai reaktif. Proses pengukuran dilakukan dengan menempatkan sampel daging pada sensor dan mencatat nilai berupa DUT *real* dan DUT imajiner pada rentang frekuensi yang sama yang digunakan untuk karakterisasi sensor. Interaksi antara lapisan ZnO-Ag dengan sampel daging yang digunakan akan menimbulkan terjadinya transfer elektron antara sampel daging dan permukaan sensor. Medan listrik menginduksi polarisasi molekul dalam sampel daging, khususnya molekul polar seperti air dan protein, sehingga akan menghasilkan nilai impedansi dan kapasitansi yang berbeda pada berbagai jenisnya.



Gambar 4. 17 Kurva Impedansi Variasi Daging.

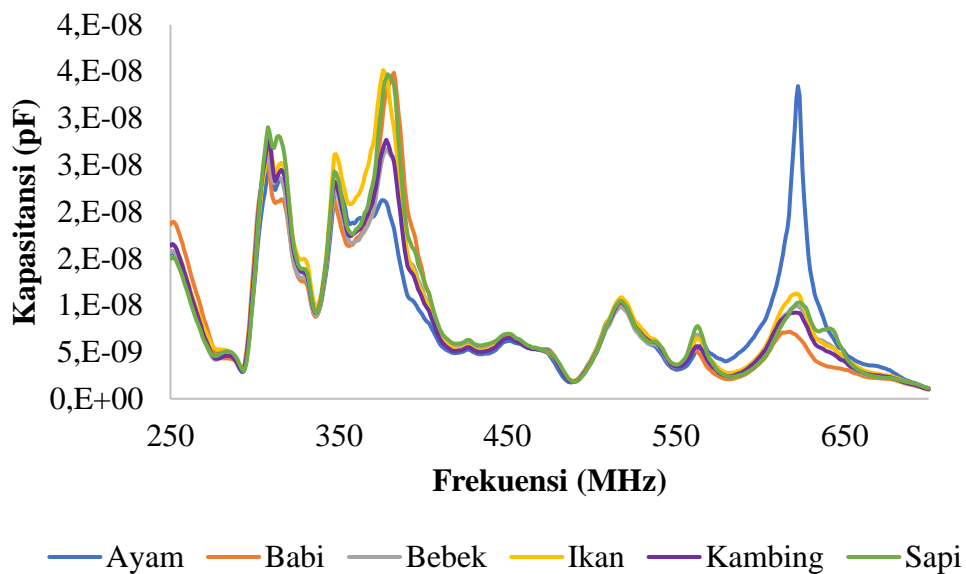
Berdasarkan Gambar 4.17, diketahui bahwa sensor ZnO-Ag dapat mendeteksi perbedaan nilai impedansi daging. Pada rentang frekuensi 300-365 MHz didapatkan tren grafik yang cenderung sama pada keenam variasi daging. Fenomena terjadinya tren grafik yang sama tersebut bisa disebut sebagai frekuensi resonansi. Resonansi terjadi pada rangkaian AC ketika efek dari dua reaktansi yang berlawanan dan sama besar, saling menghilangkan sebagai $X_L = X_C$. Selain itu, sensor tersebut dapat mendeteksi variasi daging secara signifikan pada rentang frekuensi 564-644 MHz. Hal tersebut sesuai dengan rentang frekuensi pada karakterisasi sensor yang telah dilakukan. Pada rentang frekuensi tersebut juga dideteksi nilai impedansi air yang lebih rendah dibandingkan udara. Oleh karena itu, dilakukan analisis uji performa variasi daging pada rentang frekuensi tersebut.



Gambar 4. 18 Kurva Impedansi Variasi Daging pada Frekuensi Kerja.

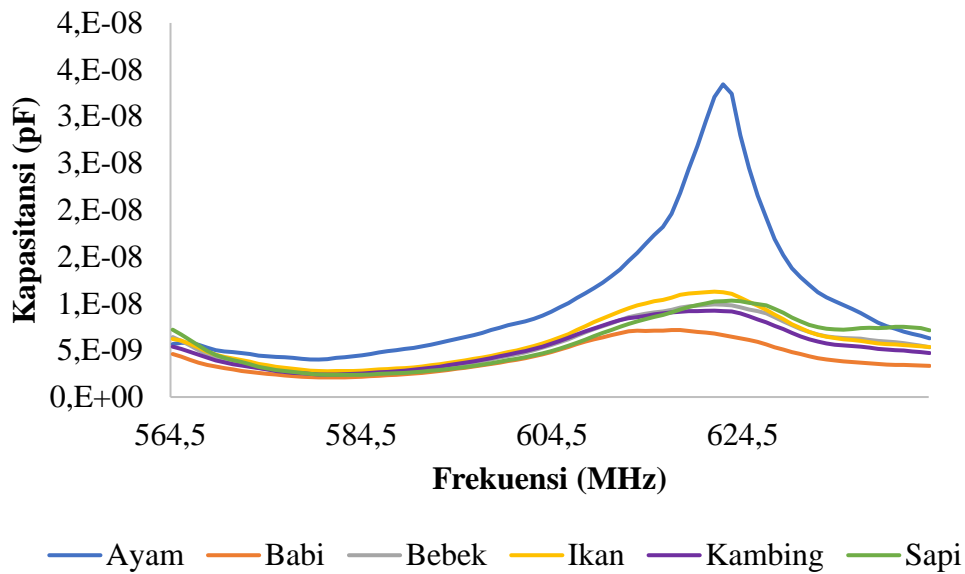
Gambar 4.18 menunjukkan perbedaan nilai impedansi pada variasi daging. Nilai impedansi dari terkecil hingga terbesar dimiliki oleh daging ayam, ikan, bebek, kambing, sapi, dan babi. Daging ayam, ikan, dan bebek merupakan jenis daging putih, sedangkan daging kambing, sapi, dan babi merupakan jenis daging merah. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Erfiza dkk (2018) yang menyatakan bahwa semakin tinggi kandungan lemak daging maka akan semakin rendah kandungan airnya [62]. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi kandungan lemak yang dimiliki oleh daging, maka akan semakin banyak jaringan ikat yang dimiliki oleh daging tersebut. Umumnya daging merah memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi dibandingkan dengan daging putih. Hubungan antara nilai impedansi daging dengan kandungan air ialah berbanding terbalik. Semakin tinggi kandungan air di dalam daging, maka akan dihasilkan nilai impedansi yang lebih rendah. Untuk memvalidasi data impedansi pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18, maka dapat dihitung nilai kapasitansinya. Menurut literatur

yang ditulis oleh Yang dan Chung (2018), nilai kapasitansi akan berbanding lurus dengan kandungan air. Semakin tinggi kandungan air yang dimiliki oleh daging, maka akan menghasilkan nilai kapasitansi yang semakin tinggi. Oleh karena itu, nilai impedansi dan kapasitansi akan berbanding terbalik [63].



Gambar 4. 19 Kurva Kapasitansi Variasi Daging.

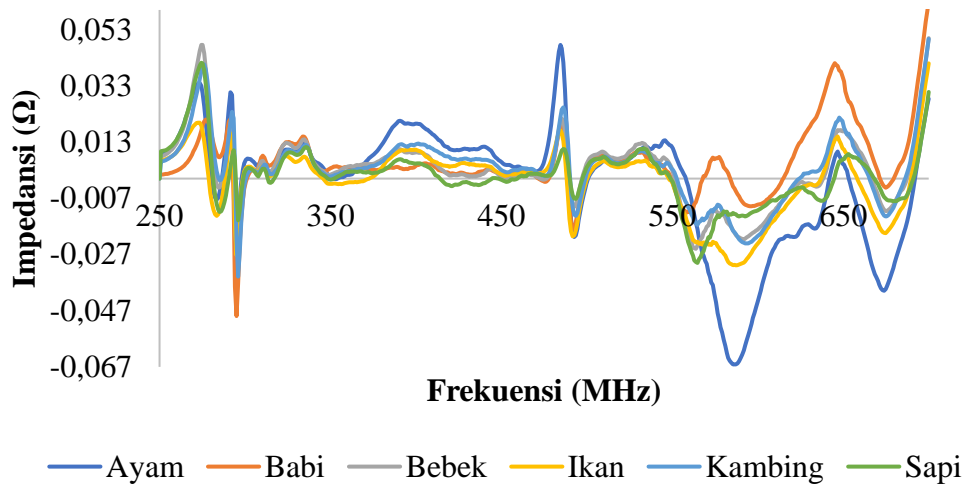
Berdasarkan Gambar 4.19 didapati kurva kapasitansi variasi daging yang nilainya berbanding terbalik dengan kurva impedansi daging. Pada kurva kapasitansi, frekuensi resonansi terjadi pada rentang frekuensi 470-550 MHz. Perbedaan frekuensi resonansi antara nilai impedansi dan kapasitansi dapat terjadi karena keduanya merupakan dua besaran yang berbeda. Namun, terdapat persamaan pada frekuensi *state* yaitu pada rentang frekuensi 550-650 MHz.



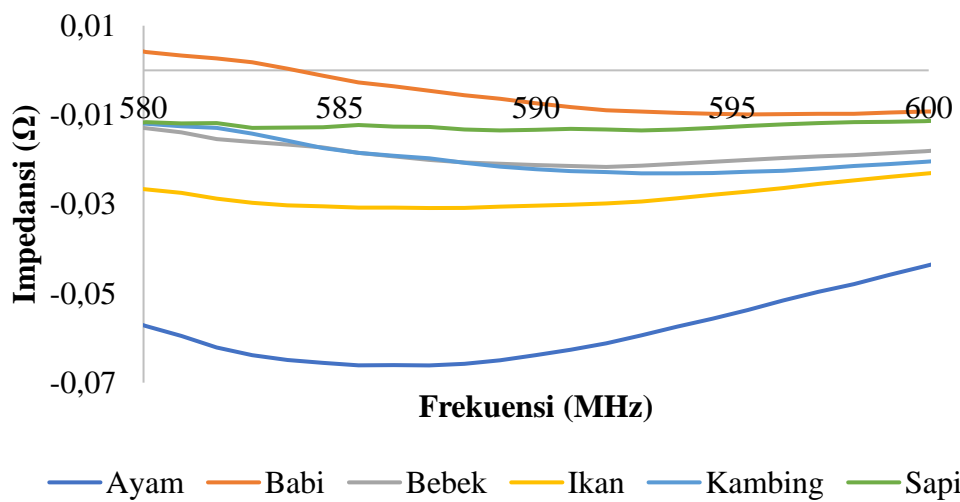
Gambar 4. 20 Kurva Kapasitansi Variasi Daging pada Frekuensi Kerja.

Berdasarkan Gambar 4.20, dapat diketahui bahwa nilai kapasitansi tertinggi dimiliki oleh daging ayam. Daging ayam umumnya memiliki kandungan air yang lebih tinggi sehingga akan menghasilkan kurva kapasitansi yang lebih tinggi dibandingkan jenis daging lainnya. Daging babi umumnya memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi sehingga membuat daging tersebut memiliki kadar air yang lebih sedikit.

Grafik pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 merupakan data grafik asli dari daging. Untuk mengetahui nilai murni dari daging tanpa keterlibatan udara dapat dilakukan dengan proses normalisasi. Pada normalisasi yang dilakukan, data impedansi pada sampel dikurangi data udara. Sensor ZnO-Ag merupakan sensor yang sensitif terhadap kelembaban dan temperatur. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses normalisasi agar dapat diketahui nilai impedansi dan kapasitansi variasi daging tanpa pengaruh udara.



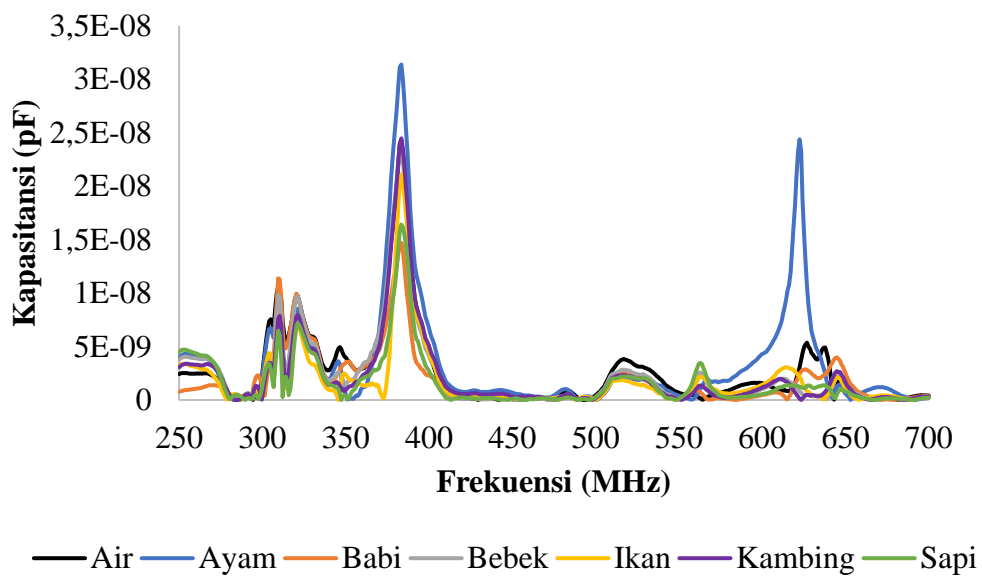
Gambar 4.21 Kurva Normalisasi Impedansi Variasi Daging.



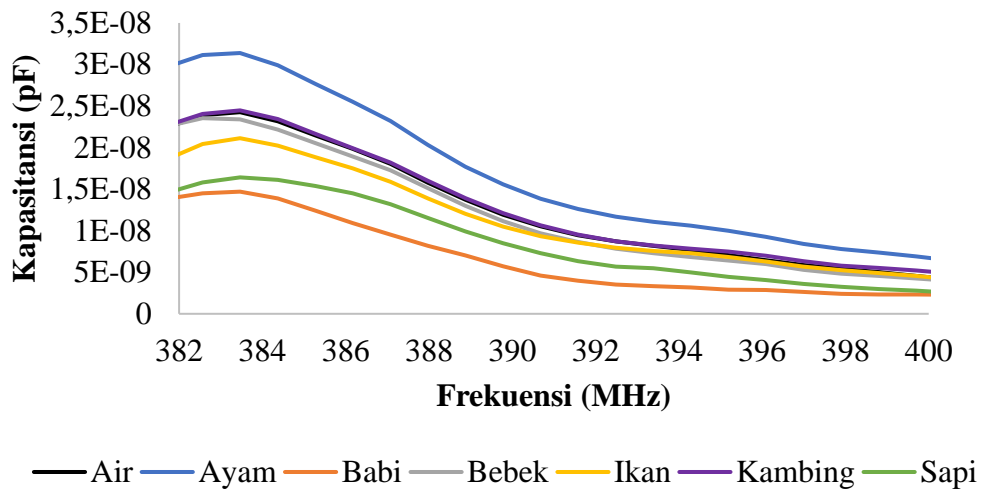
Gambar 4.22 Kurva Normalisasi Impedansi Variasi Daging Pada Frekuensi Resonansi.

Berdasarkan Gambar 4.21 dan Gambar 4.22, diketahui bahwa nilai impedansi variasi daging setelah dinormalisasi memiliki pola puncak tertinggi pada rentang frekuensi 580-600 MHz. Pada rentang frekuensi tersebut air juga memiliki pola yang sama dengan variasi daging. Hal tersebut memiliki arti bahwa pada rentang frekuensi tersebut air dan variasi daging mencapai frekuensi resonansi.

Pada frekuensi resonansi ini, rentang nilai yang dihasilkan oleh sensor akan diserap secara efisien oleh daging, menghasilkan pembacaan yang konsisten terlepas dari variasi komposisi. Puncak impedansi normalisasi yang paling terendah terdapat pada nilai impedansi normalisasi daging ayam. Nilai impedansi normalisasi daging ayam lebih rendah dibandingkan air karena kandungan air dalam ayam lebih banyak dan lebih kompleks dengan kompleksnya komposisi kimia dan struktur jaringan yang dimilikinya. Selain itu, juga didapatkan nilai impedansi normalisasi tertinggi pada daging babi.



Gambar 4. 23 Kurva Normalisasi Kapasitansi Variasi Daging.



Gambar 4. 24 Kurva Normalisasi Kapasitansi Variasi Daging Pada Frekuensi Resonansi.

Gambar 4.23 dan Gambar 4.24 menunjukkan hasil kapasitansi normalisasi dari berbagai variasi daging dengan puncak tertinggi secara berturut-turut dimiliki oleh daging ayam, kambing, bebek, ikan, sapi, dan babi. Daging bebek dan kambing memiliki nilai impedansi maupun kapasitansi yang cenderung mirip. Hal tersebut dikarenakan struktur sel daging bebek dan daging kambing memiliki kesamaan. Sel-sel pada kedua jenis daging ini memiliki membran sel yang bertindak sebagai kapasitor alami. Kapasitansi membran sel ditentukan oleh luas permukaannya, ketebalannya, dan permitivitasnya. Karena struktur sel bebek dan kambing memiliki kesamaan, maka kapasitansi membran selnya pun kemungkinan besar hampir sama. Daging ayam memiliki kandungan air yang cukup tinggi karena merupakan jenis daging putih yang memiliki sedikit stuktur jaringan ikat. Semakin sedikit jaringan ikat yang dimiliki oleh daging, maka akan menghasilkan karakteristik daging yang semakin empuk sehingga pengolahan dan masa simpannya lebih sebentar dibandingkan daging dengan jaringan ikat yang lebih besar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan, diantaranya yaitu:

1. Lapisan ZnO-Ag dapat ditumbuhkan di atas substrat PMMA dengan metode *spin coating* dan *chemical bath deposition*. Struktur nano yang terbentuk pada lapisan tersebut didominasi oleh *nanoflowers* dan pada beberapa bagian terdapat struktur *nanoflakes*. Puncak tertinggi ZnO terletak pada $36,215^\circ$ pada bidang kristal [1 0 1], sedangkan puncak tertinggi Ag terletak pada $38,115^\circ$ pada bidang kristal [1 1 1]. Nilai puncak spektrum serapan pada lapisan tersebut adalah 0,0306 dengan nilai transmitansi sebesar 0,9684 dan energi celah pita yang didapatkan sebesar 3,1407 eV.
2. Sensor ZnO-Ag tersebut dapat mendeteksi perbedaan impedansi dari berbagai macam variasi daging. Daging yang memiliki nilai impedansi tertinggi pada frekuensi *state* secara berturut-turut adalah daging babi 0,1256 Ω , sapi 0,1145 Ω , kambing 0,1082 Ω , bebek 0,1095 Ω , ikan 0,09629 Ω , dan ayam 0,0612 Ω .

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya agar penelitian ini dapat dikembangkan dan diperbaiki. Berikut merupakan saran untuk penelitian selanjutnya

1. Menganti substrat yang digunakan.
2. Menggunakan variasi lama waktu *spin coating* dan *chemical bath deposition* untuk mendapatkan hasil sintesis yang lebih tipis.
3. Menggunakan variasi daging yang sudah dimasak untuk mengetahui apakah terjadi perubahan nilai impedansi pada variasi daging setelah proses pengolahan
4. Menggunakan konsentrasi bahan *seeding* dan *growing* yang berbeda untuk mengetahui pengaruhnya terhadap lapisan tipis yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. H G dan Dr. H. V Byregowda, “Advantages of Spin Coating Over Other Coating Techniques in the Formation of Superhydrophobic Surfaces,” *Int J Eng Adv Technol*, vol. 12, no. 2, hlm. 22–33, Des 2022, doi: 10.35940/ijeat.B38921212222.
- [2] Y. Leng, Y. Sun, X. Wang, J. Hou, X. Bai, dan M. Wang, “A method to detect water-injected pork based on bioelectrical impedance technique,” *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 13, no. 2, hlm. 1341–1348, Jun 2019, doi: 10.1007/s11694-019-00049-z.
- [3] Mw. Aminullah, H. Setiawan, A. Huda, H. Samaulah, S. Haryati, dan Md. Bustan, “Pengaruh Komposisi Material Semikonduktor Dalam Menurunkan Energi Band Gap dan Terhadap Konversi Gelombang Mikro,” *EECCIS*, vol. 13, no. 2, hlm. 65–70, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnaleccis.ub.ac.id/>
- [4] N. Aprilia Amanda, L. Safriani, A. Aprilia, dan A. Bahtiar, “Pengaruh Jenis Prekursor Terhadap Karakteristik Partikel ZnO Beserta Pengujian Sifat Fotokatalitiknya,” 2022.
- [5] N. Hasim, E. Dan, dan H. Sutanto, “Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Optik Lapisan Tipis Zinc Oxide (ZnO) Yang Dideposisi Diatas Substrat Kaca Dan Aplikasinya Untuk Mendegradasi Pewarna Methylene Blue,” 2014.
- [6] N. Hasim, E. Dan, dan H. Sutanto, “Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Optik Lapisan Tipis Zinc Oxide (ZnO) Yang Dideposisi Diatas Substrat Kaca Dan Aplikasinya Untuk Mendegradasi Pewarna Methylene Blue,” 2014.
- [7] H. Zhang, S. Krooswyk, dan J. Ou, “Measurement and data acquisition techniques,” *High Speed Digital Design*, hlm. 199–219, Jan 2015, doi: 10.1016/B978-0-12-418663-7.00005-8.

- [8] J. Siregar, S. Novika, D. Wahyuni, Abdul, dan M. Rambe, “Struktur Kristal Dan Morfologi Nanokomposit Fe₃O₄-ZnO,” 2022.
- [9] A. Zhafirah, “Studi Struktur Kristal, Morfologi, Dan Sifat Optik Film Tipis ZnO Doping Mg Yang Dideposisikan Dengan Metode Sol-Gel Spin Coating,” 2019.
- [10] R. Y. Lubis, “Karaterisasi Struktur Kristal ZnO Dengan Doping Mn Menggunakan Alat X-Ray Diffraction,” 2020.
- [11] S. L. Patty, “Karakteristik Fosfat, Nitrat Dan Oksigen Terlarut Di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara,” *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis* , vol. 2, no. 1, hlm. 1–7, 2015.
- [12] A. Purwanto, D. Ratnasari, dan A. B. Suryono, “Pembuatan Nanopartikel Seng Oksida (ZnO) Menggunakan Proses Flame Assisted Spray Pyrolysis (FASP),” vol. 13, no. 1, hlm. 17–21, 2014.
- [13] Y. Yunita, N. Nurlina, dan I. Syahbanu, “Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Penambahan Ekstrak Klorofil sebagai Capping Agent,” *POSITRON*, vol. 10, no. 2, hlm. 44, Des 2020, doi: 10.26418/positron.v10i2.42136.
- [14] R. M. P. Gutierrez, J. V. M. Mendez, dan I. A. Vazquez, “A novel approach to the oral delivery of bionanostructures for systemic disease,” *Nanostructures for Oral Medicine*, hlm. 27–59, Jan 2017, doi: 10.1016/B978-0-323-47720-8.00002-X.
- [15] R. Augustine dan A. Hasan, “Multimodal applications of phytonanoparticles,” *Phytonanotechnology: Challenges and Prospects*, hlm. 195–219, Jan 2020, doi: 10.1016/B978-0-12-822348-2.00011-5.
- [16] L. Suhaimi, A. H. Yuwono, dan A. Subhan, “Pengaruh Perlakuan Hidrotermal Terhadap Morfologi, Sifat Optik, Dan Sifat Listrik Lapisan Tipis Nanorods ZnO,” 2020. [Daring]. Tersedia pada: www.ejurnalmaterialmetalurgi.com
- [17] K. C. Rathod, P. D. Kamble, K. R. Sanadi, G. S. Kamble, M. L. Guar, dan K. M. Garadkar, “Photovoltaic Application Study of Zinc Telluride Thin Films Grown by Chemical Bath Deposition Method,” *Advances in Materials*

Physics and Chemistry, vol. 11, no. 08, hlm. 131–144, 2021, doi: 10.4236/ampc.2021.118013.

- [18] A. Z. Arsad *dkk.*, “Effect of Chemical Bath Deposition Variables on the Properties of Zinc Sulfide Thin Films: A Review,” *Molecules*, vol. 28, no. 6. MDPI, 1 Maret 2023. doi: 10.3390/molecules28062780.
- [19] P. A. Septian Eka dan N. Putu Sri Ayuni, “Fabrikasi Film Tipis ZnO dengan Metode Spincoating Assisted Chemical Bath Deposition (SA-CBD) sebagai Alternatif Semikonduktor pada Dye-sensitized Solar Cells (DSSC),” *Wahana Matematika dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*, vol. 15, no. 3, hlm. 98–105, 2021.
- [20] R. Voo, M. Mariatti, dan L. C. Sim, “Properties of epoxy nanocomposite thin films prepared by spin coating technique,” *Journal of Plastic Film and Sheeting*, vol. 27, no. 4, hlm. 331–346, Okt 2014, doi: 10.1177/8756087911419745.
- [21] N. Novianti, R. V Manurung, dan A. Arifin, “Screen Printed-Carbon Electrode Modifikasi Bismut untuk Analisis Kadmium dengan Voltametri Siklik,” *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, vol. 10, no. 1, hlm. 65, Apr 2020, doi: 10.22146/ijeis.54138.
- [22] H. Hermawansa dan T. U. Kalsum, “Analisis Kinerja Sensor Pada Robot Pendeteksi Kotoran Debu Dan Air,” *ILKOM Jurnal Ilmiah*, vol. 11, no. 1, hlm. 53–58, Mei 2019, doi: 10.33096/ilkom.v11i1.405.53-58.
- [23] V. Rahmadhani, W. Arum, U. Bhayangkara, dan J. Raya, “Literature Review Internet Of Think (IOT): Sensor, Konektifitas dan QR Code,” vol. 3, no. 2, 2022, doi: 10.38035/jmpis.v3i2.
- [24] D. Aribowo, G. Priyogi, dan S. Islam, “Aplikasi Sensor LDR (Light Dependent Resistor) Untuk Efisiensi Energi Pada Lampu Penerangan Jalan Umum,” *PROSISKO*, vol. 9, no. 1, hlm. 21–29, 2022.
- [25] O. Choirunnisak, A. E. Mulyono, Y. Pradana, dan R. Nuryadi, “Pengembangan Sensor Kapasitif Berbasis Perubahan Fasa untuk Mengukur Kadar Air dalam Biodiesel Development of Phase Shift-Based Capacitive Sensors to Measure Water Content in Biodiesel,” 2021.

- [26] B. E. Cahyono, M. Misto, dan F. Hasanah, “Karakterisasi Sensor Kapasitif Untuk Penentuan Level Aquades,” *Rekayasa Energi Manufaktur*, vol. 1, no. 2, hlm. 9, Des 2016, doi: 10.21070/r.e.m.v1i2.583.
- [27] R. Setiawan, M. Rivai, dan Suwito, “Implementasi Analog Front End Pada Sensor Kapasitif Untuk Pengaturan Kelembaban Menggunakan Mikrokontroler STM32,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, hlm. 904–910, 2016.
- [28] R. R. A. Putri, C. Sulistya, dan D. R. Santoso, “Analisis Nilai Impedansi Listrik pada Daging Ikan Nila yang Disimpan dalam Lemari Es,” *Indonesian Journal Of Applied Physics*, vol. 6, no. 02, hlm. 117, Feb 2017, doi: 10.13057/ijap.v6i02.1780.
- [29] M. J. Farid, “Analisis Sifat Kelistrikan Daging Ayam Normal dan Ayam Tiren Akibat Pengaruh Lama Waktu Penyimpanan Pada Suhu Tertentu,” 2017.
- [30] R. Meldayani, I. Iwantono, A. S. Rini, dan Y. Rati, “Analisa Sifat Fisis Nanopartikel ZnO Di-Doping Ag Yang Disintesis Menggunakan Metode Biosintesis,” *Komunikasi Fisika Indonesia*, vol. 19, no. 1, hlm. 7, Mar 2022, doi: 10.31258/jkfi.19.1.7-10.
- [31] S. Rully Anggita, “Deposisi ZnO Doping Ag pada Substrat Aluminium Foil untuk Degradasi Methylene Blue,” 2020.
- [32] M. A. Dwiputra, F. Fadhila, C. Imawan, dan V. Fauzia, “The enhanced performance of capacitive-type humidity sensors based on ZnO nanorods/WS₂ nanosheets heterostructure,” *Sens Actuators B Chem*, vol. 310, Mei 2020, doi: 10.1016/j.snb.2020.127810.
- [33] S. N. Harlinda, “Argentum Sensitized Zinc Oxide Photoelectrode: Fabrication, Characterization And Application For Photoelectrochemical Water Splitting,” 2018.
- [34] A. N. M A, N. L. P Sriyani, dan dan T. I Putri, “Kualitas Kimia Daging Babi Landrace Persilangan yang Dilayukan Secara Tradisional dalam Waktu yang Berbeda,” *Peternakan Tropika*, vol. 7, no. 2, hlm. 587–598, 2019.

- [35] M. Melania Br Tarigan, A. Wibowo, dan F. Ardhani, “Pengamatan Perubahan Sifat Fisik Otot Semitendinosus Sapi Pasca Penyembelihan Selama Masa Simpan Dingin,” *Jurnal Peternakan Lingkungan Tropis*, vol. 3, no. 2, hlm. 84–93, 2020.
- [36] N. K. Mardewi dan I. G. A. D. S. Rejeki, “Kualitas Kimia Daging Ayam Broiler Umur 5 Minggu Yang Dipelihara Pada Kepadatan Kandang Yang Berbeda,” *Jurnal Lingkungan & Pembangunan*, vol. 3, no. 1, hlm. 31–37, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/wicaksana>
- [37] Junaldi, Zulharbi, dan W. Lovita, “Alat Pendeteksi Kesegaran Daging Berdasarkan Sensor Bau dan Warna,” *Elektron Jurnal Ilmiah*, vol. 11, no. 1, hlm. 1–7, 2019.
- [38] K. Lubis, “Metoda-Metoda Karakterisasi Nanopartikel Perak,” *Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 21, no. 79, hlm. 50–55, 2015.
- [39] A. E. Vladár dan V. D. Hodoroaba, “Characterization of nanoparticles by scanning electron microscopy,” dalam *Characterization of Nanoparticles: Measurement Processes for Nanoparticles*, Elsevier, 2019, hlm. 7–27. doi: 10.1016/B978-0-12-814182-3.00002-X.
- [40] I. Lidia dan P. Mursal, “Karakterisasi XRD dan SEM Pada Material Nanopartikel Serta Peran Material Nanopartikel Dalam Drug Delivery System,” *Pharma Xplore: Jurnal Sains dan Ilmu Farmasi*, vol. 3, no. 2, hlm. 214–221, 2018.
- [41] A. Sujatno, R. Salam, B. Bandriyana, dan A. Dimiyati, “Studi Scanning Electron Microscopy (Sem) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium,” *Jurnal Forum Nuklir*, vol. 9, no. 2, hlm. 44–50, 2015, doi: 10.17146/jfn.2015.9.1.3563.
- [42] A. Sujatno, R. Salam, dan A. Dimiyati Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju, “Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium,” 2015.
- [43] B. D. (Bernard D. Cullity, *Elements of x-ray diffraction*, 3rd edition. Addison-Wesley Publishing Company, Inc, 2014.

- [44] I. Kurniawan, R. Dewi Anjani, dan R. Hanifi, “Analisa Sambungan Pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW) menggunakan pengujian metalografi di PT. XYZ,” *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 22, no. 8, hlm. 99–108, Nov 2022, doi: 10.5281/zenodo.7322984.
- [45] P. L. Mega, “Ekstraksi TiO₂ Dari Slag Titanium Dengan Metode Leaching Menggunakan HCl Skripsi,” 2018.
- [46] K. Khalid, R. Ishak, dan Z. Z. Chowdhury, “UV–Vis spectroscopy in non-destructive testing,” *Non-Destructive Material Characterization Methods*, hlm. 391–416, Jan 2024, doi: 10.1016/B978-0-323-91150-4.00021-5.
- [47] I. Saputra Harahap, P. Wahyuningsih, dan Y. Amri, “Analisa Kandungan Beta Karoten Pada CPO (Crude Palm Oil) Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis,” *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, vol. 2, no. 1, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournalunsam.id/index.php/JQ>
- [48] E. J. Beard, G. Sivaraman, Á. Vázquez-Mayagoitia, V. Vishwanath, dan J. M. Cole, “Comparative dataset of experimental and computational attributes of UV/vis absorption spectra,” *Sci Data*, vol. 6, no. 1, Des 2019, doi: 10.1038/s41597-019-0306-0.
- [49] N. Shoaib, *Vector Network Analyzer (VNA) Measurements and Uncertainty Assessment*. Turin: Springer International, 2017. [Daring]. Tersedia pada: <http://www.springer.com/series/13890>
- [50] A. Khalid dan C. Li, “Oscillation detection technique by using Vector Network Analyzer,” *Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology*, vol. 1, no. 13, hlm. 203–211, 2015, doi: 10.11805/TKYDA201503.0000.
- [51] S. Bhagyaraj dan I. Krupa, “Biopolymer assisted synthesis of metal–silica hybrid nanoflowers as a medium for the photocatalytic degradation of dye pollutants,” *Inorg Chem Commun*, vol. 158, hlm. 111644, Des 2023, doi: 10.1016/J.INOCHE.2023.111644.
- [52] S. N. Kane, A. Mishra, dan A. K. Dutta, “Preface: International Conference on Recent Trends in Physics (ICRTP 2016),” *Journal of Physics: Conference*

Series, vol. 755, no. 1. Institute of Physics Publishing, 1 November 2016. doi: 10.1088/1742-6596/755/1/011001.

- [53] Y. Kang, F. Yu, L. Zhang, W. Wang, L. Chen, dan Y. Li, “Review of ZnO-based nanomaterials in gas sensors,” *Solid State Ion*, vol. 360, Feb 2021, doi: 10.1016/j.ssi.2020.115544.
- [54] N. Döbelin, R. Archer, dan V. Tu, “A free and open-source solution for Rietveld refinement of XRD data from the CheMin instrument onboard the Mars rover Curiosity,” *Planet Space Sci*, vol. 224, Des 2022, doi: 10.1016/j.pss.2022.105596.
- [55] G. Tang *dkk.*, “Realizing High Figure of Merit in Phase-Separated Polycrystalline Sn_{1-x}Pb_xSe,” *J Am Chem Soc*, vol. 138, no. 41, hlm. 13647–13654, Okt 2016, doi: 10.1021/jacs.6b07010.
- [56] M. Tilli dan A. Haapalinna, “Properties of Silicon,” *Handbook of Silicon Based MEMS Materials and Technologies: Second Edition*, hlm. 3–17, Jan 2015, doi: 10.1016/B978-0-323-29965-7.00001-4.
- [57] S. Popović, “Quantitative phase analysis by x-ray diffraction-doping methods and applications,” *Crystals*, vol. 10, no. 1. MDPI AG, 1 Januari 2020. doi: 10.3390/cryst10010027.
- [58] A. Kalam, S. A. S. Allami, A. G. Al-Sehemi, M. A. Assiri, dan P. Yadav, “Effect Of Stabilizer On Optical Band Gap Of ZnO And Their Performance In Dye-Sensitized Solar Cells,” *Bull Chem Soc Ethiop*, vol. 36, no. 1, hlm. 209–222, 2022, doi: 10.4314/bcse.v36i1.17.
- [59] L. Daul, T. Jin, I. Busch, dan L. Koenders, “Influence of geometric properties of capacitive sensors on slope error and nonlinearity of displacement measurements,” *Sensors*, vol. 21, no. 13, Jul 2021, doi: 10.3390/s21134270.
- [60] M. Brading, B. Keelan, dan H. Tran, “Image Sensors for Camera Monitor Systems,” dalam *Handbook of Camera Monitoring Systems*, 2016, hlm. 175–201. doi: 10.1007/978-3-319-29611-1_5.
- [61] N. H. Ke, N. H. Thanh, N. H. Long, D. A. Tuan, dan L. V. T. Hung, “Fabrication of Ag–ZnO NRs SERS substrates for abamectin detection: the

effect of Ag sputtering times and ZnO sol concentrations in seed layer preparation on SERS performance,” *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, vol. 32, no. 23, hlm. 27318–27332, 2021, doi: 10.1007/s10854-021-07102-y.

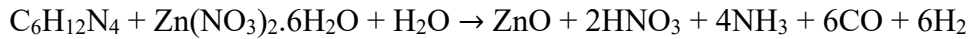
[62] N. M. Erfiza, D. Hasni, dan U. Syahrina, “Evaluasi Nilai Gizi Masakan Daging Khas Aceh (Sie Reuboh) Berdasarkan Variasi Penambahan Lemak Sapi dan Cuka Aren,” *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, vol. 10, no. 1, hlm. 28–35, Apr 2018, doi: 10.17969/jtipi.v10i1.10202.

[63] W. Yang dan D. D. L. Chung, “Effect of water on the dielectric behavior of solder,” *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, vol. 32, no. 17, hlm. 22196–22204, Sep 2021, doi: 10.1007/s10854-021-06700-0.

[64] Döbelin, N. (2024). Profex XRD. Versi 5.2.8. <https://www.profex-xrd.org/>.

LAMPIRAN A
CONTOH PERHITUNGAN

Lampiran A. Perhitungan



A. Perhitungan massa untuk CBD volume 50 mL

- Massa $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$

$$\text{Konsentrasi} = 0,2\text{M}$$

$$\text{Mr} = 140,19 \text{ gram/mol}$$

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

$$= \frac{0,2 \times 140,19 \times 50}{1000}$$

$$= 1,4019 \text{ gram}$$

- Massa $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

$$\text{Konsentrasi} = 0,2\text{M}$$

$$\text{Mr} = 297,52 \text{ gram/mol}$$

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

$$= \frac{0,2 \times 297,52 \times 50}{1000}$$

$$= 2,9752 \text{ gram}$$

- Massa AgNO_3

$$\text{Konsentrasi} = 6 \times 10^{-4}\text{M}$$

$$\text{Mr} = 169,87 \text{ gram/mol}$$

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

$$= \frac{6 \times 10^{-4} \times 169,87 \times 50}{1000}$$

$$= 0,0051 \text{ gram}$$

B. Perhitungan massa untuk *spin coating* volume 20 mL

- Massa $C_6H_{12}N_4$

$$\text{Konsentrasi} = 0,2M$$

$$\text{Mr} = 140,19 \text{ gram/mol}$$

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

$$= \frac{0,2 \times 140,19 \times 20}{1000}$$

$$= 0,5608 \text{ gram}$$

- Massa $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$

$$\text{Konsentrasi} = 0,2M$$

$$\text{Mr} = 297,52 \text{ gram/mol}$$

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

$$= \frac{0,2 \times 297,52 \times 20}{1000}$$

$$= 1,1901 \text{ gram}$$

- Massa $AgNO_3$

$$\text{Konsentrasi} = 6 \times 10^{-4}M$$

$$\text{Mr} = 169,87 \text{ gram/mol}$$

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

$$= \frac{6 \times 10^{-4} \times 169,87 \times 20}{1000}$$

$$= 0,0020 \text{ gram}$$

C. Perhitungan nilai pengolahan data

- Perhitungan Impedansi (Z)

$$Z = \sqrt{\text{Real}^2 + \text{Imajiner}^2}$$

- Perhitungan Kapasitansi (C)

$$C = \frac{1}{(2 \times \pi \times F \times Z)}$$

- Perhitungan Nilai Impedansi Normalisasi

$$Z_N = Z \text{ sampel} - Z \text{ Udara}$$

- Perhitungan Nilai Kapasitansi Normalisasi

$$C_N = C \text{ sampel} - C \text{ Udara}$$

Contoh:

Frekuensi (Hz)	Dut image	Dut Real
250000000	0,00409925	0,0409766

Perhitungan Impedansi (Z)

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{0,0409766^2 + 0,00409925^2} \\ &= 0,041181132 \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitansi (C)

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{(2 \times 3,14 \times 250000000 \times 0,041181132)} \\ &= 1,54669\text{E-}08 \end{aligned}$$

Perhitungan Nilai Impedansi Normalisasi

$$\begin{aligned} ZN &= 0,041181132 - 0,03276528 \\ &= 0,008415852 \end{aligned}$$

Perhitungan Nilai Kapasitansi Normalisasi

$$\begin{aligned} CN &= 1,54669E-08 - 1,94396E-08 \\ &= 3,9727E-09 \end{aligned}$$

LAMPIRAN B
DATA HASIL PENELITIAN



Gambar B. 1 Sensor ZnO-Ag

Tabel B. 1 Lampiran Data Perhitungan Karakterisasi Udara

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
250000000	0,00652205	0,0321096	0,03276528	1,94396E-08
250901803	0,00579185	0,03168	0,032205092	1,97066E-08
251803607	0,00552388	0,0314644	0,031945606	1,97955E-08
252705410	0,00548679	0,0315804	0,032053495	1,96585E-08
253607214	0,00547059	0,0319428	0,032407867	1,93744E-08
254509018	0,00545061	0,0325026	0,032956458	1,89844E-08
255410821	0,00537481	0,0332247	0,033656638	1,85238E-08
256312625	0,00525327	0,0340919	0,034494268	1,80104E-08
257214428	0,0050545	0,0350377	0,035400401	1,74879E-08
258116232	0,00484154	0,0360851	0,036408446	1,69443E-08
259018036	0,00454354	0,0371973	0,037473763	1,64053E-08
259919839	0,00422695	0,0383951	0,038627074	1,58602E-08
260821643	0,00384839	0,0397735	0,039959247	1,52785E-08
261723446	0,0033782	0,0412873	0,041425275	1,4687E-08
262625250	0,00264503	0,0429421	0,043023484	1,40928E-08
263527054	0,00172898	0,0445743	0,04460782	1,35458E-08
264428857	0,00058903	0,0461489	0,046152659	1,30477E-08
265330661	-0,000473004	0,0475301	0,047532454	1,26259E-08

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
266232464	-0,00127697	0,0490023	0,049018936	1,22016E-08
267134268	-0,00201164	0,0509355	0,050975208	1,16937E-08
268036072	-0,00302649	0,0533181	0,053403927	1,11243E-08
268937875	-0,00449633	0,0560189	0,056199058	1,05356E-08
269839679	-0,00649609	0,0588061	0,059163811	9,97421E-09
270741482	-0,00875763	0,0615184	0,062138632	9,46507E-09
271643286	-0,01111179	0,0644236	0,065375897	8,96652E-09
272545090	-0,0138472	0,0680838	0,069477685	8,40924E-09
273446893	-0,0176664	0,0722612	0,074389399	7,8281E-09
274348697	-0,0229012	0,0768858	0,080224006	7,23491E-09
275250501	-0,0300185	0,0812187	0,086588611	6,68115E-09
276152304	-0,0391967	0,0845169	0,093163768	6,18934E-09
277054108	-0,050006	0,0858474	0,099349767	5,78507E-09
277955911	-0,0615095	0,0846414	0,104630709	5,47527E-09
278857715	-0,0729746	0,0813441	0,109280167	5,22536E-09
279759519	-0,0842438	0,075678	0,113243885	5,02621E-09
280661322	-0,094611	0,0678515	0,116426231	4,87312E-09
281563126	-0,103506	0,0580766	0,118686071	4,76502E-09
282464929	-0,110907	0,0470954	0,120492072	4,67862E-09
283366733	-0,116577	0,0347081	0,121634079	4,61994E-09
284268537	-0,120218	0,0217429	0,122168413	4,58514E-09
285170340	-0,12196	0,00850803	0,122256403	4,56735E-09
286072144	-0,122038	-0,00454552	0,122122624	4,55794E-09
286973947	-0,121104	-0,017141	0,122311049	4,53662E-09
287875751	-0,119684	-0,0298237	0,123343881	4,48454E-09
288777555	-0,118272	-0,043283	0,125943178	4,37827E-09
289679358	-0,116536	-0,0589107	0,130579898	4,20965E-09
290581162	-0,113285	-0,0784485	0,137795712	3,97683E-09
291482965	-0,105601	-0,103822	0,148089766	3,68894E-09
292384769	-0,0868004	-0,136169	0,161481596	3,37258E-09

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
293286573	-0,0444647	-0,168947	0,17470031	3,10781E-09
294188376	0,0269905	-0,174899	0,17696934	3,05856E-09
295090180	0,0890122	-0,126757	0,154888698	3,4839E-09
295991983	0,0993573	-0,0632872	0,117801285	4,56678E-09
296893787	0,082849	-0,023958	0,086243507	6,21889E-09
297795591	0,0641879	-0,00398745	0,064311634	8,31443E-09
298697394	0,0488939	0,00599533	0,0492601	1,08222E-08
299599198	0,0374461	0,0110969	0,03905575	1,36086E-08
300501002	0,0287226	0,0137909	0,031861837	1,66312E-08
301402805	0,0221282	0,0152007	0,026846201	1,96793E-08
302304609	0,0170462	0,0159679	0,023356943	2,25517E-08
303206412	0,0131133	0,0164445	0,021032837	2,49692E-08
304108216	0,00994402	0,0168187	0,01953848	2,67992E-08
305010020	0,0073546	0,0172474	0,018750012	2,78436E-08
305911823	0,00477597	0,0178111	0,018440314	2,82277E-08
306813627	0,00173341	0,0178115	0,017895649	2,90014E-08
307715430	-0,000291414	0,0160984	0,016101037	3,21394E-08
308617234	-0,000501756	0,0152156	0,015223871	3,38918E-08
309519038	-0,000580951	0,0150398	0,015051016	3,41812E-08
310420841	-0,000437755	0,0155772	0,01558335	3,29176E-08
311322645	-0,000631427	0,0167497	0,016761597	3,05151E-08
312224448	-0,00181709	0,0184454	0,018534686	2,75162E-08
313126252	-0,00404389	0,0190493	0,0194738	2,61138E-08
314028056	-0,0058343	0,0186661	0,019556645	2,59285E-08
314929859	-0,00718522	0,0178118	0,019206447	2,63257E-08
315831663	-0,00772146	0,0169496	0,018625517	2,70693E-08
316733466	-0,00779549	0,0161925	0,017971275	2,79748E-08
317635270	-0,00754759	0,0159336	0,017630817	2,84341E-08
318537074	-0,00710772	0,0158007	0,017325756	2,88528E-08
319438877	-0,00661562	0,0160884	0,017395489	2,8656E-08

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
320340681	-0,00609456	0,0166896	0,017767566	2,79769E-08
321242484	-0,00583134	0,0177736	0,018705758	2,64992E-08
322144288	-0,00596667	0,0190491	0,019961697	2,47624E-08
323046092	-0,00661005	0,0202339	0,021286227	2,31567E-08
323947895	-0,00739781	0,0212301	0,022482098	2,18639E-08
324849699	-0,00832147	0,0220353	0,023554221	2,08108E-08
325751503	-0,0093198	0,0226885	0,02452808	1,99292E-08
326653306	-0,0105612	0,0231649	0,02545882	1,91476E-08
327555110	-0,0118182	0,0232355	0,026068339	1,86484E-08
328456913	-0,0127462	0,0229934	0,026289961	1,84405E-08
329358717	-0,0131909	0,0228198	0,02635798	1,83425E-08
330260521	-0,0134011	0,0228825	0,026517886	1,81821E-08
331162324	-0,0133308	0,0234779	0,026998556	1,78098E-08
332064128	-0,0135925	0,0249471	0,028409749	1,68792E-08
332965931	-0,0147215	0,0269854	0,030739785	1,55575E-08
333867735	-0,0171811	0,0291954	0,033875678	1,40792E-08
334769539	-0,021187	0,0306326	0,03724574	1,27708E-08
335671342	-0,0262131	0,0302478	0,040025692	1,18519E-08
336573146	-0,0309819	0,0277304	0,041579481	1,13784E-08
337474949	-0,0344506	0,0235147	0,04171073	1,13123E-08
338376753	-0,0361132	0,0186249	0,040633116	1,15814E-08
339278557	-0,0362555	0,0138492	0,038810586	1,2093E-08
340180360	-0,0349143	0,00938814	0,036154467	1,2947E-08
341082164	-0,0324323	0,00611376	0,033003517	1,41456E-08
341983967	-0,0297166	0,00410509	0,029998801	1,55214E-08
342885771	-0,0271096	0,00292159	0,027266575	1,70318E-08
343787575	-0,0246745	0,00240351	0,024791285	1,86832E-08
344689378	-0,0224014	0,002338	0,022523076	2,05109E-08
345591182	-0,0203116	0,00286367	0,020512477	2,24626E-08
346492985	-0,0187592	0,00402746	0,019186663	2,39523E-08

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
347394789	-0,0180472	0,00544037	0,018849378	2,43176E-08
348296593	-0,0180534	0,00660579	0,019223988	2,3782E-08
349198396	-0,0182933	0,00724346	0,019675176	2,31766E-08
350100200	-0,018481	0,00761762	0,019989385	2,27535E-08
351002004	-0,0188698	0,0079914	0,020492238	2,21382E-08
351903807	-0,0193574	0,00825106	0,02104255	2,15039E-08
352805611	-0,0199966	0,00836582	0,021676046	2,08221E-08
353707414	-0,0208096	0,00818267	0,02236058	2,01332E-08
354609218	-0,0217592	0,00759439	0,023046422	1,94844E-08
355511022	-0,022431	0,00662893	0,023390008	1,91495E-08
356412825	-0,0227262	0,00553736	0,023391078	1,91002E-08
357314629	-0,0228084	0,0044935	0,02324682	1,91702E-08
358216432	-0,0226368	0,00339983	0,022890687	1,94194E-08
359118236	-0,022367	0,00240697	0,022496137	1,97104E-08
360020040	-0,0219808	0,00146841	0,022029793	2,00772E-08
360921843	-0,0216474	0,000750266	0,021660398	2,03686E-08
361823647	-0,021434	-0,00010921	0,021434278	2,05322E-08
362725450	-0,0210862	-0,00107696	0,021113685	2,07921E-08
363627254	-0,020488	-0,00215236	0,020600748	2,12569E-08
364529058	-0,019802	-0,0029768	0,020024499	2,18146E-08
365430861	-0,0190642	-0,00382543	0,019444219	2,24101E-08
366332665	-0,0184016	-0,00473501	0,019001032	2,28764E-08
367234468	-0,0175564	-0,00568907	0,018455154	2,34952E-08
368136272	-0,0165706	-0,00638713	0,017758947	2,43565E-08
369038076	-0,0156466	-0,00711453	0,017188154	2,51038E-08
369939879	-0,0146058	-0,00802795	0,016666655	2,58262E-08
370841683	-0,013218	-0,00873351	0,015842655	2,71034E-08
371743486	-0,0117827	-0,00901063	0,014833188	2,88777E-08
372645290	-0,0104213	-0,00918995	0,013894556	3,07539E-08
373547094	-0,00913087	-0,00926581	0,013008767	3,27687E-08

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
374448897	-0,00792228	-0,00918452	0,012129218	3,50602E-08
375350701	-0,00691674	-0,00904757	0,011388583	3,72506E-08
376252505	-0,00593549	-0,00897664	0,01076151	3,93267E-08
377154308	-0,00497528	-0,00887192	0,010171744	4,15074E-08
378056112	-0,00414404	-0,0087652	0,009695452	4,34426E-08
378957915	-0,00335727	-0,0087612	0,009382424	4,47852E-08
379859719	-0,00242995	-0,00888257	0,009208947	4,55205E-08
380761523	-0,00141257	-0,00882543	0,008937761	4,67906E-08
381663326	-0,000513676	-0,00859934	0,008614668	4,84308E-08
382565130	0,000124196	-0,00843262	0,008433535	4,93543E-08
383466933	0,000719454	-0,00848218	0,008512637	4,87807E-08
384368737	0,00135038	-0,00884927	0,00895171	4,62792E-08
385270541	0,00221162	-0,00935283	0,009610759	4,30048E-08
386172344	0,00336558	-0,00973941	0,010304525	4,00158E-08
387074148	0,00445721	-0,0101864	0,011118879	3,69986E-08
387975951	0,00583132	-0,0108357	0,012305149	3,33541E-08
388877755	0,00779136	-0,0112531	0,013687131	2,99168E-08
389779559	0,0100257	-0,0112745	0,015087379	2,70774E-08
390681362	0,0122846	-0,0108347	0,01637993	2,48832E-08
391583166	0,0143205	-0,00988538	0,017401076	2,3369E-08
392484969	0,0159903	-0,00866372	0,018186526	2,23084E-08
393386773	0,0171461	-0,00741501	0,018680769	2,16684E-08
394288577	0,0180655	-0,00653008	0,019209483	2,10238E-08
395190380	0,019092	-0,00589064	0,019980093	2,01668E-08
396092184	0,0202692	-0,00532834	0,020957855	1,91821E-08
396993987	0,0217756	-0,0044855	0,022232779	1,80411E-08
397895791	0,0230205	-0,00349055	0,023283629	1,71878E-08
398797595	0,0240131	-0,00265196	0,024159095	1,65275E-08
399699398	0,0251585	-0,00182598	0,025224677	1,57936E-08
400601202	0,02646	-0,00095514	0,026477234	1,50126E-08

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
401503006	0,0277747	-0,00018360	0,027775307	1,42788E-08
402404809	0,0288108	0,000719176	0,028819775	1,37305E-08
403306613	0,0298183	0,00103823	0,029836369	1,3233E-08
404208416	0,0317155	0,00122452	0,03173913	1,24119E-08
405110220	0,0342103	0,00189463	0,034262724	1,14722E-08
406012024	0,0369275	0,00319534	0,037065489	1,05811E-08
406913827	0,0394509	0,00505447	0,039773373	9,83888E-09
407815631	0,0419704	0,00728975	0,042598767	9,16599E-09
408717434	0,0447187	0,00963217	0,045744298	8,51687E-09
409619238	0,0477544	0,0131736	0,049538131	7,8473E-09
410521042	0,04949	0,0182233	0,052738494	7,35491E-09
412324649	0,0501716	0,0265592	0,056767777	6,80298E-09
413226452	0,0504069	0,0308326	0,059088957	6,52148E-09
414128256	0,0493443	0,0353807	0,060717822	6,33271E-09
415030060	0,048263	0,0392215	0,062190379	6,16932E-09
415931863	0,0471066	0,0432405	0,063943511	5,98717E-09
416833667	0,0453317	0,0475112	0,065667931	5,81734E-09
417735470	0,0423585	0,051242	0,066482968	5,73362E-09
418637274	0,0391803	0,0539932	0,06671103	5,70171E-09
419539078	0,0360297	0,0564983	0,067008934	5,66416E-09
420440881	0,0325213	0,0582707	0,066731622	5,67549E-09
421342685	0,0292443	0,0593662	0,066178356	5,71069E-09
422244488	0,0262566	0,0603167	0,065783838	5,73267E-09
423146292	0,023169	0,0610094	0,065260627	5,76632E-09
424048096	0,0199675	0,0608392	0,064032096	5,86445E-09
424949899	0,0174883	0,0599748	0,062472532	5,9981E-09
425851703	0,0160507	0,0589871	0,061131849	6,11666E-09
426753507	0,0154183	0,0584889	0,060486985	6,16881E-09
427655310	0,0153093	0,0587219	0,060684728	6,13574E-09
428557114	0,0150779	0,0598757	0,06174498	6,01769E-09

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
429458917	0,0141765	0,0618568	0,063460514	5,84272E-09
430360721	0,0121016	0,0635052	0,064647963	5,72338E-09
431262525	0,00978076	0,0649245	0,065657094	5,62363E-09
432164328	0,00713417	0,0657394	0,066125374	5,57216E-09
433066132	0,00435148	0,0664367	0,066579054	5,52266E-09
433967935	0,00168055	0,066361	0,066382276	5,52752E-09
434869739	-0,00113946	0,0662411	0,0662509	5,527E-09
435771543	-0,00347195	0,0655415	0,065633396	5,56745E-09
436673346	-0,00586942	0,0647859	0,065051233	5,60568E-09
437575150	-0,00785137	0,063936	0,064416272	5,64927E-09
438476953	-0,00997198	0,0629121	0,063697509	5,70126E-09
439378757	-0,0117919	0,061785	0,0629002	5,76168E-09
440280561	-0,0135243	0,0603294	0,061826719	5,84971E-09
441182364	-0,0149438	0,0590546	0,060916032	5,92503E-09
442084168	-0,0164109	0,0574762	0,059773165	6,026E-09
442985971	-0,0175696	0,0557133	0,058417999	6,15324E-09
443887775	-0,01824	0,0536488	0,056664727	6,33074E-09
444789579	-0,0182381	0,0521091	0,055208574	6,48454E-09
445691382	-0,0180919	0,050841	0,0539641	6,62066E-09
446593186	-0,0177929	0,0498108	0,052893318	6,74105E-09
447494989	-0,0174008	0,0490367	0,052032545	6,83876E-09
448396793	-0,0169803	0,0488846	0,051749731	6,8623E-09
449298597	-0,0169539	0,0487924	0,051653974	6,86122E-09
450200400	-0,0169447	0,0487636	0,05162375	6,85149E-09
451102204	-0,0169093	0,0488483	0,051692174	6,82874E-09
452004008	-0,0170555	0,0492563	0,052125552	6,75845E-09
452905811	-0,0175544	0,0495953	0,052610367	6,68284E-09
453807615	-0,0182435	0,0500763	0,053295977	6,58376E-09
454709418	-0,0190393	0,0503356	0,053816053	6,50721E-09
455611222	-0,0199687	0,050553	0,054353977	6,43005E-09

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
456513026	-0,0208252	0,0507253	0,054833794	6,3612E-09
457414829	-0,021773	0,0508483	0,05531377	6,29357E-09
458316633	-0,0227051	0,0511114	0,055927603	6,21224E-09
459218436	-0,0239377	0,0514312	0,056729021	6,11246E-09
460120240	-0,0253313	0,0517487	0,057615994	6,00656E-09
461022044	-0,0268509	0,0518838	0,058420027	5,91231E-09
461923847	-0,028645	0,0520432	0,059405645	5,80286E-09
462825651	-0,0305831	0,051701	0,060069288	5,72757E-09
463727454	-0,0325485	0,051076	0,060565358	5,66961E-09
464629258	-0,0342135	0,0502524	0,060793645	5,63736E-09
465531062	-0,0358348	0,0492772	0,060929265	5,61391E-09
467334669	-0,0382443	0,0478948	0,061290606	5,55928E-09
468236472	-0,0396585	0,0473453	0,061760619	5,50635E-09
469138276	-0,0413937	0,0466909	0,062397745	5,43965E-09
470040080	-0,0429547	0,0458956	0,062861056	5,38919E-09
470941883	-0,0446678	0,0450154	0,063416075	5,3318E-09
471843687	-0,0461221	0,0439223	0,063690003	5,29872E-09
472745490	-0,047314	0,0429419	0,063895394	5,27161E-09
473647294	-0,0482846	0,0422547	0,064162779	5,23965E-09
474549098	-0,0493933	0,0421692	0,064945666	5,16665E-09
475450901	-0,0511151	0,0425287	0,066493938	5,03678E-09
476352705	-0,0535153	0,0428972	0,068586129	4,87389E-09
477254509	-0,0564469	0,0430266	0,070975635	4,7009E-09
478156312	-0,0595146	0,0429134	0,073372662	4,53875E-09
479058116	-0,0628906	0,0429865	0,076177863	4,36338E-09
479959919	-0,0671345	0,0432356	0,079852102	4,15479E-09
480861723	-0,072127	0,0433512	0,084152425	3,93508E-09
481763527	-0,0783419	0,043482	0,089599875	3,68892E-09
482665330	-0,0862037	0,043096	0,09637605	3,42314E-09
483567134	-0,096115	0,0417342	0,104784716	3,14257E-09

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
484468937	-0,108489	0,0380286	0,114961026	2,85906E-09
485370741	-0,12296	0,0309177	0,126787483	2,58756E-09
486272545	-0,138798	0,0183203	0,140001851	2,33898E-09
487174348	-0,154078	-0,00160018	0,154086309	2,12125E-09
488076152	-0,163861	-0,0299436	0,166574447	1,95859E-09
488977955	-0,164256	-0,0638245	0,176220318	1,84797E-09
489879759	-0,151739	-0,0992558	0,181318609	1,7927E-09
490781563	-0,126511	-0,12894	0,1806393	1,79614E-09
491683366	-0,0930077	-0,147319	0,174222042	1,85888E-09
492585170	-0,0586757	-0,153016	0,163880243	1,97257E-09
493486973	-0,0279708	-0,148768	0,151374646	2,13163E-09
495290581	0,0145775	-0,12418	0,125032699	2,57132E-09
496192384	0,0268851	-0,109782	0,113026086	2,8393E-09
497094188	0,0350357	-0,0960777	0,10226644	3,13234E-09
497995991	0,0399655	-0,0836923	0,092745039	3,44766E-09
498897795	0,0429294	-0,0725295	0,084282037	3,78699E-09
499799599	0,0442031	-0,0626172	0,076647425	4,15668E-09
500701402	0,0442192	-0,0540019	0,069796439	4,55647E-09
501603206	0,0434264	-0,046556	0,063665637	4,98626E-09
502505010	0,0420286	-0,0402647	0,058203516	5,44441E-09
503406813	0,0404139	-0,0350317	0,053483673	5,91425E-09
504308617	0,038556	-0,0304163	0,04910923	6,42955E-09
505210420	0,0364105	-0,0263863	0,044966224	7,00941E-09
506112224	0,0338925	-0,0232329	0,041090987	7,65679E-09
507014028	0,0314125	-0,0207516	0,037648029	8,34215E-09
507915831	0,0287954	-0,0191528	0,034583302	9,0653E-09
508817635	0,026648	-0,0183622	0,032361803	9,67042E-09
509719438	0,02516	-0,0179874	0,030928501	1,01007E-08
510621242	0,024183	-0,0175464	0,029877979	1,04374E-08
511523046	0,023322	-0,0169703	0,028842794	1,07929E-08

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
512424849	0,0222683	-0,0163669	0,027636074	1,12443E-08
513326653	0,02108	-0,016103	0,026526836	1,16939E-08
514228456	0,0201491	-0,0161022	0,025792772	1,20057E-08
515130260	0,0192903	-0,0161305	0,025145749	1,2293E-08
516032064	0,0185263	-0,0162746	0,024659408	1,25136E-08
516933867	0,017676	-0,0166673	0,024294853	1,26792E-08
517835671	0,0170819	-0,0172999	0,024312093	1,26481E-08
518737474	0,0166434	-0,0181214	0,024604632	1,2476E-08
519639278	0,0164854	-0,018781	0,024989885	1,22624E-08
520541082	0,0161982	-0,0195671	0,025401832	1,20426E-08
521442885	0,0161797	-0,0204543	0,026079898	1,17092E-08
522344689	0,0163035	-0,0215654	0,027034618	1,12762E-08
523246492	0,0167803	-0,0224657	0,028040794	1,08528E-08
524148296	0,0172607	-0,0234959	0,029154572	1,04203E-08
525050100	0,0181696	-0,0242665	0,03031497	1,00042E-08
525951903	0,019014	-0,0248581	0,031296283	9,6739E-09
526853707	0,0198073	-0,0249052	0,031821347	9,49799E-09
527755511	0,0201228	-0,0253859	0,032393996	9,31415E-09
528657314	0,0205808	-0,0259023	0,033083205	9,10455E-09
529559118	0,0210878	-0,0267165	0,034036255	8,83454E-09
530460921	0,0217349	-0,0272067	0,034822556	8,62038E-09
531362725	0,0223788	-0,0280117	0,035853396	8,35832E-09
532264529	0,0230707	-0,0285091	0,036674596	8,15732E-09
533166332	0,0238939	-0,0294315	0,037909519	7,87824E-09
534068136	0,0249483	-0,0299353	0,038968447	7,65122E-09
534969939	0,0258668	-0,0305697	0,040044948	7,43298E-09
535871743	0,0264357	-0,0309132	0,040675203	7,3055E-09
536773547	0,0270585	-0,0317213	0,041694164	7,11498E-09
537675350	0,0274694	-0,0322811	0,042386759	6,98699E-09
538577154	0,0280058	-0,0335226	0,043681684	6,76851E-09

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
539478957	0,0284332	-0,0348027	0,044940792	6,56788E-09
540380761	0,0292032	-0,0370023	0,047138064	6,25128E-09
541282565	0,0304801	-0,0394217	0,049830783	5,90362E-09
542184368	0,0327447	-0,0420257	0,0532764	5,51263E-09
543086172	0,0354284	-0,0441511	0,056608225	5,17955E-09
543987975	0,0388632	-0,0462087	0,06037874	4,84805E-09
544889779	0,0429057	-0,0479507	0,064344143	4,54174E-09
545791583	0,0478085	-0,04897	0,068437662	4,26303E-09
546693386	0,0530725	-0,0490502	0,072267644	4,03044E-09
547595190	0,05843	-0,048284	0,07579848	3,83637E-09
548496993	0,0635643	-0,045899	0,078403689	3,70279E-09
549398797	0,0676281	-0,0435597	0,080442572	3,60302E-09
550300601	0,072137	-0,0399147	0,082443496	3,50981E-09
551202404	0,0754994	-0,035963	0,083627129	3,45448E-09
552104208	0,078096	-0,0310179	0,084030324	3,43228E-09
553006012	0,0795573	-0,0269992	0,084013813	3,42736E-09
553907815	0,0804634	-0,0219986	0,083416408	3,44629E-09
554809619	0,0807362	-0,0178411	0,08268397	3,47116E-09
555711422	0,0794655	-0,0127761	0,080485989	3,56017E-09
556613226	0,0775397	-0,00952762	0,078122856	3,66192E-09
557515030	0,0748843	-0,00637333	0,075155025	3,80037E-09
558416833	0,0719241	-0,00529701	0,072118891	3,95396E-09
559318637	0,0688506	-0,0049036	0,069024998	4,12453E-09
560220440	0,0670035	-0,00609289	0,067279955	4,2247E-09
561122244	0,0656843	-0,00694072	0,066049988	4,29645E-09
562024048	0,0653941	-0,00862306	0,065960181	4,2954E-09
562925851	0,0653644	-0,00984936	0,066102305	4,2793E-09
563827655	0,0663834	-0,0112747	0,067334053	4,1943E-09
564729458	0,0666564	-0,0126057	0,06783789	4,1565E-09
565631262	0,0683205	-0,0146969	0,0698834	4,0284E-09

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
566533066	0,0702975	-0,0167277	0,072260324	3,88969E-09
567434869	0,0745508	-0,0181574	0,076730131	3,65728E-09
568336673	0,0784875	-0,0181381	0,080556057	3,47806E-09
569238476	0,0831771	-0,0172751	0,084952099	3,29285E-09
570140280	0,0864113	-0,0155413	0,087797749	3,18108E-09
571042084	0,0902777	-0,013994	0,091355871	3,05236E-09
571943887	0,0934281	-0,0118641	0,094178377	2,95621E-09
572845691	0,0971138	-0,00917088	0,097545862	2,84967E-09
573747494	0,100338	-0,00677485	0,10056646	2,75973E-09
574649298	0,104663	-0,00331237	0,104715402	2,64623E-09
575551102	0,10833	0,000122936	0,10833007	2,55392E-09
576452905	0,112646	0,00525233	0,112768383	2,44957E-09
577354709	0,115879	0,0109194	0,116392336	2,36959E-09
578256513	0,118912	0,0178824	0,120249091	2,29001E-09
579158316	0,120574	0,025553	0,123251959	2,23074E-09
580060120	0,12102	0,0344453	0,125826544	2,1817E-09
580961923	0,119605	0,0423607	0,126884928	2,16014E-09
581863727	0,117437	0,0499826	0,127631145	2,14419E-09
582765531	0,114596	0,0570435	0,12800861	2,13455E-09
583667334	0,110261	0,0643909	0,127685849	2,13664E-09
584569138	0,105524	0,0702666	0,126778191	2,14862E-09
585470941	0,0994525	0,0760694	0,125209238	2,17219E-09
586372745	0,0936038	0,0796928	0,122933371	2,20901E-09
587274549	0,0881076	0,0832822	0,121238913	2,23644E-09
588176352	0,0827684	0,0864117	0,119656132	2,26255E-09
589078156	0,0765074	0,0893854	0,11765684	2,29747E-09
589979959	0,0701111	0,0915343	0,115300019	2,34085E-09
590881763	0,0632909	0,0928403	0,112361289	2,39841E-09
591783567	0,0569219	0,093283	0,109278638	2,46231E-09
592685370	0,0505515	0,0929737	0,105827988	2,53872E-09

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
593587174	0,044697	0,0919072	0,102199585	2,62486E-09
594488977	0,0394433	0,0904615	0,09868666	2,71418E-09
595390781	0,0344688	0,0889592	0,09540355	2,80333E-09
596292585	0,0298419	0,0869659	0,091943498	2,90442E-09
597194388	0,0253836	0,0847312	0,088451701	3,01452E-09
598096192	0,0216311	0,082285	0,085080701	3,12924E-09
598997995	0,0180497	0,0796772	0,08169607	3,25397E-09
599899799	0,0151213	0,0769994	0,07847013	3,38265E-09
600801603	0,0121859	0,0745481	0,07553751	3,5087E-09
601703406	0,00940029	0,0719491	0,072560585	3,64718E-09
602605210	0,00671003	0,0690525	0,06937775	3,80879E-09
603507014	0,00452888	0,0659184	0,066073794	3,99327E-09
604408817	0,00262005	0,0626815	0,062736234	4,19944E-09
605310621	0,0013501	0,0592892	0,05930457	4,43582E-09
606212424	0,000185605	0,0562385	0,056238806	4,67067E-09
607114228	-0,000177746	0,0530267	0,053026998	4,94621E-09
608016032	-0,000155097	0,0502371	0,050237339	5,21313E-09
608917835	-0,000107478	0,0478661	0,047866221	5,46327E-09
609819639	-0,00020776	0,0458573	0,045857771	5,69411E-09
610721442	-0,000104445	0,0435211	0,043521225	5,99096E-09
611623246	0,000130423	0,0415888	0,041589005	6,26005E-09
612525050	0,000794253	0,0396701	0,03967805	6,55188E-09
613426853	0,0014664	0,0384118	0,03843978	6,753E-09
614328657	0,00185862	0,0372075	0,037253893	6,95774E-09
615230460	0,00198927	0,0360434	0,036098253	7,16995E-09
616132264	0,00228187	0,0347133	0,034788218	7,42907E-09
617034068	0,0022791	0,033557	0,033634306	7,67271E-09
617935871	0,00290248	0,0320167	0,032147993	8,01573E-09
618837675	0,00356812	0,0310004	0,031205068	8,24591E-09
619739478	0,00441706	0,0299317	0,03025586	8,49223E-09

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
620641282	0,00506801	0,0290907	0,02952886	8,68866E-09
621543086	0,0060196	0,0281881	0,028823681	8,88832E-09
622444889	0,00677925	0,0274458	0,028270659	9,04906E-09
623346693	0,00796903	0,0268497	0,028007353	9,12092E-09
624248496	0,00910668	0,0265339	0,028053154	9,09287E-09
625150300	0,0105066	0,026437	0,028448262	8,95365E-09
626052104	0,0117609	0,0263894	0,028891507	8,80359E-09
626953907	0,0133745	0,026917	0,030056649	8,45015E-09
627855711	0,0146611	0,0277845	0,031415383	8,07306E-09
628757515	0,015775	0,0290304	0,033039594	7,66518E-09
629659318	0,016532	0,0304365	0,034636506	7,30131E-09
630561122	0,0170201	0,0321992	0,036420767	6,93368E-09
631462925	0,017161	0,0340677	0,038145879	6,61066E-09
632364729	0,0169631	0,0362744	0,040044711	6,28822E-09
633266533	0,0156422	0,0383731	0,041438789	6,06802E-09
634168336	0,0137755	0,0398796	0,042191787	5,95125E-09
635070140	0,0117524	0,0408047	0,042463425	5,90478E-09
635971943	0,00980753	0,0410835	0,042237917	5,92789E-09
636873747	0,00819681	0,0410211	0,041832025	5,97693E-09
637775551	0,00686745	0,0408802	0,041453017	6,02305E-09
638677354	0,00537356	0,0406526	0,041006207	6,08008E-09
639579158	0,00357955	0,0398575	0,040017915	6,22145E-09
640480961	0,00249214	0,0383134	0,038394367	6,4754E-09
641382765	0,00218845	0,0369159	0,036980711	6,71348E-09
642284569	0,00245168	0,0357223	0,035806333	6,92394E-09
643186372	0,00303696	0,0343562	0,034490167	7,17808E-09
644088176	0,00464517	0,0336213	0,033940675	7,28408E-09
644989979	0,00590147	0,0333776	0,033895302	7,28363E-09
645891783	0,00751093	0,0340096	0,034829111	7,07845E-09
646793587	0,00892905	0,0344786	0,035616033	6,9124E-09

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
647695390	0,010697	0,0359884	0,037544517	6,54822E-09
648597194	0,0121829	0,0371772	0,039122465	6,27537E-09
649498997	0,0136087	0,0397804	0,04204375	5,83123E-09
650400801	0,0146	0,0420694	0,044530825	5,49792E-09
651302605	0,015034	0,0456089	0,048022837	5,09108E-09
652204408	0,0153304	0,0486055	0,05096583	4,79046E-09
653106212	0,0147425	0,0525823	0,054609885	4,46463E-09
654008016	0,0139605	0,0558772	0,057594766	4,22741E-09
654909819	0,0122502	0,0595562	0,060803029	3,99884E-09
655811623	0,010532	0,0628995	0,063775153	3,80724E-09
656713426	0,00782643	0,0666225	0,067080627	3,61466E-09
657615230	0,00526351	0,069771	0,069969257	3,46068E-09
658517034	0,00205127	0,0729027	0,072931553	3,31557E-09
659418837	-0,000917378	0,0759241	0,075929642	3,1803E-09
660320641	-0,00496081	0,0790923	0,079247723	3,04298E-09
661222444	-0,00931732	0,0818194	0,082348204	2,92441E-09
662124248	-0,0144588	0,0839547	0,08519066	2,82299E-09
663026052	-0,0192459	0,0854955	0,087634954	2,74052E-09
663927855	-0,0242785	0,0869979	0,090322091	2,65537E-09
664829659	-0,0293639	0,0881549	0,092916764	2,57772E-09
665731462	-0,0351072	0,0887262	0,095419359	2,50671E-09
666633266	-0,0406689	0,0887504	0,097624756	2,44677E-09
667535070	-0,0461647	0,0881769	0,099530625	2,39668E-09
668436873	-0,0512986	0,0874436	0,101380124	2,34978E-09
669338677	-0,0564453	0,0863165	0,103133942	2,30671E-09
670240480	-0,0614474	0,0853368	0,10515775	2,25927E-09
671142284	-0,0668798	0,083979	0,107356323	2,21003E-09
672044088	-0,0724139	0,0821685	0,109523675	2,16339E-09
672945891	-0,0780233	0,0794995	0,111390331	2,12428E-09
673847695	-0,083021	0,0760822	0,112609891	2,09847E-09

Frekuensi (Hz)	<i>dut,imag</i>	<i>dut,real</i>	Impedansi (Ω)	Kapasitansi (pF)
674749498	-0,0874135	0,0720927	0,113307005	2,08277E-09
675651302	-0,0907798	0,0680052	0,113426978	2,07779E-09
676553106	-0,0933112	0,0643871	0,113369655	2,07607E-09
677454909	-0,0955362	0,0616695	0,113711445	2,06707E-09
678356713	-0,0981567	0,0594394	0,114750948	2,04562E-09
679258517	-0,101021	0,0571182	0,116050555	2,02003E-09
680160320	-0,103883	0,0547281	0,117417386	1,99387E-09
681062124	-0,106551	0,0525963	0,118825445	1,96763E-09
681963927	-0,109553	0,0507832	0,120750955	1,9337E-09
682865731	-0,113084	0,0486926	0,12312173	1,89396E-09
683767535	-0,116645	0,0462815	0,125491168	1,85575E-09
684669338	-0,120776	0,0437529	0,128456835	1,81052E-09
685571142	-0,125142	0,0398912	0,131346214	1,76836E-09
686472945	-0,128439	0,0352919	0,133199455	1,74146E-09
687374749	-0,131239	0,0305915	0,134757245	1,71907E-09
688276553	-0,133265	0,025791	0,135737747	1,70442E-09
689178356	-0,134988	0,0213709	0,136669219	1,69059E-09
690080160	-0,13649	0,01707	0,137553281	1,67753E-09
690981963	-0,137135	0,0126183	0,137714305	1,67338E-09
691883767	-0,137376	0,0093366	0,13769291	1,67146E-09
692785571	-0,137954	0,00712073	0,138137652	1,66391E-09
693687374	-0,139763	0,00573225	0,139880502	1,64104E-09
694589178	-0,142942	0,0039418	0,14299634	1,6032E-09
695490981	-0,147151	0,00136537	0,147157334	1,55585E-09
696392785	-0,152044	-0,00238702	0,152062736	1,50371E-09
697294589	-0,156886	-0,00788889	0,157084218	1,45376E-09
698196392	-0,161038	-0,0150446	0,161739227	1,41009E-09
699098196	-0,164389	-0,0226075	0,16593626	1,37265E-09
700000000	-0,166774	-0,031697	0,169759438	1,34001E-09

Tabel B. 2 Lampiran Data Nilai Impedansi Variasi Daging.

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
250000000	0,041181132	0,039047079	0,040685635	0,03887434	0,034124116	0,042523331
250901803	0,04069623	0,03865354	0,040162477	0,03839893	0,033602843	0,042087036
251803607	0,040614719	0,03852558	0,040025065	0,038321478	0,03338024	0,041931981
252705410	0,040996069	0,038689368	0,040302089	0,038610275	0,033591392	0,042134081
253607214	0,04175911	0,03928269	0,041011688	0,039252696	0,034044473	0,042823681
254509018	0,042705838	0,040029526	0,041904022	0,040120823	0,034665414	0,043771896
255410821	0,043843168	0,040954821	0,042987671	0,04119311	0,035478269	0,044859393
256312625	0,045189196	0,042095313	0,044304095	0,042433647	0,036473405	0,046203652
257214428	0,046674105	0,043359552	0,045760193	0,043765054	0,037535705	0,047716932
258116232	0,048360273	0,044770501	0,047410535	0,04527365	0,038725111	0,04940758
259018036	0,050230156	0,046343213	0,049233991	0,046948124	0,039998244	0,051275774
259919839	0,052288416	0,048013729	0,051265299	0,04879997	0,041369786	0,053348915
260821643	0,054648146	0,049957216	0,053565252	0,050963368	0,043003962	0,055718762
261723446	0,057225097	0,052048336	0,056180486	0,053331389	0,044772401	0,058380565
262625250	0,060126229	0,054385688	0,059019345	0,055939063	0,04673207	0,061334632
263527054	0,063042196	0,056777917	0,062018078	0,058595864	0,048716187	0,064395041
264428857	0,066092918	0,059300601	0,065200891	0,061431178	0,050796487	0,067742138
265330661	0,068998709	0,061639185	0,068296664	0,064263854	0,052700408	0,070879657
266232464	0,072110718	0,064098787	0,071774586	0,067537383	0,054832997	0,07422774
267134268	0,075925464	0,067022048	0,07608559	0,071452975	0,057550575	0,078295319
268036072	0,080282342	0,07037878	0,081202069	0,076135558	0,060911157	0,083119952
268937875	0,084986652	0,074103477	0,086961455	0,081352452	0,064722386	0,088497617
269839679	0,089647619	0,077845675	0,092843789	0,086781566	0,068755648	0,093882051
270741482	0,093980363	0,081345704	0,098719042	0,092163693	0,072773964	0,098932777
271643286	0,098411947	0,085096278	0,104782112	0,097953298	0,077241041	0,10398754
272545090	0,103331959	0,089401929	0,111814638	0,104794483	0,082833324	0,109627575
273446893	0,108438831	0,094275684	0,119767755	0,112468312	0,089475483	0,115611141
274348697	0,113155493	0,099082405	0,127729632	0,120266965	0,097270274	0,121152813
275250501	0,116909573	0,103342484	0,134094673	0,127181592	0,105604286	0,125073472

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
276152304	0,118975147	0,106467731	0,137814002	0,132010134	0,113543896	0,12673269
277054108	0,119322736	0,108155609	0,138260442	0,134140549	0,120321749	0,125864646
277955911	0,118373897	0,108510005	0,136186408	0,133620597	0,125268454	0,123452254
278857715	0,117031993	0,108400909	0,132910691	0,13171373	0,128649645	0,12054662
279759519	0,115699112	0,108111077	0,129439546	0,129311545	0,130682486	0,117602991
280661322	0,11451725	0,107788207	0,126070715	0,126796168	0,131479805	0,115002355
281563126	0,113793683	0,107588112	0,123191291	0,124616076	0,131310404	0,112951699
282464929	0,113671201	0,107752755	0,121082718	0,123098515	0,13091318	0,111445514
283366733	0,114129923	0,108351848	0,119662431	0,122026896	0,13039707	0,110545297
284268537	0,115295733	0,109437091	0,118978986	0,121585847	0,129918952	0,110223052
285170340	0,11733322	0,111096798	0,119179685	0,121914726	0,12985805	0,110577635
286072144	0,120330629	0,11351844	0,120176882	0,123182406	0,130218696	0,111665249
286973947	0,124502366	0,116881813	0,122506337	0,125811348	0,13163089	0,113797922
287875751	0,130276836	0,121650723	0,126420995	0,130013088	0,134641371	0,117402843
288777555	0,138294447	0,128263448	0,132540076	0,136431989	0,139896459	0,122853986
289679358	0,149081104	0,137431802	0,141394982	0,145603899	0,147721296	0,130770352
290581162	0,163086634	0,149499217	0,153315497	0,157860995	0,158169098	0,141811423
291482965	0,178800431	0,163964775	0,167957156	0,171827133	0,169208182	0,155848073
292384769	0,191292879	0,177453506	0,181602913	0,182908421	0,175653048	0,17160977
293286573	0,188612969	0,179918275	0,183729631	0,179910917	0,166382923	0,181298036
294188376	0,163428761	0,160601458	0,162645539	0,154779396	0,138480387	0,171199013
295090180	0,128490593	0,127594558	0,127617563	0,120021275	0,105974746	0,139977316
295991983	0,099447865	0,09792892	0,096791718	0,091412545	0,080626446	0,106516621
296893787	0,078549186	0,076169303	0,074921311	0,071259748	0,062911953	0,081384809
297795591	0,06352069	0,060706432	0,059542565	0,056879773	0,050507471	0,063676635
298697394	0,052514452	0,04953001	0,048549523	0,046490063	0,041684616	0,051101486
299599198	0,044523033	0,041479353	0,040629353	0,038983878	0,03531153	0,042148593
300501002	0,038501732	0,035542296	0,034788892	0,033490971	0,030697953	0,035571493
301402805	0,033916746	0,031049642	0,030418622	0,029406169	0,02740209	0,030673017
302304609	0,030406475	0,027636202	0,027187121	0,026354417	0,025159759	0,026993274

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
303206412	0,027876685	0,02519972	0,024809483	0,024089848	0,023691879	0,024348058
304108216	0,025996254	0,023393697	0,023127496	0,022466136	0,022654932	0,022357008
305010020	0,024707847	0,022166774	0,021941743	0,021411652	0,022001423	0,020944267
305911823	0,023705976	0,021220894	0,020954365	0,02062577	0,021471814	0,019799321
306813627	0,022383477	0,019970976	0,020134193	0,019580929	0,020646111	0,018674939
307715430	0,021026777	0,018699149	0,019603397	0,018738164	0,020157853	0,017826052
308617234	0,020716364	0,018424195	0,020111058	0,018665508	0,021059059	0,01797827
309519038	0,021091316	0,018884897	0,021127074	0,019336162	0,022558631	0,018568646
310420841	0,021946556	0,019937201	0,021940743	0,020501006	0,023721152	0,019049737
311322645	0,022706185	0,020889352	0,022185493	0,021587528	0,024255449	0,019073031
312224448	0,022825388	0,021177344	0,021972103	0,021918207	0,024357777	0,018728915
313126252	0,022333229	0,020802301	0,021570394	0,021561817	0,024136175	0,018174796
314028056	0,021860134	0,020373824	0,02135482	0,021090367	0,024026022	0,018026798
314929859	0,021593743	0,020109308	0,02139874	0,020783411	0,023905774	0,018065464
315831663	0,0214507	0,01997577	0,021587035	0,020604834	0,023617736	0,018308418
316733466	0,021481981	0,020015536	0,021891931	0,020727949	0,023589995	0,018629439
317635270	0,021823378	0,020378998	0,022551487	0,021106627	0,023978532	0,019290307
318537074	0,022623494	0,021014955	0,023597916	0,021815273	0,024804299	0,020272133
319438877	0,023830809	0,02213143	0,025118689	0,022937957	0,02590488	0,021690364
320340681	0,025527643	0,023691693	0,027175364	0,024659192	0,027591555	0,023535457
321242484	0,027543799	0,025576248	0,029478274	0,026730809	0,029531575	0,025674353
322144288	0,029630154	0,027478631	0,031750573	0,028951127	0,031743516	0,027815274
323046092	0,031344901	0,029200177	0,033644975	0,030921866	0,033687315	0,029816967
323947895	0,032805773	0,030553641	0,035179509	0,032533759	0,035386288	0,031497238
324849699	0,033872528	0,031488954	0,036144759	0,033667258	0,036525528	0,032818933
325751503	0,034840071	0,032147912	0,036957905	0,034555975	0,03752657	0,033858757
326653306	0,035552166	0,032617502	0,037502484	0,035249096	0,038219198	0,034667111
327555110	0,035929588	0,03272363	0,037639965	0,03553906	0,038666763	0,035018589
328456913	0,035899868	0,032480913	0,037305213	0,035479707	0,038586539	0,03490186
329358717	0,03600718	0,032272288	0,037182115	0,03558817	0,038572209	0,034787341

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
330260521	0,036383435	0,032477836	0,037424901	0,035925256	0,038764753	0,034964636
331162324	0,037229374	0,033155755	0,038369613	0,036835377	0,039660393	0,035743356
332064128	0,039244714	0,034980343	0,040529536	0,038848418	0,041860626	0,037671113
332965931	0,042411645	0,03782712	0,043858663	0,041915596	0,045129946	0,040849357
333867735	0,046357568	0,041430227	0,04769414	0,045696506	0,04881327	0,044736124
334769539	0,050251626	0,045055749	0,051209893	0,049261056	0,052151516	0,04847494
335671342	0,052755256	0,047459348	0,053273267	0,051439318	0,05398717	0,050986644
336573146	0,053256645	0,048152102	0,053482566	0,051655871	0,05393599	0,051637227
337474949	0,051832057	0,047171485	0,051883003	0,050056127	0,052070192	0,050318498
338376753	0,04925917	0,045054975	0,049103508	0,047311084	0,049135743	0,047562229
339278557	0,046186724	0,042320823	0,045766612	0,044132757	0,045658321	0,04427919
340180360	0,042629818	0,038947592	0,042025602	0,040487655	0,0417234	0,040500719
341082164	0,038972866	0,03528639	0,038104473	0,036698695	0,037735537	0,036546965
341983967	0,035668548	0,031906968	0,03445619	0,033189025	0,034107718	0,03286384
342885771	0,032653714	0,028746597	0,031116073	0,030042163	0,030828204	0,029531907
343787575	0,029822493	0,02578755	0,028204886	0,027166205	0,027905791	0,026504722
344689378	0,027131296	0,023073203	0,025594359	0,024526834	0,025384624	0,023886064
345591182	0,024481067	0,020520846	0,02317579	0,022037654	0,023152527	0,021476129
346492985	0,022328667	0,01851939	0,021356746	0,020306677	0,021767401	0,019702025
347394789	0,021148233	0,017535231	0,020537091	0,019700791	0,02154697	0,018862827
348296593	0,020748424	0,017476917	0,020546461	0,019957926	0,022289442	0,018931763
349198396	0,020533495	0,017757706	0,020959848	0,020421899	0,023013438	0,019262149
350100200	0,020396814	0,018102931	0,021437901	0,020873793	0,023708511	0,019707989
351002004	0,020546868	0,018645639	0,022190274	0,021561063	0,024435989	0,02044989
351903807	0,020957133	0,019305681	0,022945342	0,022359498	0,02528219	0,021263445
352805611	0,021544165	0,019878687	0,023841086	0,023098993	0,025932096	0,022186839
353707414	0,022196643	0,0205008	0,024736007	0,023935392	0,026707176	0,023256945
354609218	0,023166754	0,021096245	0,025532916	0,024889623	0,02723767	0,024173963
355511022	0,023749395	0,021476012	0,026175033	0,025562957	0,027417761	0,024767072
356412825	0,02391791	0,021450315	0,026700667	0,025686852	0,027267751	0,025077481

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
357314629	0,023731137	0,021416488	0,026861556	0,025547951	0,027114318	0,025285837
358216432	0,023590031	0,021244437	0,026668803	0,025311147	0,026956005	0,025270377
359118236	0,023658238	0,020956408	0,026442463	0,025110262	0,026489514	0,024956242
360020040	0,023357547	0,020582402	0,026262542	0,024832547	0,025865529	0,024427751
360921843	0,023006311	0,020344678	0,026102406	0,024541821	0,025546046	0,024202525
361823647	0,022825356	0,020143895	0,025948208	0,024336919	0,025403591	0,023918411
362725450	0,02270623	0,019764938	0,025422261	0,024137268	0,025113827	0,023640776
363627254	0,022785126	0,019302908	0,024926921	0,023627134	0,024429153	0,023056542
364529058	0,022721924	0,018818333	0,024604462	0,023408945	0,023707242	0,022379179
365430861	0,022499276	0,018179914	0,024270213	0,022882068	0,023215342	0,02187631
366332665	0,022393687	0,017808713	0,023774703	0,022395204	0,022860774	0,02153967
367234468	0,02242756	0,017402858	0,023341142	0,021933306	0,022299906	0,020990796
368136272	0,022123405	0,016849727	0,0227436	0,021340548	0,021405902	0,020030787
369038076	0,022111247	0,016248445	0,022290869	0,020985556	0,020864085	0,019381141
369939879	0,022139065	0,015957318	0,021848587	0,020536017	0,020305645	0,018817805
370841683	0,021939018	0,015440849	0,021086916	0,01971406	0,019371418	0,018128227
371743486	0,021554018	0,014646027	0,020009848	0,0190408	0,018305019	0,017060364
372645290	0,02115604	0,013840766	0,019015506	0,018313974	0,017267333	0,015949349
373547094	0,020722261	0,013252549	0,018143277	0,017487734	0,016265361	0,014895673
374448897	0,02025967	0,012637217	0,017344809	0,01658016	0,015291655	0,014097246
375350701	0,019976329	0,012302011	0,016665517	0,016124492	0,014538779	0,013463399
376252505	0,019926666	0,012039525	0,016284116	0,015792723	0,013789803	0,01286088
377154308	0,019946263	0,012105462	0,016002941	0,015448613	0,013206677	0,012437766
378056112	0,020061396	0,012166482	0,015765635	0,015207424	0,012800415	0,012262406
378957915	0,020498964	0,012490238	0,015730597	0,015387002	0,01266411	0,012110316
379859719	0,021083329	0,012957564	0,015943976	0,015572205	0,012440692	0,012139568
380761523	0,021637675	0,013485027	0,016080631	0,015920599	0,012275731	0,012210204
381663326	0,022212301	0,013939506	0,016094434	0,016140118	0,012046739	0,012296108
382565130	0,022873557	0,014387463	0,016123895	0,016443506	0,011938711	0,012402627
383466933	0,023865835	0,015018053	0,016352101	0,017087851	0,012184757	0,012831641

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
384368737	0,025294892	0,015906563	0,017185143	0,018131414	0,012782366	0,013743265
385270541	0,02692836	0,01710858	0,01841434	0,019368442	0,013508915	0,014953524
386172344	0,028448013	0,018306495	0,019538786	0,02054386	0,014161386	0,016164933
387074148	0,0297922	0,019472669	0,020847077	0,02186369	0,014974611	0,017291035
387975951	0,031484222	0,021059933	0,022494476	0,023632579	0,016304419	0,018810267
388877755	0,033507374	0,022895995	0,024216277	0,025610969	0,01789818	0,020465843
389779559	0,035489452	0,024626802	0,025626308	0,027272068	0,019120013	0,021978697
390681362	0,036970457	0,026246638	0,026841285	0,028653827	0,020104194	0,023151676
391583166	0,03779511	0,027453006	0,027604244	0,029414547	0,020962172	0,02386721
392484969	0,038156931	0,028240359	0,028044706	0,029834458	0,021586409	0,0243964
393386773	0,038195147	0,028664313	0,028138985	0,030121633	0,022073328	0,024995111
394288577	0,038741548	0,029383016	0,028490163	0,030596597	0,02264465	0,025198438
395190380	0,039598473	0,030198063	0,02929585	0,031731109	0,023356395	0,025617643
396092184	0,04050832	0,031227139	0,030458363	0,032994114	0,024636705	0,026582531
396993987	0,041664439	0,032463765	0,031489312	0,034270444	0,026061528	0,027793022
397895791	0,042639442	0,033500163	0,032365042	0,035094576	0,02709839	0,028704211
398797595	0,043525897	0,034374755	0,03334087	0,036246454	0,028082216	0,029500243
399699398	0,044786212	0,035490598	0,034521356	0,037612691	0,029559612	0,030629566
400601202	0,046069582	0,036573635	0,035878978	0,038959688	0,031280171	0,031858592
401503006	0,047251048	0,037664026	0,037005581	0,039947572	0,032668509	0,033150256
402404809	0,048195058	0,038545593	0,038031678	0,040927296	0,033859074	0,034063454
403306613	0,048824996	0,039280906	0,039041946	0,041962242	0,035002994	0,0348063
404208416	0,05018283	0,040638716	0,040779513	0,043782726	0,037086288	0,036359925
405110220	0,052265367	0,04253855	0,042827709	0,045987208	0,039672776	0,038861985
406012024	0,05451263	0,04479828	0,045497893	0,048211891	0,042492322	0,041267049
406913827	0,057109757	0,04742617	0,04787533	0,051067014	0,044887705	0,04375628
407815631	0,059399928	0,049654356	0,050273777	0,053477842	0,047662678	0,046033307
408717434	0,062045854	0,052499657	0,052618454	0,056412968	0,050777025	0,048636645
409619238	0,065369159	0,055689145	0,055603868	0,059759771	0,054347896	0,051565175
410521042	0,068139934	0,058784538	0,058342475	0,062654791	0,057077061	0,053908368

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
411422845	0,069797098	0,060661483	0,060105957	0,064506733	0,058888661	0,055766434
412324649	0,071182892	0,062507026	0,061658082	0,066164256	0,060454206	0,057448405
413226452	0,07286888	0,064299649	0,063210225	0,068020792	0,062158889	0,058982504
414128256	0,074167108	0,065919345	0,064303172	0,069510391	0,063593244	0,060064458
415030060	0,075119075	0,067013023	0,065321655	0,070609031	0,06481711	0,061040521
415931863	0,076005675	0,068537896	0,066684445	0,071951024	0,066560345	0,062340463
416833667	0,077255524	0,070310066	0,068050446	0,07363378	0,068001975	0,063592132
417735470	0,077793895	0,071009412	0,068411452	0,074352118	0,068764754	0,064270705
418637274	0,077914101	0,071189068	0,068294213	0,074372815	0,068921046	0,064347991
419539078	0,077590945	0,071162265	0,068108992	0,074182025	0,068777298	0,064364362
420440881	0,077007905	0,071128051	0,067805137	0,073755331	0,068521702	0,064050951
421342685	0,076387965	0,070521697	0,067342769	0,073186642	0,068046876	0,063800176
422244488	0,075888231	0,070330806	0,067088637	0,072673347	0,067530148	0,063661913
423146292	0,075298065	0,06980031	0,066443133	0,0719836	0,06683801	0,063099981
424048096	0,074190977	0,068866254	0,065193042	0,070718743	0,065663912	0,061924881
424949899	0,072593821	0,067500923	0,06381689	0,069342416	0,064317718	0,060618397
425851703	0,07128978	0,066552515	0,062618673	0,068012385	0,063222611	0,059618607
426753507	0,070788552	0,065975026	0,061985439	0,067535703	0,062574872	0,059139966
427655310	0,071199032	0,066238542	0,062073743	0,0678003	0,062651101	0,05942176
428557114	0,072360567	0,067222081	0,063089885	0,068859097	0,063536402	0,060530552
429458917	0,07399185	0,068765036	0,064477301	0,070363388	0,064989621	0,062030562
430360721	0,075146275	0,069909162	0,065572148	0,071401019	0,066214455	0,063105654
431262525	0,075883024	0,070624752	0,066273702	0,072228321	0,066936254	0,063737075
432164328	0,07660788	0,071259478	0,066991791	0,072857246	0,067603492	0,06418387
433066132	0,076973461	0,071594922	0,06728495	0,073309147	0,067867484	0,064397078
433967935	0,07695092	0,071478693	0,067264901	0,073369083	0,067972076	0,064308805
434869739	0,076673971	0,071019748	0,067039461	0,073199965	0,067810926	0,063996763
435771543	0,076026836	0,070322961	0,066558161	0,072525654	0,067636275	0,063305883
436673346	0,075646625	0,069745288	0,066090299	0,07192619	0,067342816	0,06285677
437575150	0,07535509	0,069064072	0,065670271	0,071131962	0,066840111	0,062417531

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
438476953	0,07493749	0,068443049	0,065233502	0,070411705	0,066214323	0,061996973
439378757	0,074186217	0,067560454	0,064571203	0,069547029	0,065479145	0,061311275
440280561	0,073125421	0,066541248	0,063980342	0,068543424	0,064754261	0,060559105
441182364	0,071993876	0,06545977	0,063480099	0,067501469	0,06408887	0,059934255
442084168	0,070579864	0,064209575	0,062875646	0,066157732	0,063076398	0,059157294
442985971	0,068786906	0,062652728	0,061812714	0,064543927	0,061653969	0,058168513
443887775	0,066610787	0,060798356	0,060288127	0,06260091	0,059822182	0,056895788
444789579	0,064310811	0,058818823	0,058510049	0,060688474	0,058057297	0,055439789
445691382	0,062278803	0,057104271	0,056889522	0,058950676	0,056538801	0,054136129
446593186	0,060484602	0,055619799	0,055305402	0,05738142	0,055252832	0,052936122
447494989	0,059110371	0,054390393	0,05393929	0,056013285	0,054268181	0,051962731
448396793	0,058318248	0,053697559	0,053067455	0,055083502	0,05365051	0,05142207
449298597	0,05784306	0,053351256	0,052511374	0,054611651	0,053236614	0,05117174
450200400	0,057377528	0,053029566	0,051920622	0,054274684	0,052874539	0,050869246
451102204	0,056968147	0,05288005	0,051552165	0,05414072	0,052861903	0,050713453
452004008	0,057060525	0,053093273	0,051733102	0,054349284	0,053341053	0,050904034
452905811	0,057486363	0,053687116	0,052446909	0,05486529	0,053988957	0,051521199
453807615	0,058099847	0,054519415	0,053288392	0,055622451	0,05466275	0,05249046
454709418	0,058620423	0,055370359	0,054056474	0,056497094	0,05525948	0,053424179
455611222	0,058918656	0,055866535	0,054545032	0,057215463	0,055767313	0,054084555
456513026	0,059092897	0,056315004	0,055014402	0,057837269	0,05634871	0,054473678
457414829	0,059363322	0,056810816	0,055521328	0,058303928	0,057125224	0,055040439
458316633	0,059963312	0,057475505	0,056365933	0,058865529	0,057857938	0,055864643
459218436	0,060981011	0,058655734	0,057543286	0,059811671	0,058725723	0,057205309
460120240	0,061868395	0,059783189	0,058670179	0,060938894	0,059564086	0,058394577
461022044	0,062486623	0,060782928	0,059543734	0,062055522	0,060594894	0,059488209
461923847	0,063043577	0,061539036	0,060400739	0,063038037	0,061679517	0,06019837
462825651	0,063645622	0,062285766	0,061246557	0,063614546	0,062636903	0,060888389
463727454	0,064014663	0,062765112	0,061960063	0,063831319	0,063138802	0,061465083
464629258	0,06441133	0,063320354	0,062514176	0,064164064	0,063360289	0,062325738

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
465531062	0,064415349	0,063515084	0,062520498	0,064289867	0,063151032	0,062613225
466432865	0,064183658	0,063416275	0,062317039	0,064404237	0,062981402	0,062751498
467334669	0,064174981	0,063633157	0,062483089	0,064601898	0,063197447	0,062936032
468236472	0,064484472	0,063988562	0,06298896	0,064748461	0,063646636	0,06357546
469138276	0,064870291	0,064591981	0,063442031	0,064839852	0,063833204	0,064111956
470040080	0,065428972	0,06499072	0,063730586	0,064915498	0,063748007	0,064620807
470941883	0,065976775	0,065409256	0,063922642	0,065210791	0,063731894	0,064930682
471843687	0,066472603	0,065643496	0,06394443	0,065270809	0,063591852	0,065085031
472745490	0,067101543	0,065869071	0,063887104	0,065132083	0,063481524	0,065121196
473647294	0,068228992	0,066212764	0,063898047	0,065119141	0,063450629	0,065362027
474549098	0,070242068	0,067248165	0,064606228	0,065786072	0,063929122	0,06605082
475450901	0,073428788	0,069149681	0,066195884	0,067441177	0,065267932	0,067504324
476352705	0,077732948	0,071730731	0,06856785	0,070030842	0,067534565	0,069612545
477254509	0,082876111	0,074932527	0,071527162	0,073351586	0,070455026	0,07209288
478156312	0,088587427	0,078337138	0,074914364	0,077235083	0,073915103	0,074630116
479058116	0,095327464	0,082524088	0,079164516	0,08192331	0,078305437	0,077904624
479959919	0,10355945	0,087783018	0,08486684	0,087896802	0,084082641	0,082425314
480861723	0,113056074	0,093984751	0,091737294	0,095032166	0,091082567	0,087944901
481763527	0,124339614	0,101668297	0,100169645	0,103920227	0,099613338	0,094887801
482665330	0,136837949	0,110766008	0,110302046	0,114520456	0,109929081	0,103290927
483567134	0,149903907	0,121092393	0,122201496	0,1267013	0,121600486	0,113371116
484468937	0,162508992	0,132098704	0,135117993	0,139521189	0,134085521	0,12499083
485370741	0,173148694	0,142949635	0,148141592	0,15208643	0,145881492	0,137303131
486272545	0,181276235	0,15341183	0,16055936	0,163750595	0,156573786	0,150291939
487174348	0,185924583	0,16213209	0,170948612	0,173321625	0,165246976	0,162386373
488076152	0,185541017	0,167193484	0,177379083	0,178568899	0,170467159	0,171465933
488977955	0,181826118	0,168933958	0,180083879	0,179847416	0,172784453	0,177028135
489879759	0,175145406	0,167034275	0,178855151	0,176824237	0,171022702	0,178180804
490781563	0,166120983	0,161774861	0,173578678	0,170400961	0,165142647	0,174723752
491683366	0,155168452	0,153633509	0,164820301	0,161362917	0,156305038	0,167099076

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
492585170	0,143047627	0,143636686	0,153821952	0,150577042	0,146196168	0,156633957
493486973	0,131203452	0,132932949	0,142249454	0,139189625	0,135903572	0,145063628
494388777	0,120342365	0,122483951	0,130992894	0,128009169	0,125693571	0,133510701
495290581	0,110378867	0,112535144	0,120311649	0,117526266	0,115804031	0,122499887
496192384	0,101481446	0,103653525	0,110728563	0,10812493	0,106835007	0,112414524
497094188	0,093621717	0,095641228	0,102188884	0,099833564	0,098830384	0,103508882
497995991	0,086643064	0,088460894	0,09464712	0,092466114	0,091647848	0,095338382
498897795	0,080437192	0,081942269	0,087873447	0,08584911	0,085141306	0,088069429
499799599	0,074814783	0,075975622	0,081711381	0,079729138	0,079155369	0,081428754
500701402	0,069736539	0,070585513	0,076048792	0,074108224	0,073727579	0,075425465
501603206	0,064847084	0,065583238	0,070851236	0,068900255	0,068787873	0,069878091
502505010	0,060352383	0,060999338	0,066001653	0,064047813	0,064186305	0,064808055
503406813	0,056387628	0,057015956	0,061616571	0,059729971	0,060112979	0,060292699
504308617	0,052751577	0,053314471	0,057482918	0,055778918	0,056238487	0,056041953
505210420	0,049018358	0,049626658	0,053429996	0,051912138	0,052390673	0,051910899
506112224	0,045597643	0,04616989	0,049729601	0,048267003	0,048812248	0,048133984
507014028	0,042501376	0,043050246	0,046545381	0,04487388	0,045542278	0,044783362
507915831	0,039919619	0,040343974	0,043847301	0,042064468	0,042841643	0,042080564
508817635	0,038287097	0,03849716	0,041961925	0,040117361	0,040952174	0,040127503
509719438	0,037281542	0,037220044	0,040494816	0,038738882	0,039520926	0,038524363
510621242	0,036383678	0,036028321	0,039083899	0,037477301	0,038195922	0,037022477
511523046	0,035144336	0,034648085	0,037467107	0,036098682	0,036741605	0,035410773
512424849	0,033555762	0,032946698	0,035677786	0,0344226	0,035156796	0,033613172
513326653	0,032216003	0,031451827	0,034214254	0,032932691	0,033759836	0,032199296
514228456	0,031347203	0,030420829	0,033292048	0,031822846	0,032688736	0,031233102
515130260	0,030555273	0,029622722	0,032566115	0,030947142	0,03168562	0,030540688
516032064	0,029775662	0,028955155	0,03188115	0,030247548	0,030844706	0,029858226
516933867	0,029211278	0,028460583	0,031369862	0,029788601	0,030267648	0,029413324
517835671	0,029121179	0,028353465	0,03133529	0,029729768	0,030209534	0,029408595
518737474	0,029498274	0,028688956	0,031744119	0,030122866	0,030567143	0,029876317

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
519639278	0,030075095	0,029116338	0,032265789	0,030620879	0,031029786	0,030447792
520541082	0,030679349	0,029591361	0,032842107	0,031218234	0,031527116	0,031026167
521442885	0,03156262	0,030334646	0,033717314	0,032091836	0,032363453	0,031880246
522344689	0,032719941	0,031365157	0,034899046	0,033311221	0,03353687	0,033141612
523246492	0,034104231	0,032615161	0,036447148	0,034734038	0,03497679	0,034730795
524148296	0,035704826	0,034053652	0,03821506	0,036353995	0,036547474	0,036437682
525050100	0,037453565	0,035572499	0,040034119	0,038101388	0,038240681	0,038112357
525951903	0,038805756	0,036740029	0,041421	0,039515011	0,039589875	0,039369343
526853707	0,039832391	0,037366636	0,04234569	0,040326911	0,040477529	0,040235388
527755511	0,04086257	0,038055659	0,043476233	0,04118336	0,041416565	0,041350131
528657314	0,042376967	0,039138133	0,045069643	0,042341414	0,042402067	0,043014471
529559118	0,043752869	0,040163249	0,046223425	0,043507208	0,043239132	0,044331781
530460921	0,045000553	0,041012379	0,047198815	0,044670455	0,044005293	0,04538184
531362725	0,046089896	0,041803405	0,048208281	0,045642561	0,045021054	0,046323451
532264529	0,047436587	0,042812968	0,049373943	0,046320162	0,046154352	0,047444895
533166332	0,049058316	0,044091241	0,050372065	0,047267854	0,047006985	0,048397003
534068136	0,050687665	0,045399113	0,051260679	0,048132558	0,047335307	0,049261121
534969939	0,051501874	0,046124244	0,051279058	0,048840939	0,047449161	0,049245738
535871743	0,051725734	0,04621295	0,050828834	0,048982065	0,04766883	0,048755399
536773547	0,052137646	0,046339717	0,050619944	0,0489789	0,048421434	0,048362997
537675350	0,052948896	0,046773962	0,05097123	0,048756931	0,049182609	0,048442778
538577154	0,054475704	0,047799654	0,051751019	0,049293013	0,049808769	0,048973015
539478957	0,056608251	0,049408193	0,052915945	0,050545733	0,050325944	0,050153963
540380761	0,058855141	0,051169753	0,054120446	0,052721737	0,051665102	0,051399221
541282565	0,061376391	0,052949273	0,056240356	0,055315686	0,054159553	0,053161102
542184368	0,064478709	0,055315727	0,059061855	0,058019647	0,057741172	0,055293815
543086172	0,06832569	0,058359657	0,062990921	0,06094931	0,061664704	0,058530317
543987975	0,072938219	0,06241313	0,067321332	0,064728628	0,065243084	0,06240962
544889779	0,0779029	0,06692188	0,0718755	0,069374096	0,068361469	0,066846295
545791583	0,08200694	0,070817993	0,0756183	0,074061563	0,071648689	0,070558048

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
546693386	0,085161982	0,073554855	0,078955564	0,077719201	0,074802442	0,073603321
547595190	0,088172914	0,076090736	0,081728275	0,08054298	0,077996994	0,076272154
548496993	0,090280875	0,077952172	0,083566659	0,082081379	0,079755727	0,078025737
549398797	0,092130212	0,079669757	0,084619362	0,083577261	0,080613691	0,079167329
550300601	0,09321356	0,080566016	0,08477175	0,084700013	0,080789168	0,07938033
551202404	0,092952697	0,07997083	0,083857105	0,084359446	0,080325651	0,078352412
552104208	0,091596628	0,078711888	0,082256262	0,083076803	0,079396097	0,076834798
553006012	0,090206778	0,077222271	0,079915269	0,081316547	0,077569985	0,074559515
553907815	0,08852865	0,075408087	0,076900281	0,079524994	0,075505498	0,071622283
554809619	0,086461225	0,072897248	0,073476577	0,077145155	0,073137358	0,068382775
555711422	0,083323007	0,069727376	0,069336729	0,073838337	0,070203239	0,064614987
556613226	0,079801213	0,066032113	0,064628719	0,070077906	0,066685767	0,060070926
557515030	0,075769919	0,061997306	0,059668565	0,066352118	0,06359589	0,054967462
558416833	0,071117037	0,057264534	0,054488891	0,061897292	0,060014687	0,049496449
559318637	0,066349768	0,052777248	0,050108452	0,057888233	0,057185638	0,044846418
560220440	0,062134188	0,049038615	0,04656222	0,054549804	0,055375455	0,041266267
561122244	0,058642616	0,04607741	0,04361266	0,052219661	0,05464815	0,038637374
562024048	0,055341219	0,044045911	0,04143974	0,05049773	0,055187709	0,036830901
562925851	0,053164711	0,04400428	0,041289963	0,050191811	0,056960492	0,036418935
563827655	0,051622329	0,044641276	0,042286587	0,050870884	0,058972132	0,037326743
564729458	0,049949485	0,045319477	0,044037115	0,052356015	0,061321777	0,039188282
565631262	0,048579554	0,046664806	0,04679001	0,054816179	0,065168837	0,04200396
566533066	0,048577544	0,049371277	0,0507358	0,058058835	0,070538377	0,045944506
567434869	0,050226841	0,053261321	0,055878658	0,061916918	0,07624709	0,050779502
568336673	0,053156242	0,057874525	0,061400377	0,066299266	0,081368012	0,056710223
569238476	0,055775502	0,061953679	0,066444661	0,071159068	0,085783919	0,062182375
570140280	0,057501265	0,065288744	0,070628054	0,075591776	0,089942333	0,066902604
571042084	0,058091614	0,067784605	0,074685596	0,079616443	0,094782505	0,070342108
571943887	0,059321208	0,070742665	0,07922252	0,082996404	0,099996352	0,074705764
572845691	0,060611703	0,073916516	0,083901923	0,085814011	0,104142606	0,079422828

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
573747494	0,062678488	0,078118733	0,08910427	0,08983153	0,10803183	0,08564815
574649298	0,063514701	0,081886972	0,093313941	0,094274459	0,111566625	0,090513434
575551102	0,064283186	0,085400745	0,097046368	0,099006327	0,11562067	0,095258332
576452905	0,064838841	0,08866261	0,100396092	0,103252272	0,120054669	0,0990322
577354709	0,065974376	0,091677206	0,104047747	0,106311677	0,124065304	0,103304291
578256513	0,06729253	0,094582028	0,107796885	0,108874408	0,127165532	0,107418967
579158316	0,068522918	0,097364529	0,111100128	0,111316027	0,12898384	0,111631081
580060120	0,068491667	0,099136522	0,112858768	0,113252541	0,129929643	0,11390938
580961923	0,06737695	0,099447851	0,113001563	0,113956546	0,13021817	0,115069039
581863727	0,065503293	0,098851666	0,11222459	0,11341456	0,130298948	0,114746113
582765531	0,064151767	0,098350933	0,111971655	0,112239392	0,129849244	0,115188066
583667334	0,062767549	0,097428337	0,111070782	0,110273024	0,128041546	0,114925294
584569138	0,061214686	0,096295723	0,109535196	0,108260863	0,125601505	0,114518713
585470941	0,059089571	0,094460966	0,106702846	0,106069711	0,122470633	0,112619325
586372745	0,056841032	0,09220441	0,103651451	0,103195116	0,119369994	0,110218572
587274549	0,055137285	0,09038096	0,101152848	0,100529411	0,116697953	0,107964495
588176352	0,053904365	0,088809135	0,099036993	0,098062972	0,114102225	0,106149247
589078156	0,052682066	0,087086496	0,096712984	0,095490617	0,111287807	0,104356565
589979959	0,051433661	0,084960171	0,094108976	0,092703297	0,107899466	0,102159268
590881763	0,049773146	0,08224068	0,090900229	0,089545959	0,104151867	0,09911647
591783567	0,048122091	0,079440994	0,087622848	0,086212549	0,100356683	0,095798667
592685370	0,046430462	0,076439475	0,08443912	0,082753073	0,096598933	0,092535333
593587174	0,044722912	0,073520791	0,081261646	0,079188533	0,092669399	0,089284624
594488977	0,043060987	0,070785242	0,078158818	0,075945767	0,088965669	0,086241469
595390781	0,041703706	0,068224468	0,075298758	0,072909475	0,085536924	0,083291017
596292585	0,040340696	0,065565319	0,072289234	0,069961527	0,082100376	0,080090301
597194388	0,038822445	0,062998742	0,069197656	0,066993304	0,078680465	0,076821172
598096192	0,037199335	0,060393499	0,066096301	0,064067283	0,075368169	0,073533483
598997995	0,035838498	0,057829941	0,063156776	0,061205327	0,072210939	0,070333239
599899799	0,034558784	0,055281456	0,060338892	0,058520289	0,069196156	0,067462486

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
600801603	0,033666892	0,053090288	0,057995851	0,056054406	0,066348873	0,064920561
601703406	0,03275053	0,050825937	0,055504147	0,053745787	0,063543025	0,06229544
602605210	0,03165051	0,048510033	0,052737234	0,051365601	0,060523918	0,05936469
603507014	0,030351719	0,046151074	0,050023811	0,048947545	0,057643616	0,056506307
604408817	0,028922196	0,043716989	0,047377719	0,046332433	0,054647587	0,053629318
605310621	0,027440476	0,041315706	0,044795017	0,043796705	0,051808485	0,050752093
606212424	0,026145581	0,038999541	0,042493612	0,041462074	0,049040648	0,047959663
607114228	0,02476222	0,036665977	0,040120417	0,03928234	0,04644877	0,045197887
608016032	0,023577752	0,034487748	0,037859735	0,037281666	0,044137707	0,042546508
608917835	0,022458736	0,032626853	0,036051335	0,035703363	0,042373795	0,040103005
609819639	0,021338391	0,0310686	0,034470181	0,034159719	0,040880367	0,038023276
610721442	0,020202276	0,029667975	0,033014122	0,032735231	0,03938669	0,036344372
611623246	0,019100369	0,028429024	0,031607862	0,03159881	0,038075683	0,034705616
612525050	0,017845678	0,027369761	0,030466603	0,030837119	0,037035688	0,033227442
613426853	0,01684894	0,026501345	0,029664152	0,030361857	0,03665099	0,032096171
614328657	0,015843892	0,025889982	0,029124144	0,029930126	0,036697841	0,03108844
615230460	0,014918058	0,025266354	0,028646377	0,029310652	0,036493175	0,030178474
616132264	0,014221128	0,024875028	0,028246953	0,02894088	0,036323951	0,029481519
617034068	0,013170837	0,024304889	0,027633471	0,028540018	0,036018901	0,028561973
617935871	0,011803353	0,023595724	0,026929375	0,028215631	0,036034253	0,027537596
618837675	0,010544079	0,023239	0,026522429	0,028063814	0,036504745	0,026706162
619739478	0,009574161	0,023044295	0,026284993	0,027928962	0,036868065	0,026151704
620641282	0,008705698	0,022904387	0,02604198	0,027788371	0,037146774	0,025609502
621543086	0,007986364	0,022734844	0,025870617	0,027744889	0,037667552	0,025114764
622444889	0,007651519	0,022824754	0,025906465	0,02785439	0,038617328	0,024925202
623346693	0,007877793	0,023154519	0,026064194	0,027961745	0,039601916	0,024775817
624248496	0,009117071	0,024032579	0,026554985	0,028491642	0,040618106	0,02493238
625150300	0,01039679	0,025006757	0,027198413	0,029470329	0,041632408	0,025301113
626052104	0,011813416	0,026019383	0,027675291	0,030616608	0,043043475	0,025570531
626953907	0,013256444	0,027253357	0,028428597	0,031848841	0,04514891	0,025926237

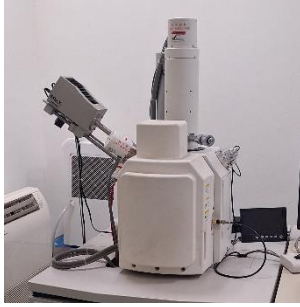
Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
627855711	0,015017343	0,028756461	0,029667565	0,033256555	0,047586703	0,026876266
628757515	0,01667064	0,030464116	0,0312373	0,03490302	0,050012015	0,02809487
629659318	0,018356194	0,032430933	0,032974483	0,03686425	0,052460648	0,029720306
630561122	0,019700427	0,034305698	0,034679273	0,038890672	0,055014658	0,031267471
631462925	0,021049606	0,036156741	0,036186233	0,040738806	0,057743398	0,032656152
632364729	0,022471619	0,037755505	0,037628167	0,042548276	0,060409119	0,033724323
633266533	0,023598616	0,038996426	0,038751382	0,043882518	0,062433063	0,034485522
634168336	0,024522677	0,039821276	0,039338915	0,044879817	0,064062535	0,034709939
635070140	0,025518437	0,040604456	0,039680023	0,045489539	0,065642279	0,034789453
635971943	0,026587582	0,041101656	0,039822085	0,046000101	0,066901378	0,034377748
636873747	0,027846244	0,041567345	0,04009825	0,046443625	0,067992931	0,033919499
637775551	0,029471356	0,042545701	0,040780849	0,047318028	0,069458745	0,033731651
638677354	0,031346923	0,0435291	0,041499918	0,048440308	0,070808277	0,03388434
639579158	0,032848103	0,043970299	0,041988619	0,049058948	0,071698262	0,033541162
640480961	0,034053882	0,044128068	0,042376272	0,049460126	0,072152985	0,033073997
641382765	0,035459514	0,04460261	0,043149609	0,049991667	0,072492236	0,032990992
642284569	0,036774582	0,045124126	0,044053055	0,05074806	0,072892731	0,033314053
643186372	0,037875648	0,045569437	0,044968791	0,051637693	0,073277831	0,033548063
644088176	0,039353495	0,046331262	0,046499702	0,052553431	0,074003293	0,034649566
644989979	0,04139776	0,047630644	0,04865788	0,053937703	0,074962569	0,036596239
645891783	0,043552502	0,049186606	0,051067571	0,055283548	0,075311375	0,039306337
646793587	0,045224127	0,050558574	0,052901905	0,057267845	0,075617845	0,041729614
647695390	0,045733948	0,051077274	0,054608192	0,058579457	0,076029558	0,043838015
648597194	0,046215653	0,05150983	0,056371609	0,059624525	0,077237148	0,045915898
649498997	0,047331114	0,052757864	0,058848907	0,060085388	0,078434883	0,048890666
650400801	0,049456153	0,054860538	0,061514027	0,061597978	0,079148966	0,052387141
651302605	0,051861273	0,057422932	0,064469426	0,063663697	0,079101714	0,056261249
652204408	0,053790028	0,059740079	0,067022712	0,06701028	0,080117279	0,059733371
653106212	0,054840865	0,061396493	0,069565466	0,069529257	0,081977949	0,062749
654008016	0,055780223	0,062780917	0,072050501	0,071405671	0,084708242	0,065481659

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
654909819	0,056796659	0,064479219	0,074594591	0,072508946	0,086703224	0,068249725
655811623	0,058495278	0,066732172	0,077184978	0,074342223	0,088314255	0,071374962
656713426	0,059961034	0,069071944	0,079719147	0,076553893	0,089433349	0,074485294
657615230	0,06091207	0,070823157	0,081597366	0,079006014	0,090796542	0,077026427
658517034	0,061617717	0,072284074	0,083384868	0,080785491	0,092541333	0,079299355
659418837	0,062720743	0,0741844	0,085574472	0,082632333	0,095046028	0,081841224
660320641	0,064105683	0,076439363	0,088285944	0,084588729	0,097549059	0,084701218
661222444	0,065145984	0,078543566	0,09061436	0,086653607	0,09950854	0,087413591
662124248	0,065772893	0,080157025	0,092341859	0,088429345	0,100877707	0,089686159
663026052	0,066066126	0,081496392	0,093640029	0,089760526	0,102213952	0,091611683
663927855	0,066530131	0,082961538	0,09502926	0,091160975	0,10357746	0,093585545
664829659	0,066922053	0,084332201	0,096189438	0,092318804	0,104788488	0,095409808
665731462	0,067110259	0,085409752	0,097048519	0,093279791	0,105701476	0,096952367
666633266	0,067167559	0,086204361	0,097575563	0,093931681	0,106193907	0,098137662
667535070	0,067247627	0,086860691	0,097929129	0,094342254	0,106478869	0,09924652
668436873	0,06744019	0,087519698	0,098303984	0,094522223	0,106639447	0,100194084
669338677	0,06797412	0,088246762	0,098777731	0,094812491	0,10695297	0,101183881
670240480	0,068726579	0,089222746	0,099306076	0,095522182	0,107445764	0,102191359
671142284	0,069595445	0,090222169	0,099838457	0,096402408	0,108030474	0,103185318
672044088	0,070551808	0,091338062	0,100453373	0,097238383	0,108725557	0,104061188
672945891	0,071674114	0,092452856	0,101171738	0,098291123	0,109421117	0,104881907
673847695	0,072720721	0,09325597	0,101502021	0,099092492	0,109830832	0,105505846
674749498	0,073959532	0,093937024	0,101725866	0,099890585	0,11008212	0,105766477
675651302	0,075147084	0,094498058	0,101866503	0,100554137	0,110373792	0,105658242
676553106	0,076526174	0,095060364	0,102235017	0,101239208	0,110770706	0,105588843
677454909	0,078466337	0,096169159	0,103094955	0,102407009	0,111808276	0,105826096
678356713	0,081190801	0,097959308	0,104762604	0,10428317	0,113622073	0,106706535
679258517	0,084269765	0,100112805	0,106765716	0,106693956	0,115799346	0,107991948
680160320	0,087442678	0,102447714	0,108967837	0,109368013	0,118153272	0,109423599
681062124	0,090715987	0,104810479	0,111431559	0,112240572	0,12083859	0,111158324

Frekuensi (Hz)	Daging Ayam	Daging Ikan	Daging Bebek	Daging Kambing	Daging Babi	Daging Sapi
681963927	0,094510476	0,107799777	0,114399645	0,115640604	0,124079973	0,113394366
682865731	0,098702292	0,111326008	0,117855995	0,119426522	0,127695915	0,116032538
683767535	0,102930781	0,114658271	0,121082322	0,123144082	0,131069744	0,118483854
684669338	0,107580211	0,118323882	0,124701097	0,127361889	0,134815704	0,121509216
685571142	0,112077935	0,121995213	0,128404472	0,131671301	0,13871554	0,124614836
686472945	0,115773118	0,125149144	0,131600708	0,13518902	0,14213324	0,127389388
687374749	0,11942614	0,128451998	0,134927308	0,138550802	0,145601956	0,130146098
688276553	0,122963553	0,131638706	0,138082156	0,141750124	0,148899601	0,132401069
689178356	0,126589777	0,135212302	0,141588637	0,145518981	0,152687314	0,134934875
690080160	0,13026131	0,138653195	0,144888108	0,149334288	0,156527797	0,137400094
690981963	0,133653049	0,141816369	0,147785362	0,152763399	0,160254153	0,139422767
691883767	0,137289798	0,145446797	0,151170824	0,156432826	0,164248776	0,141850391
692785571	0,141528815	0,150038067	0,155404349	0,161006453	0,168978763	0,145145232
693687374	0,146957166	0,155818256	0,161047884	0,166756987	0,174892084	0,149900044
694589178	0,153293467	0,162456803	0,167884199	0,173604248	0,181808782	0,156099963
695490981	0,160500722	0,169918332	0,175958129	0,181361544	0,189683898	0,163441585
696392785	0,168745215	0,178745587	0,184934457	0,190146986	0,198855756	0,171712486
697294589	0,176863148	0,187503409	0,194138614	0,199009298	0,208231221	0,180146568
698196392	0,184782242	0,196120613	0,203220873	0,20783836	0,21750979	0,188700504
699098196	0,192037125	0,203751116	0,211913123	0,215603371	0,225504312	0,196760358
700000000	0,198152939	0,210748199	0,219729206	0,222700653	0,232825842	0,204442357
Rata-rata	0,060429978	0,060907385	0,064838893	0,065421089	0,067559615	0,062585748

LAMPIRAN C
GAMBAR ALAT DAN BAHAN

Lampiran C. Gambar Alat dan Bahan



Gambar C. 1 Alat Pengujian SEM



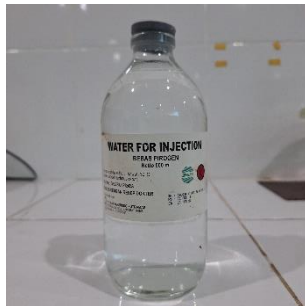
Gambar C. 2 Alat Pengujian UV-Vis



Gambar C. 3 Alat Pengujian XRD



Gambar C. 4 Aluminium Foil



Gambar C. 5 Akuabides



Gambar C. 6 Akuades



Gambar C. 7 Batang Pengaduk



Gambar C. 8 Binder Clip



Gambar C. 9 Blender



Gambar C. 10 Box Oscilator



Gambar C. 11 Cat Piloc



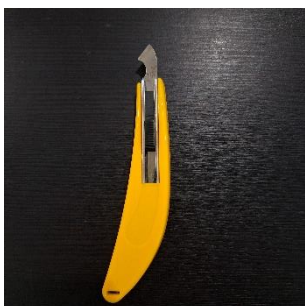
Gambar C. 12 Cawan Petri



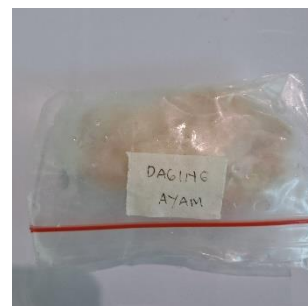
Gambar C. 13 Cool Box



Gambar C. 14 Cutter



Gambar C. 15 Cutter Akrilik



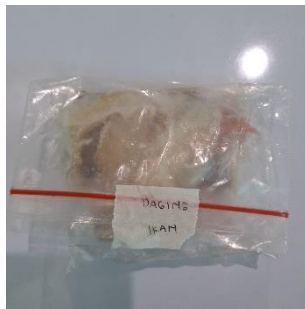
Gambar C. 16 Daging Ayam



Gambar C. 17 Daging Babi



Gambar C. 18 Daging Bebek



Gambar C. 19 Daging Ikan



Gambar C. 20 Daging Kambing



Gambar C. 21 Daging Sapi



Gambar C. 22 Desikator



Gambar C. 23 Foam Tape



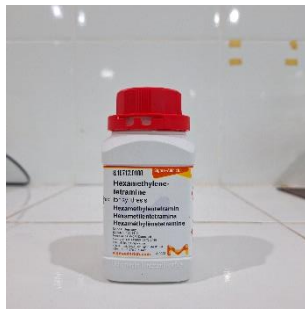
Gambar C. 24 Gelas Piala



Gambar C. 25 Gunting



Gambar C. 26 Hair Dryer



Gambar C. 27 Heksa Metil Tetra
Amin (HMTA)



Gambar C. 28 Ion Sputter Coater
SEM



Gambar C. 29 Kabel Koaksial



Gambar C. 30 Kawat Pengikat



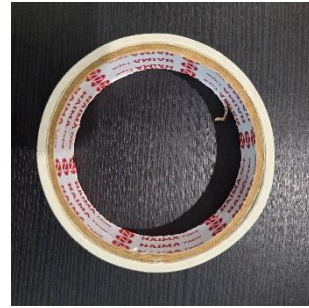
Gambar C. 31 Kertas Minyak



Gambar C. 32 Kertas Saring *Whatman*



Gambar C. 33 Kotak Penyimpanan
Substrat



Gambar C. 34 Lakban Kertas



Gambar C. 35 Loyang



Gambar C. 36 Neraca Analitik



Gambar C. 37 Oven



Gambar C. 38 Penggaris



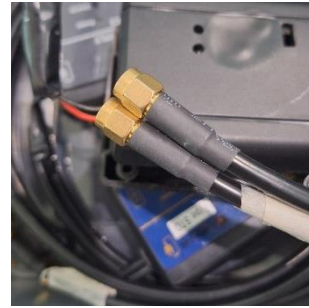
Gambar C. 39 Perak Nitrat (AgNO_3)



Gambar C. 40 Pinset



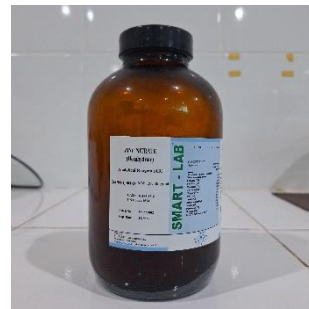
Gambar C. 41 Pipet Tetes



Gambar C. 42 Port BNC



Gambar C. 43 Sarung Tangan Latex



Gambar C. 44 Seng Nitrat Heksa Hidrat
($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$)



Gambar C. 45 Spatula



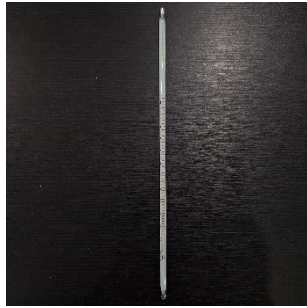
Gambar C. 46 Spin Coater



Gambar C. 47 Substrat PMMA



Gambar C. 48 Tembaga Foil



Gambar C. 49 Termometer



Gambar C. 50 *Ultrasonic Cleaner*



Gambar C. 51 *Vector Network Analyzer (VNA)*



Gambar C. 52 *Wrap Plastic*



Gambar C. 53 Lem Tembak

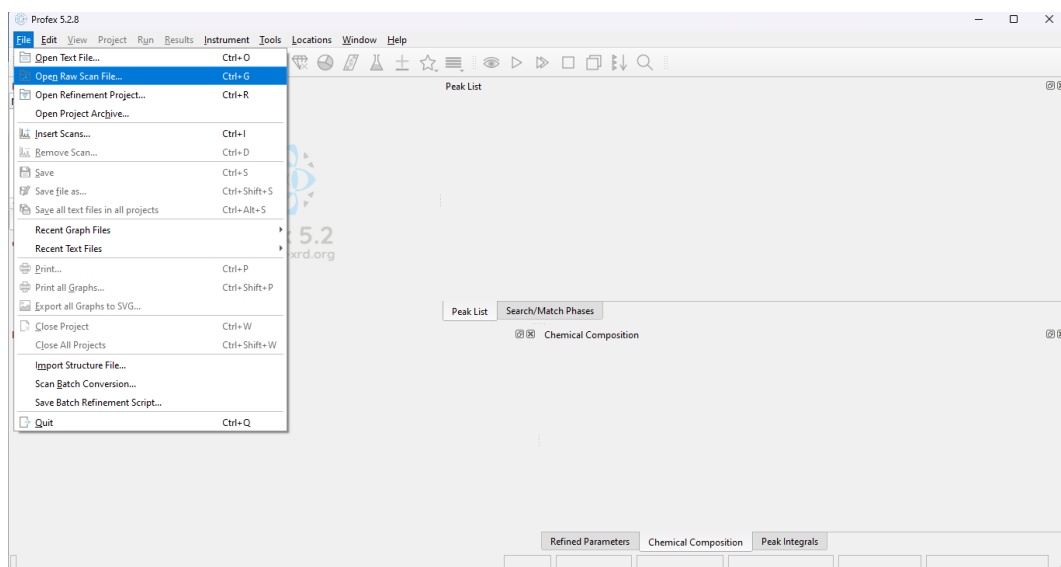


Gambar C. 54 Amidis

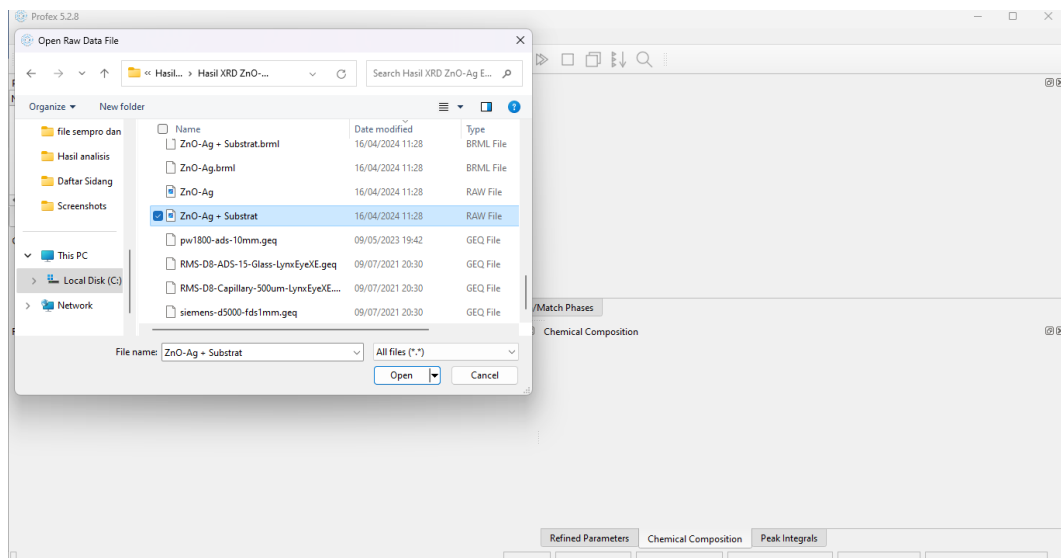
LAMPIRAN D
ANALISIS POLA XRD

Analisis XRD dapat ditentukan dengan bantuan berbagai *software*, salah satunya adalah *software* Profex. *Software* Profex merupakan salah satu jenis *software* yang dapat digunakan dalam identifikasi puncak sudut dua tetha, memberi informasi mengenai indeks miller, dan juga kuantitas fasa suatu senyawa berdasarkan hasil XRD. Profex merupakan *software* analisis yang dapat diakses secara gratis. *File* masukan yang dapat dideteksi dengan *software* Profex adalah dengan menggunakan teks ataupun *raw file* hasil XRD. Adapun tahapan penggunaan *software* Profex versi 5.2.8 adalah sebagai berikut [.

1. Tekan menu *File* lalu pilih *Open Raw Scan File*



2. Pilih *file* dengan format *.raw*



3. Mengatur konfigurasi instrumen yang digunakan pada alat XRD

The screenshot shows the Profex 5.2.8 interface. The central plot shows the XRD pattern for ZnO-Ag (2).raw. The right-hand panel is used for configuring the search and refinement process. Key settings include:

- Instrument configuration:** Characteristic radiation (CU), Wavelength: 0,0500000 nm.
- Refinement:**
 - Number of iterations: 10
 - Minimum angle: 5,00
 - Maximum angle: 90,00
 - Set number of background coefficients: 10
 - Unit cell variability: Strict

At the bottom of the 'Search/Match Phases' panel, a 'Peak List' table is partially visible:

Peak List	Search/Match Phases

4. Menentukan fasa yang akan dideteksi

The screenshot shows the phase detection results in Profex 5.2.8. The 'Search/Match Phases' panel indicates that 1 phase has been detected. The 'Repositories' section shows a list of phase categories and their corresponding number of phases:

Repositories	Number of phases
C:\Program Files\Profex 5...	1
SIC	26
Phosphate	73
Organic	12
Minerals	100
MetalsAlloysOxides	46
MarsMineralCompen...	241
Ceramics	101
Cement	12
Cement-PST	53
BGMN	415
Alumina-Titania-Zirc...	17
C:\Users\user\AppData\Loc...	0

The 'Refinement Protocol' section at the bottom provides a detailed log of the refinement process:

```

Refinement Protocol
N= 14 It= 10
0 1.045328E-06
1 5.806737E-05 6.930E-05 1.000E-01 1.000
2 3.753585E+05 2.864E-05 2.000E-02 1.000
3 2.303090E+05 1.983E-05 4.000E-03 1.000
4 1.624423E+05 1.057E-05 8.000E-04 1.000
5 1.556410E+05 1.210E-04 1.600E-04 1.000
6 1.555973E+05 8.006E-01 3.200E-05 1.000
3.1694903E-01 3.5325124E-01 2.5000000E-03* 2.0824547E-04 3.7638542E+02
3.3832704E+02 2.4292440E+02 2.4528427E+02 2.9659361E+02 2.7119038E+02
2.2628619E+02 2.3614382E+02 1.7252434E+02 0.0000000E+00*
    
```

5. Menentukan unsur penyusun fasa lalu klik ikon mata di bagian atas

The screenshot shows the Profex 5.2.8 interface. On the left, the XRD pattern for 'ZnO-Ag (2).raw' is displayed, showing intensity (counts) on the y-axis (0 to 4000) and diffraction angle (2θ) on the x-axis (20.00 to 90.00). The main window shows the 'Search/Match Phases' panel with a periodic table where 'Zn' is highlighted in green. Below the periodic table, there are options for 'Change all' (Optional, Mandatory) and 'At least one', 'Discard optional', 'Discarded'.

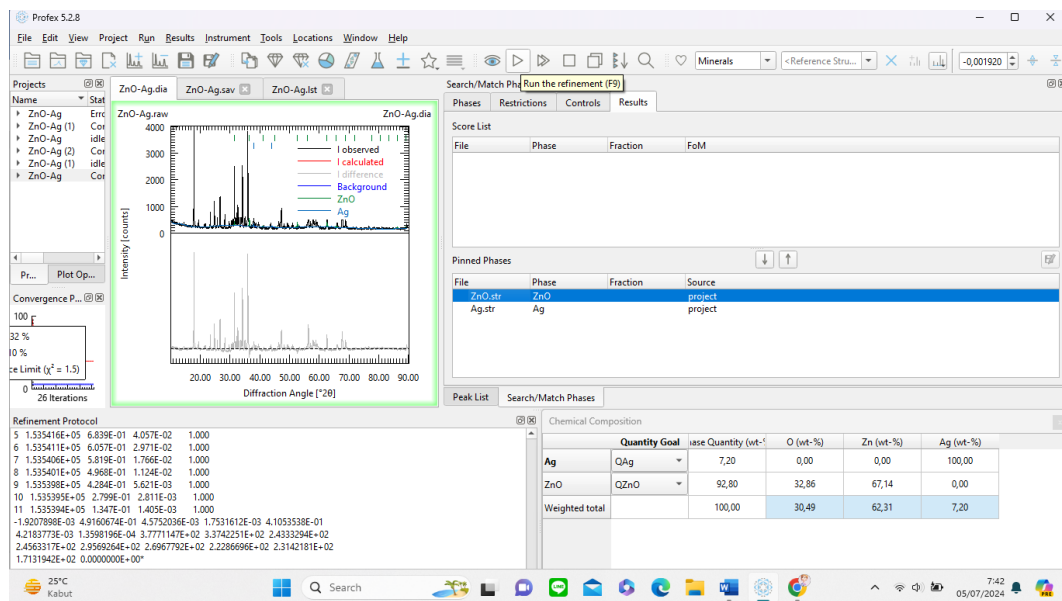
6. Klik dua kali pada senyawa yang dihasilkan hingga berubah menjadi *matched* pada bagian *phinned phases*

The screenshot shows the Profex 5.2.8 interface. The XRD pattern is the same as in the previous screenshot. The 'Search/Match Phases' panel now shows a 'Score List' table with the following data:

File	Phase	Fraction	FoM
ZnFe2O4.str	ZnFe2O4	100.00	0.026650
ZnO.str	ZnO	100.00	0.026175
ZnAl2O4.str	ZnAl2O4	100.00	0.024991

The 'ZnO.str' entry is highlighted in blue. Below the table, there is a 'Pinned Phases' section with an empty table.

7. Klik *run the refinement* pada bagian menu dengan ikon berupa tombol mulai untuk mendapatkan nilai komposisi kimia



8. Pada menu *run* klik *run peak detection* untuk mengetahui indeks hkl

