

**PENGARUH BERAT  $\text{KMnO}_4$  DAN WAKTU OKSIDASI DI  
METODE *HUMMERS* TERHADAP STRUKTUR,  
MORFOLOGI DAN KONDUKTIVITAS  
LISTRIK MEMBRAN  $\text{ZnO/GO}$   
MELALUI SPRAY COATING**

**SKRIPSI**

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapat Gelar Sarjana Teknik Pada  
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



**MUHAMMAD IRFAN**

**3334160075**

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

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

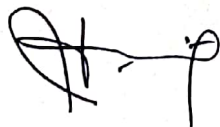
**PENGARUH BERAT  $KMnO_4$  DAN WAKTU OKSIDASI DI  
METODE *HUMMERS* TERHADAP STRUKTUR,  
MORFOLOGI DAN KONDUKTIVITAS  
LISTRIK MEMBRAN  $ZnO/GO$   
MELALUI SPRAY COATING**

**SKRIPSI**

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapat Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan  
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing 1



Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc.  
NIP. 197804102003121001

Pembimbing 2



Yus Rama Denny M, S.Si., M.Si., Ph. D  
NIP. 198206222009121002

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PENGARUH BERAT  $KMnO_4$  DAN WAKTU OKSIDASI DI  
METODE *HUMMERS* TERHADAP STRUKTUR,  
MORFOLOGI DAN KONDUKTIVITAS  
LISTRIK MEMBRAN  $ZnO/GO$   
MELALUI SPRAY COATING**

Disusun dan diajukan oleh:

**Muhammad Irfan**

**3334160075**

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal

**22 Juni 2022**

Susunan Dewan Penguji

Penguji I (Ketua Sidang) : Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc.

Penguji II : Yus Rama Denny M, S.Si., M.Si., Ph. D

Penguji III : Suryana, S.T., M.Si

Tanda Tangan

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

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



**Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc.**

**NIP. 197804102003121001**

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pengaruh Berat  $KMnO_4$  dan Waktu Oksidasi di Metode *Hummers* terhadap Struktur, Morfologi dan Konduktivitas Listrik Membran ZnO/GO Melalui Spray Coating  
Nama : Muhammad Irfan  
NIM : 3334160075  
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya saya sendiri dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian 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 pernyataan ini.

Cilegon, Juni 2022



**Muhammad Irfan**

**NIM. 3334160075**

## ABSTRAK

Di era yang serba digital ini, teknologi seperti produk elektronik merupakan hal yang penting. Menghilangkan ketergantungan pada produk elektronik, khususnya ilmuwan material, diharapkan dapat menghasilkan material yang berukuran kecil dan ringan, namun memiliki sifat elektronik dan mekanik yang baik. Dengan teknologi thin film diharapkan dapat diperoleh suatu bahan yang berkualitas baik, sehingga dapat diaplikasikan ke dalam suatu bahan. Dewasa ini perkembangan penelitian tentang penumbuhan lapisan tipis semakin maju yang dapat diaplikasikan untuk bidang komunikasi, ilmu teknik dan teknologi lainnya termasuk aplikasi dalam fisika, yang digunakan dalam industri elektronika, mikro elektronika untuk perangkat bahan semikonduktor. *Zinc Oxide* (ZnO) merupakan salah satu bahan dasar pembuatan lapisan tipis. ZnO adalah material semikonduktor tipe-n golongan II-IV dengan lebar band gap 3,20 eV pada suhu kamar, Selain itu, ZnO memiliki sifat emisi yang dekat dengan sinar UV, fotokatalis, konduktivitas dan transparansi yang tinggi. Bahan ini digunakan sebagai bahan dasar lapisan tipis, karena memiliki beberapa keunggulan dalam aplikasinya, terutama dalam bidang sensor, sel surya, serta *nanodevice*. *Grafena oxide* (GO) merupakan bahan yang baik sebagai substrat pertumbuhan untuk nanomaterial dengan morfologi dan karakteristik yang dapat dioptimalkan. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan membran ZnO/GO. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan berat  $\text{KMnO}_4$  dan waktu oksidasi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap struktur, morfologi dan konduktivitas listrik membran ZnO/GO. Membran ZnO/GO pada penelitian ini dibuat dengan proses filtrasi vakum untuk mendapatkan membran GO dan dilanjutkan dengan proses *spray coating* untuk mendeposisikan ZnO. Hasil penelitian menunjukkan waktu oksidasi pada metode *Hummers* yang optimal adalah 3 jam dan berat  $\text{KMnO}_4$  pada metode *Hummers* yang optimal adalah 8 gram. Nilai sheet resistance terendah didapat pada sampel dengan waktu oksidasi 3 jam dan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram sebesar 0,4898k $\Omega$ /sq. Nilai konduktivitas listrik tertinggi didapat pada sampel dengan waktu oksidasi 3 jam dan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram sebesar 8,0514S/m. Nilai Intensitas pita G dan D pada spektrum Raman terdapat pada sampel dengan waktu oksidasi 3 jam dan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram. Analisis XRD yang didapat menunjukkan membran ZnO/GO memiliki unsur karbon dengan struktur kristal ortorombik dan memiliki unsur zinc dengan struktur kristal heksagonal

**Kata Kunci :** *Zinc Oxide*, *Grafena oxide*, semikonduktor, konduktivitas listrik

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan sekaligus Koordinator Skripsi Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, serta sebagai Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Yus Rama Denny M., S.Si., M.Si., Ph. D. sebagai Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak, ibu, dan keluarga penulis yang tak pernah lelah memberi motivasi, semangat, serta do'a untuk menyelesaikan penelitian ini.
4. Keluarga kontrakan Alamanda 23 yang telah membantu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pihak lain yang membaca.

Cilegon, Juni 2022

Muhammad Irfan

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>BAB I _PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II _TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Karbon.....	5
2.2 Grafena .....	7
2.2.1 Grafena Oksida .....	8
2.3 Sintetis Grafena Oksida (Metode <i>Hummers</i> ) .....	9

2.4	Seng Oksida .....	10
2.5	Filtrasi Vakum.....	11
2.6	Spray Pyrolisis .....	13
2.7	Karakterisasi <i>Membran</i> .....	14
	2.7.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	14
	2.7.2 <i>Raman Spectroscopy</i> .....	15
	2.7.3 Konduktivitas Listrik ( <i>Four Point Probe</i> ) .....	17

### **BAB III \_METODE PENELITIAN**

3.1	Diagram Alir Penelitian .....	19
3.2	Alat dan Bahan.....	21
	3.2.1 Alat .....	21
	3.2.2 Bahan .....	21
3.3	Prosedur Penelitian.....	22
	3.3.1 Tahap Sintesis Grafena Oksida .....	22
	3.3.2 Tahap Pembuatan Membran GO .....	22
	3.3.3 Tahap Pembuatan Lapisan Tipis ZnO pada substrat GO .....	23
	3.3.4 Tahap Karakterisasi Lapisan Tipis .....	23

### **BAB IV \_HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Data Hasil Penelitian.....	24
4.2	Konduktivitas Listrik .....	25
4.3	<i>Raman Spectroscopy</i> .....	32
4.4	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	37

### **BAB V \_KESIMPULAN DAN SARAN**



5.1 Kesimpulan .....	42
5.2 Saran.....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>
LAMPIRAN A_CONTOH PERHITUNGAN .....	49
LAMPIRAN B_DATA HASIL PENELITIAN .....	51
LAMPIRAN C_ALAT DAN BAHAN.....	56

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1. Sifat Grafena .....	6
Tabel 4.1 Data Pengujian <i>Four Point Probe</i> .....	24
Tabel 4.2 Data Pengujian <i>Raman Spectroscopy</i> .....	24

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Jenis Alotrop Karbon .....	6
Gambar 2.2 (a) Grafena dan (b) Grafena Oksida .....	9
Gambar 2.3 Skema Proses Pembuatan Membran GO dengan Filtrasi Vakum.....	12
Gambar 2.4 Skema Proses <i>Spray Pyrolysis</i> .....	14
Gambar 2.5 Skema Proses <i>X-Ray Diffraction</i> .....	15
Gambar 2.6 Skema Proses <i>Raman Spectroscopy</i> .....	16
Gambar 2.7 Skema Proses Four Point Probe .....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	20
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Waktu Oksidasi pada penambahan KMnO <sub>4</sub> 6 gram.....	25
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Waktu Oksidasi pada penambahan KMnO <sub>4</sub> 8 gram.....	26
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Waktu Oksidasi pada penambahan KMnO <sub>4</sub> 10 gram.....	27
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Penambahan KMnO <sub>4</sub> pada Waktu Oksidasi 2 jam.....	28
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Penambahan KMnO <sub>4</sub> pada Waktu Oksidasi 3 jam.....	29
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Penambahan KMnO <sub>4</sub> pada Waktu Oksidasi 4 jam.....	30

Gambar 4.7 Raman Spektrum dari Membran GO .....	33
Gambar 4.8 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO <sub>4</sub> 6 gram dan waktu oksidasi 2 jam.....	35
Gambar 4.9 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO <sub>4</sub> 6 gram dan waktu oksidasi 3 jam.....	35
Gambar 4.10 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO <sub>4</sub> 8 gram dan waktu oksidasi 2 jam.....	36
Gambar 4.11 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO <sub>4</sub> 6 gram dan waktu oksidasi 2 jam.....	36
Gambar 2.12 Hasil Karakterisasi XRD .....	37
Gambar 2.13 Hasil Karakterisasi XRD GO Standar .....	38
Gambar 2.14 Hasil Karakterisasi XRD Membran ZnO/GO dengan Berat KMnO <sub>4</sub> 6 gram.....	39
Gambar 2.15 Hasil Karakterisasi XRD Membran ZnO/GO dengan Berat KMnO <sub>4</sub> 8 gram.....	40
Gambar 2.16 Hasil Karakterisasi XRD Membran ZnO/GO dengan Berat KMnO <sub>4</sub> 10 gram.....	41
Gambar B.1 Raman Spektrum dari Membran GO.....	48
Gambar B.2 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO <sub>4</sub> 6 gram dan waktu oksidasi 2 jam.....	48
Gambar B.3 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO <sub>4</sub> 6 gram dan waktu oksidasi 3 jam.....	49
Gambar B.4 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO <sub>4</sub>	

8 gram dan waktu oksidasi 2 jam.....	49
Gambar B.5 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO <sub>4</sub>	
6 gram dan waktu oksidasi 2 jam.....	50
Gambar C.1 Furnace .....	52
Gambar C.2 Gelas Beker.....	52
Gambar C.3 <i>Magnetic Stirrer</i> .....	52
Gambar C.4 Neraca Digital.....	52
Gambar C.5 Filtrasi Vakum .....	52
Gambar C.6 <i>Ultrasonic Bath</i> .....	52
Gambar C.7 Filtrasi Vakum .....	52
Gambar C.8 <i>Air Brush Kit</i> .....	52
Gambar C.9 Grafit.....	53
Gambar C.10 Air Deionisasi .....	53
Gambar C.11 Zinc Acetate Dihydrate.....	53
Gambar C.12 Isopropanol .....	53
Gambar C.13 <i>Membrane filter mix cellulose ester</i> .....	53
Gambar C.14 Aseton.....	53
Gambar C.15 Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) 98%.....	53
Gambar C.16 Asam Nitrat (HNO <sub>3</sub> ).....	53
Gambar C.17 Potasium Permanganat (KMnO <sub>4</sub> ) .....	54
Gambar C.18 Hidrogen Peroxide (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) 30% .....	54
Gambar C.19 Asam Klorida (HCl) 37% .....	54

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di era yang serba digital ini, teknologi seperti produk elektronik merupakan hal yang penting. Menghilangkan ketergantungan pada produk elektronik, khususnya ilmuwan material, diharapkan dapat menghasilkan material yang berukuran kecil dan ringan, namun memiliki sifat elektronik dan mekanik yang baik. Dengan teknologi thin film diharapkan dapat diperoleh suatu bahan yang berkualitas baik, sehingga dapat diaplikasikan kedalam suatu bahan. Dewasa ini perkembangan penelitian tentang penumbuhan lapisan tipis semakin maju yang dapat diaplikasikan untuk bidang komunikasi, ilmu teknik dan teknologi lainnya termasuk aplikasi dalam fisika, yang digunakan dalam industri elektronika, mikro elektronika untuk perangkat bahan semikonduktor (Li, 2010).

ZnO merupakan salah satu bahan dasar pembuatan lapisan tipis. ZnO adalah material semikonduktor tipe-n golongan II-IV dengan lebar band gap 3,20 eV pada suhu kamar (Li, 2010). Selain itu, ZnO memiliki sifat emisi yang dekat dengan sinar UV, fotokatalis, konduktivitas dan transparansi yang tinggi. Bahan ini digunakan sebagai bahan dasar lapisan tipis, karena memiliki beberapa keunggulan dalam aplikasinya, terutama dalam bidang sensor, sel surya, serta *nanodevice* (Guanglong, 2007). *Grafena oxide* merupakan bahan yang baik sebagai substrat penumbuhan

untuk nanomaterial dengan morfologi dan karakteristik yang dapat dioptimalkan (Wang, 2010).

Peneliti sebelumnya (Kim, 2021) telah berhasil melakukan sintesis seng oksida di atas substrat grafena. Pada penelitian tersebut diperoleh film tipis seng oksida dengan struktur kristal berbentuk *nano wire*. Maka dari itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana struktur kristal lapisan tipis ZnO yang disintesis pada permukaan grafena oksida sekaligus guna mengetahui bagaimana berat  $\text{KMnO}_4$  dan waktu oksidasi di metode *Hummers* pada membran ZnO/GO mempengaruhi membran tersebut.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Grafrit memiliki beberapa ikatan antar karbon pada setiap layernya. Oleh karena itu dilakukan sintesis dengan metode *Hummers* untuk dapat memutus ikatan lapisan karbon grafrit sehingga menjadi beberapa lembaran grafena oksida. Dengan variasi oksidator kuat yaitu kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) dengan waktu oksidasi sehingga diharapkan mendapatkan grafena oksida yang lebih bagus dan dapat meningkatkan ikatan antara grafena oksida dengan ZnO.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini secara umum adalah untuk memperoleh cara mengendalikan morfologi dari ZnO nanokristal. Secara khusus, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan oksidator  $\text{KmnO}_4$  di reaksi *Hummers* pada membran ZnO/GO.
2. Mengetahui pengaruh waktu reaksi oksidasi pada membran ZnO/GO.
3. Mengetahui konduktivitas listrik dari membran ZnO/GO.

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Grafena oksida dibuat dengan metode *Hummers* yang dimodifikasi.
2. Larutan kimia yang digunakan untuk melakukan proses sintesis grafena oksida adalah asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ), kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ), hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), dan Isopropanol.
3. Variabel tetap pada proses sintesis grafena oksida adalah temperatur pemanasan  $85^\circ\text{C}$ , temperatur *ice bath*, dan temperatur hangat  $35^\circ\text{C}$ .
4. Membran GO dibuat dengan metode filtrasi vakum dan ZnO dideposisi diatas membran GO dengan metode *spray pyrolysis*.
5. Variabel tetap pada proses filtrasi vakum membran grafena oksida adalah berat grafena oksida 25 gram, volume akuades 10mL waktu pemanasan 30 menit dan suhu pemanasan  $55^\circ\text{C}$ .
6. Variabel tetap pada proses deposisi ZnO pada membran grafena oksida adalah konsentrasi ZnO 0,10 M, ukuran *nozzle* 0,5 mm, jarak *nozzle* terhadap membran sejauh 30 cm, dan waktu deposisi 5 menit.
7. Variabel bebas penelitian ini yaitu



- a. Waktu oksidasi pada proses sintesis grafena oksida dengan menggunakan metode *Hummers* yang dimodifikasi dengan variasi waktu 2 jam, 3 jam, dan 4 jam.
  - b. Penambahan berat  $\text{KMnO}_4$  pada proses sintesis grafena oksida dengan menggunakan metode *Hummers* yang dimodifikasi dengan variasi berat 6 gram, 8 gram, dan 10 gram.
8. Penelitian dilakukan di Laboratorium Metalurgi dan Laboratorium Material Fungsional Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota Cilegon.
  9. Karakterisasi untuk mengetahui sifat material menggunakan *Four Point Probe*, *X-Ray Diffraction (XRD)*, dan *Raman Spectroscopy*.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan penelitian ini terdiri atas lima bab. Bab 1 menjelaskan tentang latar belakang adanya penelitian, rumusan masalah merupakan dasar penelitian ini, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab 2 menjelaskan tentang teori-teori karbon, grafena, grafena oksida, metode yang digunakan, dan teori lainnya yang mendukung penelitian ini. Bab 3 menjelaskan mengenai bahan dan alat yang digunakan, tahapan proses dan uraian proses penelitian. Bab 4 menjelaskan mengenai hasil penelitian dan pembahasan yang didukung oleh literatur. Bab 5 menjelaskan mengenai kesimpulan penelitian yang dikaitkan dengan tujuan penelitian dan saran untuk penelitian berikutnya.

## **BAB II**

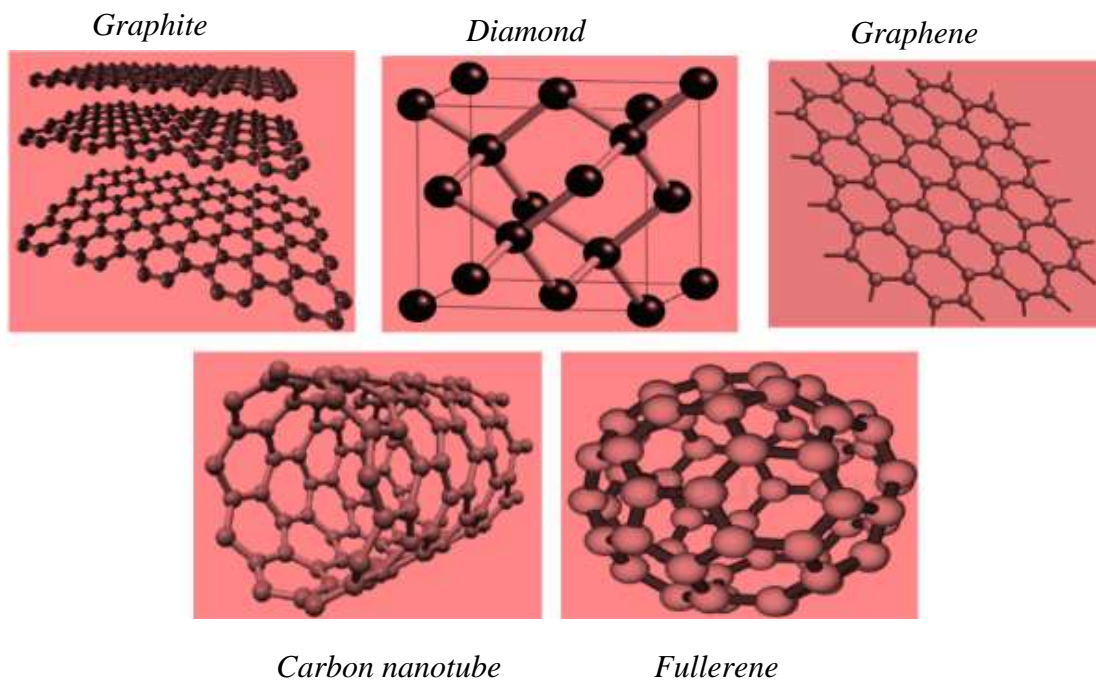
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Karbon**

Karbon merupakan unsur kimia yang mempunyai simbol C dengan nomor atom 6 dan termasuk unsur golongan IV A pada tabel periodik. Karbon merupakan unsur non-logam dan bervalensi 4 (tetravalen), yang berarti bahwa terdapat empat elektron yang dapat digunakan untuk membentuk ikatan kovalen (Ratna, 2008). Karbon adalah unik dan elemen yang sangat diperlukan di dunia kita; itu adalah elemen paling umum keenam di alam semesta dan elemen paling umum ke-4 di tata surya dan elemen paling umum ke-17 di kerak bumi. Salah satu sifat atom karbon yang menarik dan istimewa adalah katenasi yaitu kemampuan secara alamiah untuk melakukan ikatan dengan atom sesamanya membentuk rantai atau cincin karbon baik dengan ikatan tunggal maupun dengan ikatan rangkap (Canham, 2000). Alotropi karbon ditemukan di alam dalam tiga bentuk alotropik: amorphous, grafit dan berlian. Semua alotrop karbon berbentuk padat dalam kondisi normal, tetapi grafit merupakan alotrop yang paling stabil secara termodinamik di antara alotrop lainnya (Keenan, 1991).

Meskipun, unsur karbon jarang ditemukan di kerak bumi dengan hanya 0,2% dari total massa planet ini namun fungsinya sangat penting karena dapat membentuk ikatan dengan cahaya lain elemen dan dirinya sendiri. Dengan demikian, ilmu karbon sangat

trendi saat ini dan di bidang nanosains, ilmu material, teknik dan teknologi, struktur nano karbon diidentifikasi terdiri dari alotrop dimensi rendah dari karbon termasuk grafit, karbon aktif, *nanotube* karbon, dan keluarga *buckyballs* C<sub>60</sub>, molekul poliaromatik dan grafena. *Irectionality* yang unggul, luas permukaan yang tinggi, dan fleksibilitas membuat struktur nano cocok untuk berbagai aplikasi. Kemampuan ini membuka banyak bidang kimia baru untuk desain bahan nano, termasuk pertumbuhan fungsional susunan nanopartikel untuk aplikasi katalitik, sekuestrasi selektif bahan kimia untuk obat pengiriman, pencairan bahan perubahan fasa (PCM) oleh penambah konduktivitas termal (TCE) (Nasir, 2018). Beberapa jenis alotrop pada karbon dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Jenis Alotrop Karbon

## 2.2 Grafena

Grafena adalah susunan atom karbon monolayer dua dimensi, yang membentuk struktur kristal heksagonal seperti sarang lebah. Dibandingkan dengan bahan lain, grafena memiliki sifat yang unik dan unggul. Grafena tidak memiliki celah pita. Grafena dapat dibuat dengan mensintesis grafit atau bahan berkarbon dalam grafena. Menurut Geim (2007), grafit adalah material yang tersusun dari lembar grafena bertumpuk. Lembaran grafena disatukan oleh ikatan van der Waals. Jarak antara lembaran grafena adalah 0,335 nm dan jarak antara lembaran grafena paralel adalah 0,67 nm. Panjang ikatan kovalen rangkap antara atom C dalam lembaran grafena adalah 0,142 nm. Grafena termasuk dalam kelompok karbon. Karena grafena memiliki mobilitas elektron yang tinggi ( $10.000 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ ), luas permukaan spesifik yang besar ( $2.630 \text{ m}^2/\text{g}$ ), modulus elastisitas yang tinggi (1 TPa), dan konduktivitas termal yang tinggi  $3000 \text{ W/mK}$  (S. M. Choi, 2011). Grafena adalah lapisan tipis atom karbon, yang dapat diperoleh dengan metode pengelupasan atau pertumbuhan kimia. Metode pertumbuhan kimia dengan mereduksi grafena oksida menjadi oksida grafena tereduksi telah banyak digunakan untuk produksi grafena skala besar. Reagen yang saat ini digunakan sebagai reduktor meliputi natrium hidrida, hidrogen, sulfida, hidrazin hidrat,  $\text{NaBH}_4$ , dimetilhidrazin, dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Proses reduksi grafena oksida menggunakan hidrazin murni dalam fase larutan dapat menghasilkan grafena oksida tereduksi yang mengandung sedikit oksigen dan hidrogen (Feng, 2013).

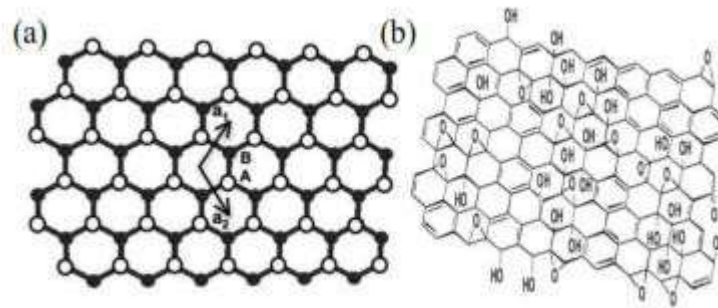
**Tabel 2.1** Sifat Grafena (Khalid dkk, 2017)

Sifat	Nilai
Konduktivitas Listrik	$0,96 \times 10^6 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Konduktivitas Termal	$4840-3000 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Sifat Optis	$>97,7\%$
Luas Permukaan	$0,052 \text{ nm}^2$
Massa Jenis	$0,77 \text{ mg/m}^2$

Lembaran grafena yang ditumpuk akan membentuk grafit, dimana lembaran-lembaran tersebut memiliki jarak antar lembaran sebesar 0,34 nm yang diikat oleh ikatan Van der Walls. Grafena memiliki jarak antar atom 0,14 nm dan memiliki ikatan kovalen (Geim, 2007).

### 2.2.1 Grafena Oksida

Grafena oksida merupakan senyawa turunan grafena dengan karakteristik yang serupa serta struktur yang mirip dengan grafena. Perbedaan tersebut yaitu pada struktur grafena yang berbentuk planar, sedangkan pada struktur grafena oksida terdapat adanya gugus oksigen di dalamnya sehingga membuat strukturnya terdapat lengkungan. Perbedaan grafena dengan grafena oksida dapat dilihat pada Gambar 2.2. Secara umum terlihat perbedaan antara grafena (a) dengan grafena oksida (b) yang ditandai hadirnya gugus hidroksil dan karbonil.



**Gambar 2.2** (a) Grafena dan (b) Grafena Oksida (Murat, dkk.2011)

### 2.3 Sintetis Grafena Oksida (Metode *Hummers*)

Sintesis grafena dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya yaitu *chemical exfoliation*, *chemical synthesis*, dan *chemical vapor deposition* (Bhuyan, 2016). *Chemical exfoliation* adalah metode sintesis grafena yang mudah dan murah serta dapat untuk memproduksi grafena untuk skala besar, dengan menggunakan reagen kimia sebagai agen pereduksi grafit. Namun, grafena yang dihasilkan memiliki tingkat kemurnian yang relatif rendah. *Chemical synthesis* merupakan metode yang hampir sama dengan *chemical exfoliation*, namun terdapat penambahan *hydrazine* yang bertujuan untuk mereduksi grafena yang terbentuk (Kim et al., 2009).

Sintesis grafena yang telah berkembang sampai saat ini yaitu metode Hummers yang dikembangkan oleh Hummers dan Offeman pada tahun 1958. Adanya modifikasi dan pengembangan yang dilakukan menjadikan metode Hummers paling banyak digunakan untuk proses sintesis grafena. Parameter penting yang dikembangkan oleh Hummers yaitu pada waktu reaksi yang lebih cepat dibandingkan metode sebelumnya.

Proses ini biasanya digunakan pada skala laboratorium untuk menghasilkan grafena yang lebih efisien dan murah. Grafena oksida dihasilkan dengan penambahan bahan-bahan kimia seperti asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) serta potassium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) (Wan et al, 2011).

## 2.4 Seng Oksida

Seng oksida ( $\text{ZnO}$ ) merupakan material yang berbentuk serbuk putih tak berbau dan tak dapat larut dalam air serta alkohol, dengan rumus kimia  $\text{ZnO}$ . Sebagai salah satu material keramik  $\text{ZnO}$  memiliki titik lebur yang mencapai  $1977^\circ\text{C}$ , meskipun  $\text{ZnO}$  akan terlebih dulu mengalami dekomposisi pada suhu mendekati titik leburnya. Walaupun termasuk material keramik,  $\text{ZnO}$  tidak tergolong material keras, dengan nilai kekerasan hanya 4,5 pada skala kekerasan Mohs. Material  $\text{ZnO}$  memiliki struktur heksagonal dengan tipe kristal wurtzite, dan memiliki parameter kisi pada sumbu  $a = 3,2495 \text{ \AA}$  dan sumbu  $c = 5,2069 \text{ \AA}$ . Sifat-sifat yang menarik dari material  $\text{ZnO}$  lainnya adalah anisotropi dalam struktur kristal, struktur cacat nonstoichiometric, transparansi optik dalam daerah cahaya tampak, dan indeks biasnya cukup tinggi. Berdasarkan sifat-sifat tersebut, lapisan tipis  $\text{ZnO}$  dapat dimanfaatkan sebagai window layer dan elektroda depan yang sangat konduktif dan transparan pada sel surya.  $\text{ZnO}$  juga termasuk ke dalam material semikonduktor tipe-n dengan struktur wurtzite karena nonstoichiometric dan bersifat transparan serta konduktif (Goldsmith dkk., 2006). Konduktivitas listrik dalam  $\text{ZnO}$  dapat ditimbulkan karena nonstoichiometric yang disebabkan oleh kelebihan ion-ion seng ( $\text{Zn}^{2+}$ ). Kelebihan kation ini diimbangi oleh

muatan negatif dengan jumlah yang sama, yaitu dua elektron. Elektron-elektron ini bebas bergerak di dalam kristal di bawah pengaruh medan listrik luar. ZnO memiliki energi celah yang besar  $\sim 3,37$  eV pada temperatur rendah dan 3,30 eV pada temperatur ruang (Liewhiran dkk., 2007).

## **2.5 Filtrasi Vakum**

Dalam filter vakum, kekuatan pendorong untuk filtrasi dihasilkan dari penerapan hisap pada sisi filtrat media. Meskipun penurunan tekanan teoretis yang tersedia untuk filtrasi vakum adalah 100 kPa, dalam praktiknya seringkali dibatasi hingga 70 atau 80 kPa atau bahkan kurang. Dalam aplikasi di mana fraksi partikel halus dalam padatan rendah, filter vakum yang sederhana dan relatif murah dapat menghasilkan endapan dengan kadar air yang sebanding dengan yang dikeluarkan oleh filter tekanan. Lebih jauh lagi, kategori ini mencakup satu-satunya filter yang benar-benar kontinu yang dibuat dalam ukuran besar yang dapat digunakan untuk kebutuhan pencucian, pengeringan, dan proses lainnya (Svarovsky, 2001). Keuntungan-keuntungan dari proses filtrasi vakum adalah sebagai berikut(Svarovsky, 2001):

1. Pengendapan gravitasi dapat terjadi sebelum vakum diterapkan. Dalam banyak kasus, ini dapat mencegah kebutaan berlebihan pada kain karena aksi pra-lapisan yang dibentuk oleh partikel yang lebih kasar.
2. Bahan berat atau kasar dapat disaring karena jika mengendap dari umpan, bahan tersebut akan menempel pada permukaan saringan.



3. Penetrasi partikel halus melalui media dapat ditoleransi karena filtrat awal dapat didaur ulang kembali ke sabuk.
4. Filter umpan atas ideal untuk pencucian kue, pengeringan kue, dan operasi proses lainnya seperti pencucian.
5. Tingkat kontrol yang tinggi dapat dilakukan atas pembentukan kue. Tunjangan dapat dibuat untuk pakan yang diubah dan/atau persyaratan kualitas kue yang berbeda. Hal ini terutama berlaku untuk filter vakum sabuk horizontal. Dengan unit ini, proporsi relatif sabuk yang dialokasikan untuk penyaringan, pencucian, pengeringan, dll., serta kecepatan vakum dan kualitas vakum, dapat dengan mudah diubah untuk menyesuaikan dengan perubahan proses.



**Gambar 2.3** Skema Proses Pembuatan Membran GO dengan Filtrasi Vakum(Wang, 2015)

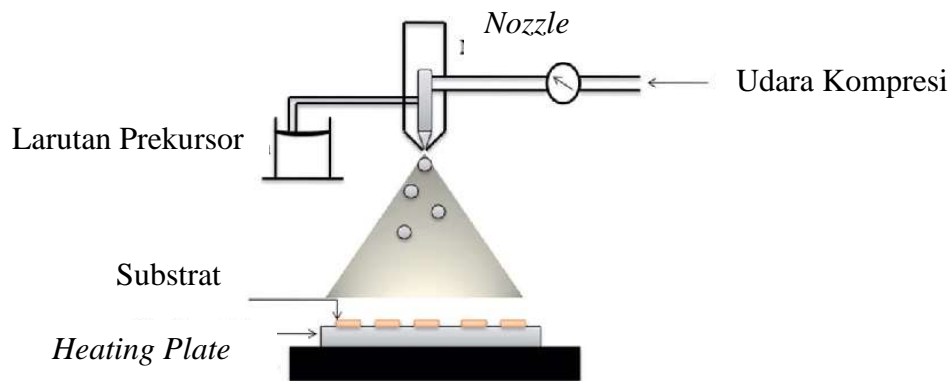
## 2.6 Spray Pyrolysis

*Spray pyrolysis* adalah metoda yang sangat umum digunakan dibanyak industri. Metode ini diinisiasi oleh atomisasi larutan dalam bentuk droplet ke dalam pemanas, dan akan menghasilkan partikel padatan. *Spray pyrolysis* adalah teknik serbaguna dan efektif untuk deposit lapisan logam oksida. *Spray pyrolysis* sangat terkenal dalam perancangan bentuk dan sifat partikel nanostruktur. Sehingga banyak partikel nanostruktur yang dapat dipabrikasi dengan menggunakan metode *spray pyrolysis* seperti pada semikonduktor, nanokristalin, *carbon nanotube*, dan sel surya. Peralatan *spray pyrolysis* terdiri dari alat penyemprot, precursor, pemanas substrat, dan suhu pengontrol (Perednis, 2003).

Ketika larutan precursor hasil proses atomisasi disemprotkan pada permukaan substrat, maka akan terjadi tumbukan dengan permukaan substrat dan mengakibatkan atom mengalami kehilangan energi. Setelah tumbukan, atom-atom akan menyebar pada permukaan substrat dan terjadi interaksi antar atom yang teradsorpsi. Fraksi dari atom akan menginisiasi terbentuknya suatu ikatan yang akan tumbuh dan bersatu membentuk suatu lapisan. Gambar 2.3 menggambarkan skema pembentukan pembentukan lapisan pada *spray pyrolysis* (Perednis, 2003).

Metode *spray pyrolysis* memiliki beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan teknik lain, seperti *sol-gel*, *spin-coating*, dan *dip-coating*. Kelebihan dari teknik ini yaitu proses yang sederhana dan biaya proses yang murah, serta efektif, hal ini terjadi karena peralatan yang digunakan sederhana. Proses ini tidak membutuhkan kualitas reagen dan substrat yang tinggi. Komposisi dari lapisan yang terbentuk dapat

dikendalikan melalui larutan precursor yang digunakan. Berbagai jenis lapisan telah banyak diproduksi menggunakan teknik spray pyrolysis dan teknik ini telah digunakan dalam skala industri hampir sepuluh tahun untuk memproduksi kaca, *solar cells*, dan *electrical conductive electrodes* (Perednis, 2003).



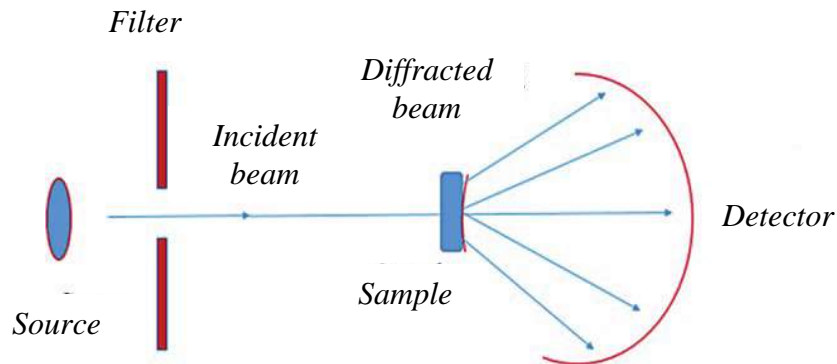
**Gambar 2.4** Skema Proses *Spray Pyrolysis*(Fidha, 2021)

## 2.7 Karakterisasi Membran

### 2.7.1 X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X merupakan salah satu metode baku yang penting untuk mengkarakterisasi material. Sampai saat ini, metode difraksi sinar-X digunakan untuk mendapatkan informasi struktur kristal material logam maupun paduan, mineral, polimer, material organik, dan superkonduktor (Barbero dkk, 2014). X-Ray Diffraction (XRD) memberikan data-data difraksi dan kuantisasi intensitas difraksi pada sudut-sudut dari suatu bahan. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi dan sudut- sudut  $2\theta$ . Tiap pola yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu (Widyawati, 2012). Pola

difraktogram yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai  $2\theta$  tertentu.



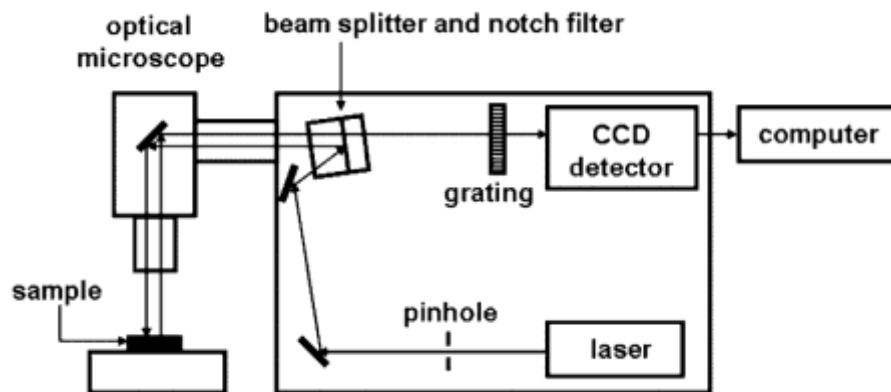
**Gambar 2.5** Skema Proses X-Ray Diffraction

Besarnya intensitas relatif dari deretan puncak-puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada, dan distribusinya di dalam sel satuan material tersebut. Pola difraksi setiap padatan kristalin sangat khas, yang bergantung pada kisi kristal, unit parameter, dan panjang gelombang sinar X yang digunakan. Dengan demikian, sangat kecil kemungkinan dihasilkan pola difraksi yang sama untuk suatu padatan kristalin yang berbeda (Widyawati, 2012).

### 2.7.2 Raman Spectroscopy

Spektroskopi Raman berkaitan dengan fenomena perubahan frekuensi ketika cahaya dihamburkan oleh molekul. Jika frekuensi cahaya datang adalah  $\nu_0$  dan komponen dari cahaya tersebar adalah  $\nu''$  maka pergeseran frekuensi  $\nu_r - \nu_0 = L\nu$  dapat berupa tanda positif atau negatif. Besarannya disebut sebagai

frekuensi Raman Himpunan frekuensi Raman dari spesies yang berhamburan membentuk spektrum Ramannya. Pergeseran frekuensi  $L\nu$  ekuivalen dengan perubahan energi  $L\nu$ / jam. Lebih mudah dan biasa untuk mengungkapkan hasil pengamatan dalam bentuk bilangan gelombang daripada frekuensi. Frekuensi  $\nu$ , tentu saja, adalah sejumlah getaran per detik. Kuantitas yang sesuai yang dinyatakan dalam bilangan gelombang (yang dalam buku ini akan digunakan simbol pembeda  $\nu$ ) adalah jumlah gelombang per sentimeter, dan berhubungan dengan  $\nu$  dengan persamaan  $\nu = \nu c$ , di mana  $c$  adalah kecepatan cahaya. Merupakan secara terus-menerus mengacu pada "frekuensi" dari sebuah garis spektrum (Szymanski H. A, 1967).



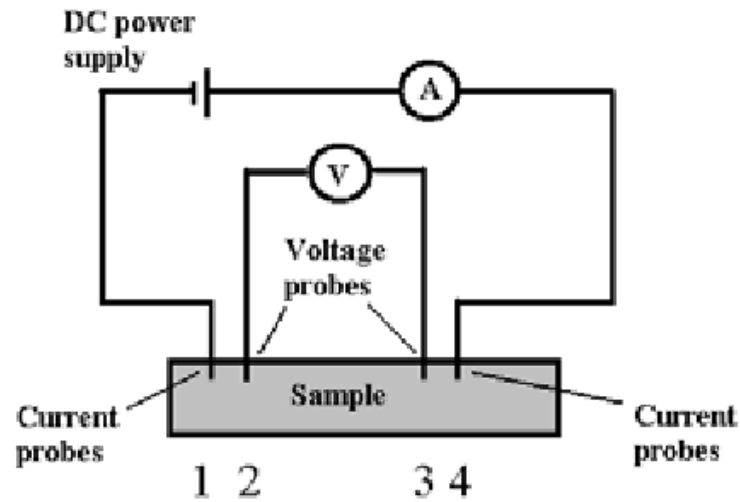
**Gambar 2.6** Skema Proses *Raman Spectroscopy* (Regionini, 2008)

Penemuan Raman terdiri dari pengamatan bahwa, ketika cahaya monokromatik frekuensi  $\nu_0$  digunakan, spektrum cahaya yang tersebar menunjukkan (selain garis Rayleigh) pola garis frekuensi bergeser-spektrum Raman. Pergeseran (frekuensi Raman) tidak bergantung pada frekuensi menarik  $\nu_0$  dan

merupakan karakteristik spesies yang menimbulkan hamburan. Pola pada sisi frekuensi rendah dari garis menarik (L1v negatif) "dicerminkan" oleh pola yang identik pada sisi frekuensi tinggi (L1v positif), tetapi intensitas untuk L1v negatif lebih besar daripada untuk L1v positif, dan yang terakhir menunjukkan penurunan yang cepat saat  $JL1vJ$  meningkat (Szymanski H. A, 1967).

### **2.7.3 Konduktivitas Listrik (*Four Point Probe*)**

Metode four point probe terdiri dari dua kontak bias yang menginjeksikan arus ke dalam sampel dan dua probe kontak yang mengukur penurunan tegangan yang dihasilkan di seluruh sampel. Pengukuran dengan arus yang tetap akan diperoleh suatu variasi beda tegangan yang berakibat akan terdapat variasi resistansi yang akan membawa suatu informasi tentang struktur dan material yang dilewatinya. Prinsip ini sama halnya dengan menganggap bahwa material memiliki sifat resistif, dimana material-materialnya memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghantarkan arus listrik. Probe merupakan komponen utama pada system pengukuran resistivitas. Probe berfungsi sebagai perantara untuk mengalirkan arus listrik ke bahan dan juga sebagai perantara untuk mengalirkan sinyal tegangan hasil pengukuran ke pembaca tegangan (Arief, 2019).



**Gambar 2.7** Skema Proses *Four Point Probe* (Alami, 2022)

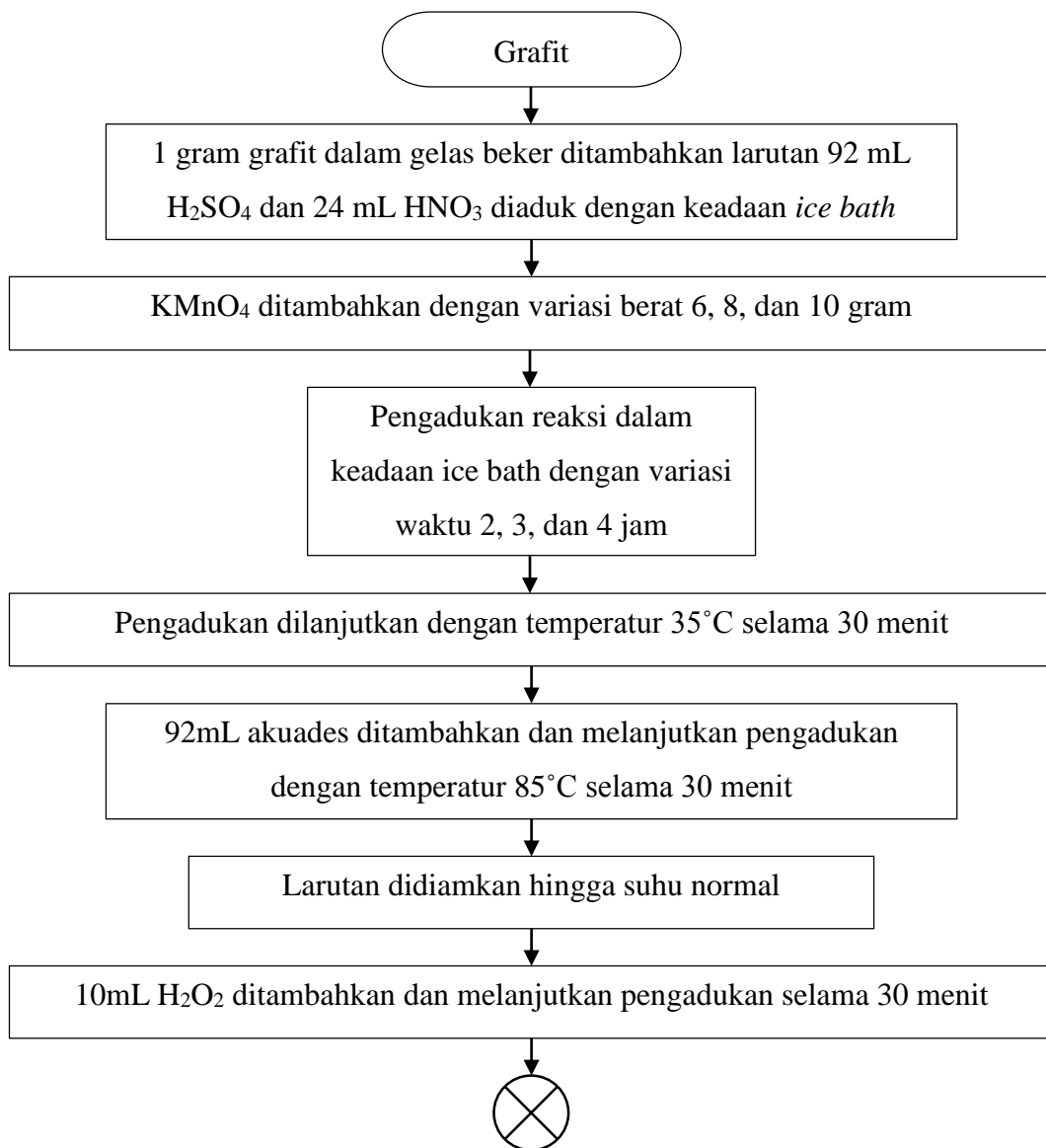
Tahanan jenis atau resistivitas adalah kemampuan suatu bahan untuk menahan arus listrik yang direpresentasikan dengan  $\rho$  (rho). Resistivitas sendiri memiliki satuan ohm-meter. Material terdiri dari kumpulan sejumlah besar atom atau molekul. Molekul terdiri atas banyak atom, sementara atom terdiri dari inti yang bermuatan positif dan dikelilingi oleh elektron yang bersifat negatif sehingga material umumnya memiliki sifat kelistrikan (Arief, 2019).

## BAB III

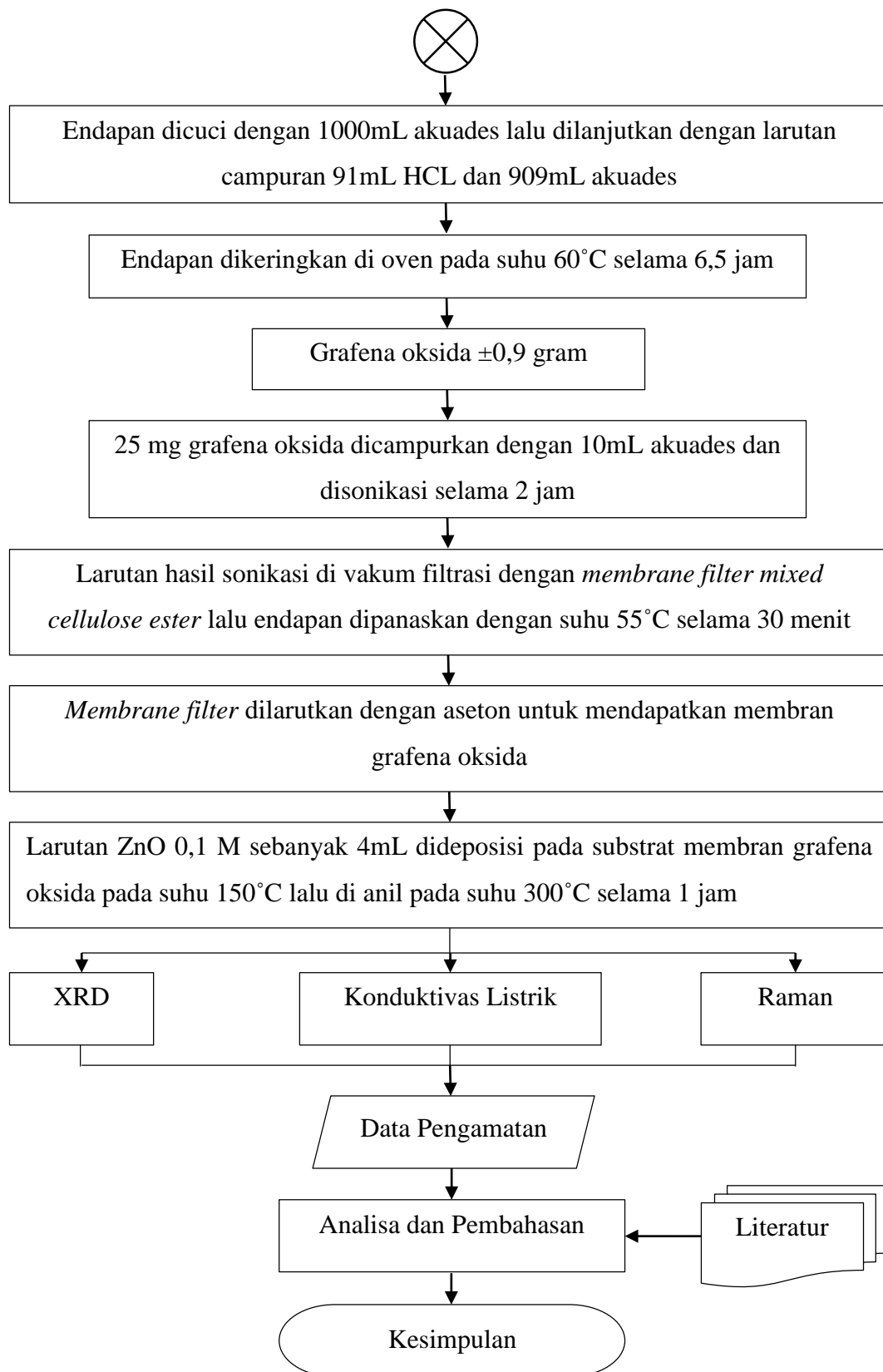
### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun tahap – tahap yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.







**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Furnace
2. Gelas Beker
3. *Magnetic Stirrer*
4. Neraca Digital
5. *Vacuum Filtration*
6. *Ultrasonic Bath*
7. *Hot plate*
8. *Air Brush Kit*

### 3.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Grafit
2. Air Deionisasi
3. Zinc acetate dihydrate
4. Isopropanol
5. *Membrane filter mix cellulose ester*
6. Aseton
7. Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 98%
8. Asam Nitrat ( $\text{HNO}_3$ )
9. Potassium Permanganat ( $\text{KMnO}_4$ )
10. Hidrogen Peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 30%

## 11. Asam Klorida (HCl) 37%

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Tahap Sintesis Grafena Oksida

1 gram grafit dicampurkan dengan 92mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan 24mL HNO<sub>3</sub> pada gelas beker 500mL dengan keadaan *ice bath* dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* lalu menambahkan KMnO<sub>4</sub> secara perlahan dengan perbandingan 6;8;10 gram lalu melanjutkan pengadukan dalam keadaan *ice bath* dengan perbandingan waktu 2;3;4 jam. Setelah itu melanjutkan pengadukan dengan suhu 35°C selama 30 menit, lalu menambahkan 92mL akuades secara perlahan dan melanjutkan pengadukan dengan suhu 85°C selama 30 menit. Lalu mendinginkan larutan hingga suhu normal, dan menambahkan 10mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan diaduk selama 30 menit. Endapan dicuci dengan 1L akuades dan dilanjutkan dengan larutan campuran 1:10 HCl:Akuades. Lalu endapan dipanaskan pada oven dengan suhu 60°C selama 6,5 jam untuk mendapatkan serbuk grafena oksida.

#### 3.3.2 Tahap Pembuatan Membran GO

Melarutkan 25mg GO pada 10mL akuades kemudian diultrasonikasi selama 2 jam, setelah itu melakukan *vacuum filtration* menggunakan *membrane filter mix cellulose ester*. Hasil *vacuum filtration* dipanaskan di *furnace* pada suhu 55°C selama 30 menit. Melepaskan membran GO dari filter dengan melarutkan membran di aseton.

### 3.3.3 Tahap Pembuatan Lapisan Tipis ZnO pada substrat GO

Membuat larutan precursor ZnO 0,01M dengan mencampurkan 0,407gr zinc acetate dihydrate, 37,5mL isopropanol dan 12,5mL akuades dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 3 jam. Lalu mendeposisi 4mL larutan precursor ZnO pada membran GO dengan suhu deposisi 150°C, ukuran *nozzle* 0,5 mm, jarak antara *nozzle* dengan membran 30 cm, dan waktu deposisi selama 5 menit. Lalu membran di anil pada suhu 300°C selama 1 jam.

### 3.3.4 Tahap Karakterisasi Lapisan Tipis

Setelah proses deposisi lapisan tipis ZnO selesai, kemudian dilakukan pengujian konduktivitas listrik menggunakan *Four Point Probe*, struktur kristal menggunakan XRD, dan atom karbon dengan Raman

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Penelitian

Data hasil penelitian *Four Point Probe* membran ZnO/GO dengan variasi berat  $\text{KMnO}_4$  dan waktu oksidasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Data Pengujian *Four Point Probe*

No	$\text{KMnO}_4$ (gr)	Ice bath (jam)	Sampel	<i>Sheet Resistance</i> ( $\text{k}\Omega/\text{sq}$ )	Konduktivitas Listrik (S/m)	Ketebalan ( $\mu\text{m}$ )
1	6	2	M1T1	2,1554	1,9634	240
2	6	3	M1T2	0,9456	5,041	260
3	6	4	M1T3	1,366	3,8578	200
4	8	2	M2T1	5,6012	1,18186	170
5	8	3	M2T2	0,4984	8,0514	270
6	8	4	M2T3	3,078	1,5026	220
7	10	2	M3T1	6,518	0,6337	230
8	10	3	M3T2	8,2166	0,4887	250
9	10	4	M3T3	11,807	0,4165	250
10	6	2	STANDAR	4856	0,000929	200

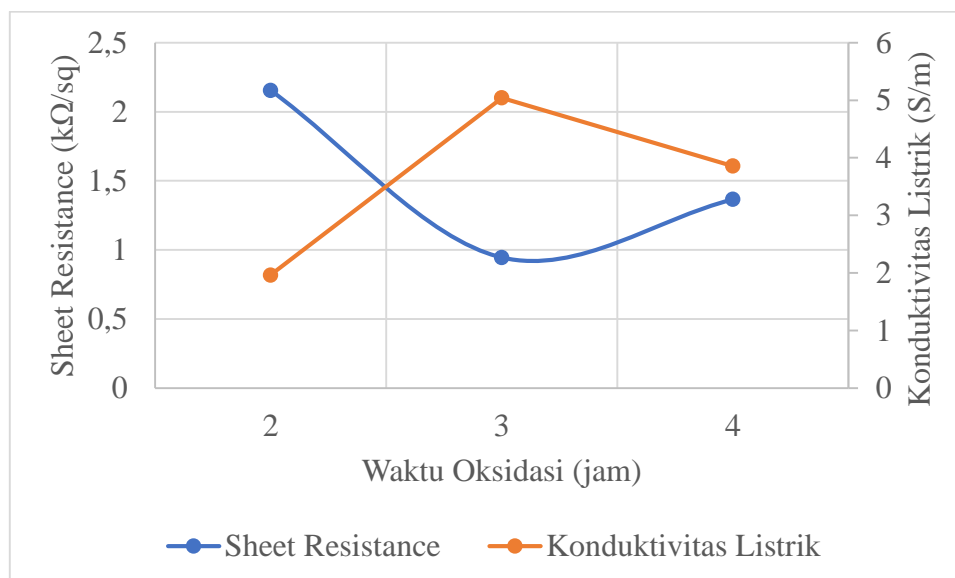
Data hasil penelitian *Raman Spectroscopy* membran ZnO/GO dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Data Pengujian *Raman Spectroscopy*

Sampel	<i>Raman Shift</i> ( $\text{cm}^{-1}$ )		<i>Intensity</i> (counts)		Rasio $I_D/I_G$
	D	G	D	G	
M1T2	1354,93	1599,37	324,454	342,053	0,948
M1T3	1351,87	1602,32	269,934	298,941	0,902
M2T2	1358,42	1597,24	469,151	468,442	1,00
M3T2	1352,31	1593,45	354,6	368,509	0,962
STANDAR	1351,4	1595,96	349,094	349,311	0,999

## 4.2 Konduktivitas Listrik

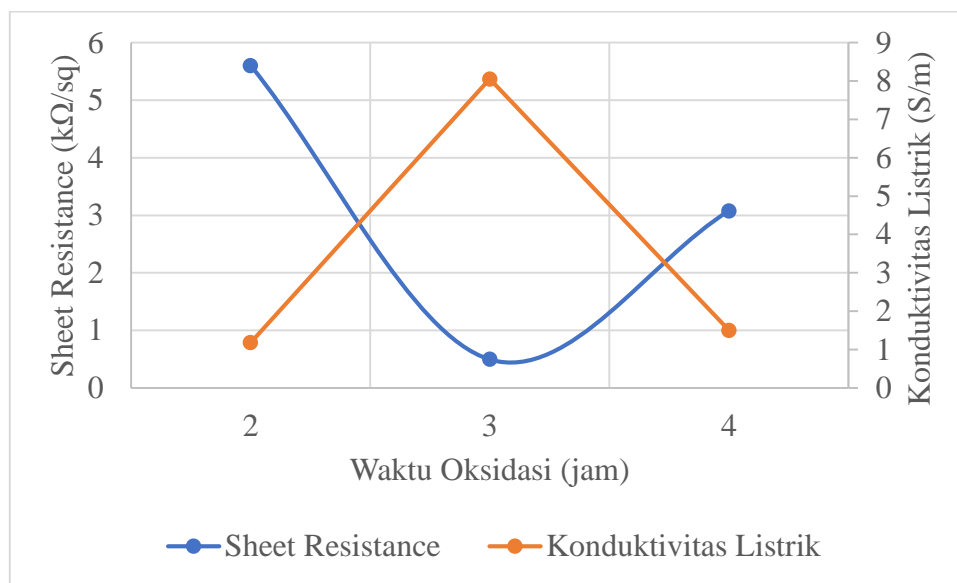
Berdasarkan data hasil pengujian konduktivitas listrik menggunakan metode *four point probe* pada Tabel 4.1 didapatkan grafik pengaruh waktu oksidasi terhadap *sheet resistance* dan grafik pengaruh waktu oksidasi terhadap konduktivitas listrik. Konduktivitas listrik pada pengujian ini didapat dari perhitungan konduktivitas listrik berdasarkan *sheet resistance* dan ketebalan material tersebut. *Sheet resistance* dikalikan dengan ketebalan akan menghasilkan resistivitas dimana untuk mendapatkan konduktivitas listrik dihitung dari 1 dibagi dengan resistivitas material tersebut. Semakin rendah nilai *sheet resistance* material tersebut maka nilai konduktivitas listrik dari material tersebut akan semakin tinggi. Pengaruh waktu oksidasi terhadap *sheet resistance* dan konduktivitas listrik membran ZnO/GO dapat dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



**Gambar 4.1** Grafik Pengaruh Waktu Oksidasi pada penambahan  $\text{KMnO}_4$  6 gram

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat pengaruh waktu oksidasi terhadap *sheet resistance* dimana pada berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram didapat grafik berbentuk parabola yang menunjukkan pada waktu oksidasi 3 jam *sheet resistance* material memiliki nilai terendah. Pada waktu oksidasi 4 jam terdapat kenaikan *sheet resistance* dari waktu oksidasi 3 jam. Berdasarkan dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa waktu oksidasi yang optimal untuk mendapatkan *sheet resistance* yang rendah adalah 3 jam. *Sheet resistance* terendah pada waktu oksidasi 3 jam terdapat pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram dengan nilai *sheet resistance* sebesar  $0,9456 \text{ k}\Omega/\text{sq}$ . Terdapat penurunan *sheet resistance* yang sangat signifikan dibanding dengan membran grafena oksida tanpa deposisi ZnO.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.1 dapat dilihat pengaruh waktu oksidasi terhadap konduktivitas listrik dimana pada berat  $\text{KMnO}_4$  6 terdapat grafik berbentuk parabola yang menunjukkan pada waktu oksidasi 3 jam konduktivitas listrik material memiliki nilai tertinggi. Pada waktu oksidasi 4 jam terdapat penurunan konduktivitas listrik dari waktu oksidasi 3 jam. Berdasarkan dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa waktu oksidasi yang optimal untuk mendapatkan konduktivitas listrik yang tinggi adalah 3 jam. Konduktivitas listrik tertinggi terdapat pada berat  $\text{KMnO}_4$  terdapat pada sampel dengan waktu oksidasi 3 jam dengan nilai konduktivitas listrik sebesar  $5,041 \text{ S/m}$ . Terdapat penurunan *sheet resistance* yang sangat signifikan dibanding dengan membran grafena oksida tanpa deposisi ZnO.



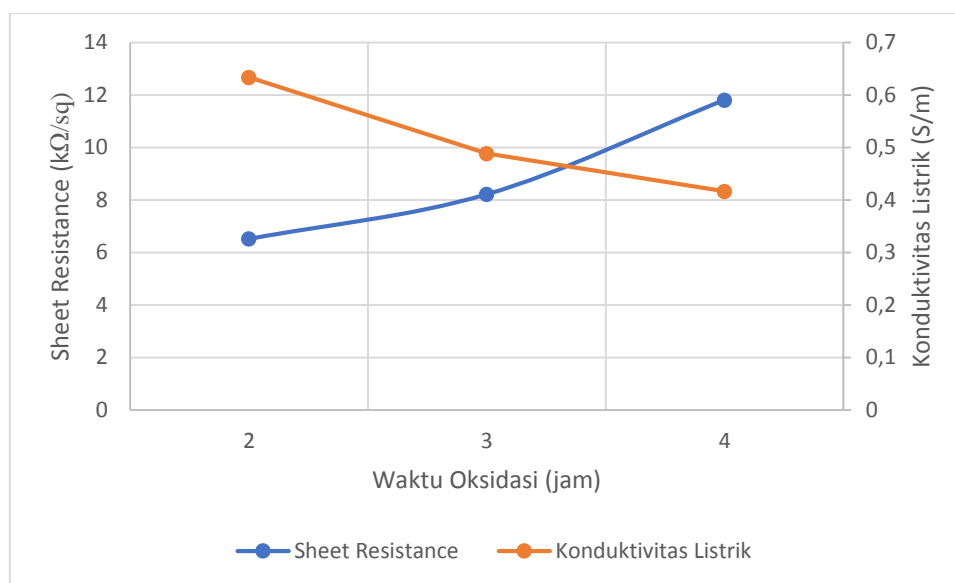
**Gambar 4.2** Grafik Pengaruh Waktu Oksidasi pada penambahan  $\text{KMnO}_4$  8 gram

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat pengaruh waktu oksidasi terhadap *sheet resistance* dimana pada berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram grafik berbentuk parabola yang menunjukkan pada waktu oksidasi 3 jam *sheet resistance* material memiliki nilai terendah. Pada waktu oksidasi 4 jam terdapat kenaikan *sheet resistance* dari waktu oksidasi 3 jam. Berdasarkan dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa waktu oksidasi yang optimal untuk mendapatkan *sheet resistance* yang rendah adalah 3 jam. *Sheet resistance* terendah pada waktu oksidasi 3 jam terdapat pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram dengan nilai *sheet resistance* sebesar 0,4984 kΩ/sq.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2 dapat dilihat pengaruh waktu oksidasi terhadap konduktivitas listrik dimana pada berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram didapat grafik berbentuk parabola yang menunjukkan pada waktu oksidasi 3 jam konduktivitas listrik material memiliki nilai tertinggi. Pada waktu oksidasi 4 jam terdapat penurunan konduktivitas listrik dari waktu oksidasi 3 jam. Berdasarkan dari grafik



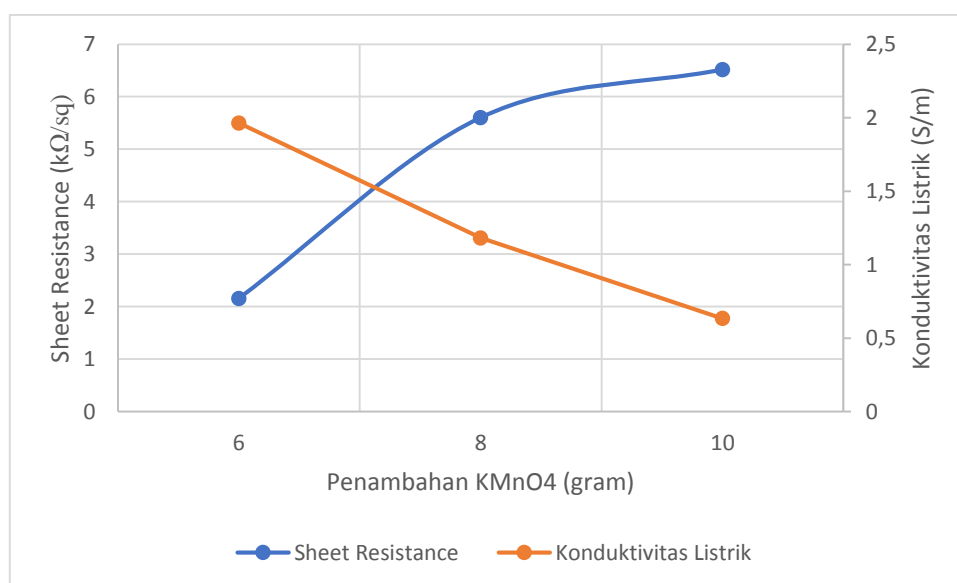
di atas dapat disimpulkan bahwa waktu oksidasi yang optimal untuk mendapatkan konduktivitas listrik yang tinggi adalah 3 jam. Konduktivitas listrik tertinggi pada berat  $\text{KMnO}_4$  terdapat pada sampel dengan waktu oksidasi 3 jam dengan nilai konduktivitas listrik sebesar 8,0514 S/m.



**Gambar 4.3** Grafik Pengaruh Waktu Oksidasi pada penambahan  $\text{KMnO}_4$  10 gram

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat pengaruh waktu oksidasi terhadap *sheet resistance* dimana pada berat  $\text{KMnO}_4$  10 gram grafik didapat berbentuk linear yang menunjukkan pada waktu oksidasi 2 jam *sheet resistance* material memiliki nilai terendah. Berdasarkan dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa waktu oksidasi yang optimal untuk mendapatkan *sheet resistance* yang rendah adalah 4 jam. *Sheet resistance* terendah pada waktu oksidasi 4 jam terdapat pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram dengan nilai *sheet resistance* sebesar 6,518 kΩ/sq.

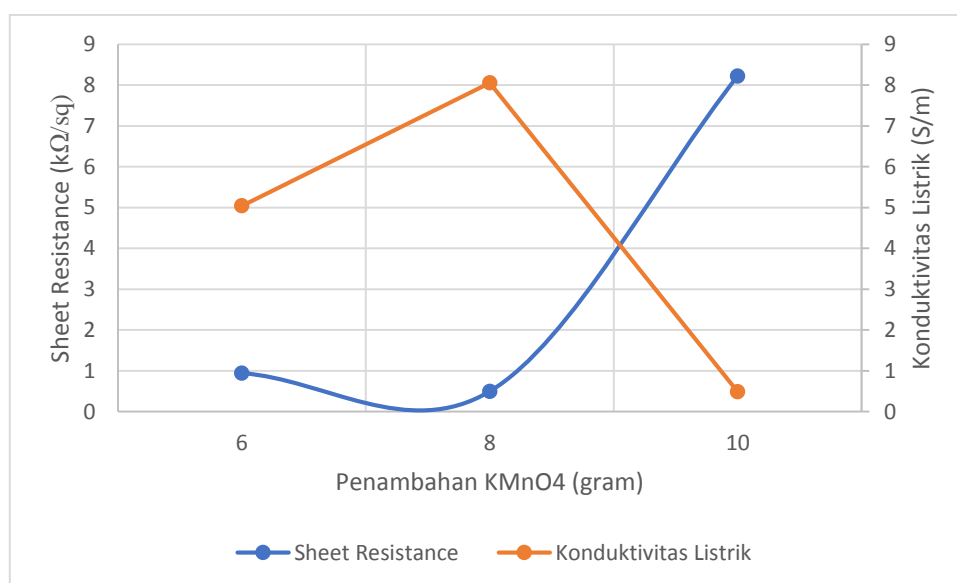
Berdasarkan grafik pada Gambar 4.3 dapat dilihat pengaruh berat  $\text{KMnO}_4$  terhadap konduktivitas listrik dimana pada waktu oksidasi 2 jam didapat grafik linear yang menunjukkan pada berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram konduktivitas listrik material memiliki nilai tertinggi. Konduktivitas listrik tertinggi pada waktu oksidasi 4 jam terdapat pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram dengan nilai konduktivitas listrik sebesar 0,6337 S/m.



**Gambar 4.4** Grafik Pengaruh Penambahan  $\text{KMnO}_4$  pada Waktu Oksidasi 2 jam

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat pengaruh penambahan  $\text{KMnO}_4$  terhadap *sheet resistance* dimana pada waktu oksidasi 2 jam didapat grafik berbentuk linear yang menunjukkan pada berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram *sheet resistance* material memiliki nilai terendah. Pada berat  $\text{KMnO}_4$  10 gram didapat nilai *sheet resistance* tertinggi. *Sheet resistance* terendah pada waktu oksidasi 2 jam terdapat pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram dengan nilai *sheet resistance* sebesar 2,1554  $\text{k}\Omega/\text{sq}$ .

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.4 dapat dilihat pengaruh berat  $\text{KMnO}_4$  terhadap konduktivitas listrik dimana pada waktu oksidasi 2 jam didapat grafik linear yang menunjukkan pada berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram konduktivitas listrik material memiliki nilai tertinggi. Konduktivitas listrik tertinggi pada waktu oksidasi 4 jam terdapat pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram dengan nilai konduktivitas listrik sebesar 0,6337 S/m.

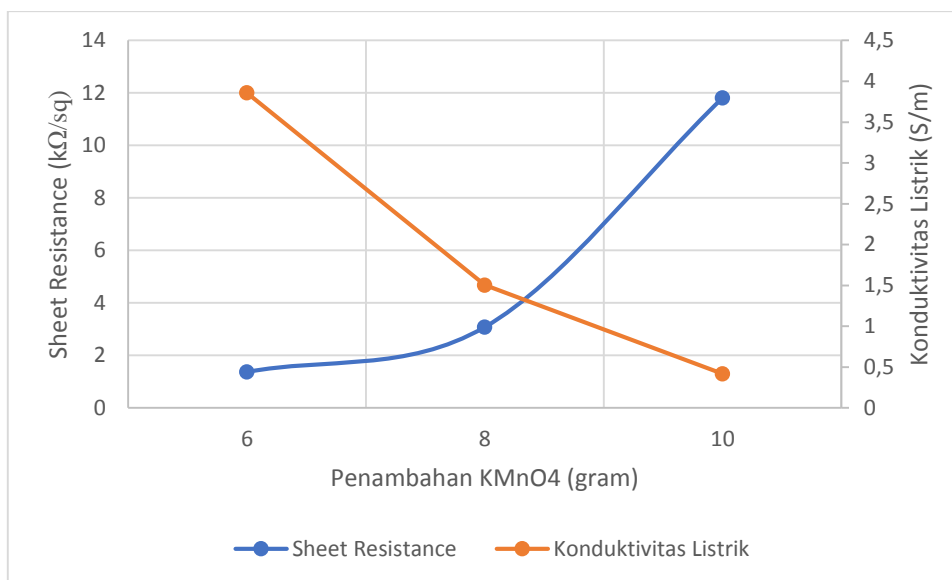


**Gambar 4.5** Grafik Pengaruh Penambahan  $\text{KMnO}_4$  pada Waktu Oksidasi 3 jam

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat pengaruh penambahan  $\text{KMnO}_4$  terhadap *sheet resistance* dimana pada waktu oksidasi 2 jam didapat grafik berbentuk parabola yang menunjukkan pada berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram *sheet resistance* material memiliki nilai terendah. Pada berat  $\text{KMnO}_4$  10 gram didapat nilai *sheet resistance* tertinggi. *Sheet resistance* terendah pada waktu oksidasi 3 jam terdapat

pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram dengan nilai *sheet resistance* sebesar 0,4984  $\text{k}\Omega/\text{sq}$ .

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.5 dapat dilihat pengaruh berat  $\text{KMnO}_4$  terhadap konduktivitas listrik dimana pada waktu oksidasi 3 jam didapat grafik parabola yang menunjukkan pada berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram konduktivitas listrik material memiliki nilai tertinggi. Konduktivitas listrik tertinggi pada waktu oksidasi 3 jam terdapat pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram dengan nilai konduktivitas listrik sebesar 8,0514 S/m.



**Gambar 4.6** Grafik Pengaruh Penambahan  $\text{KMnO}_4$  pada Waktu Oksidasi 4 jam

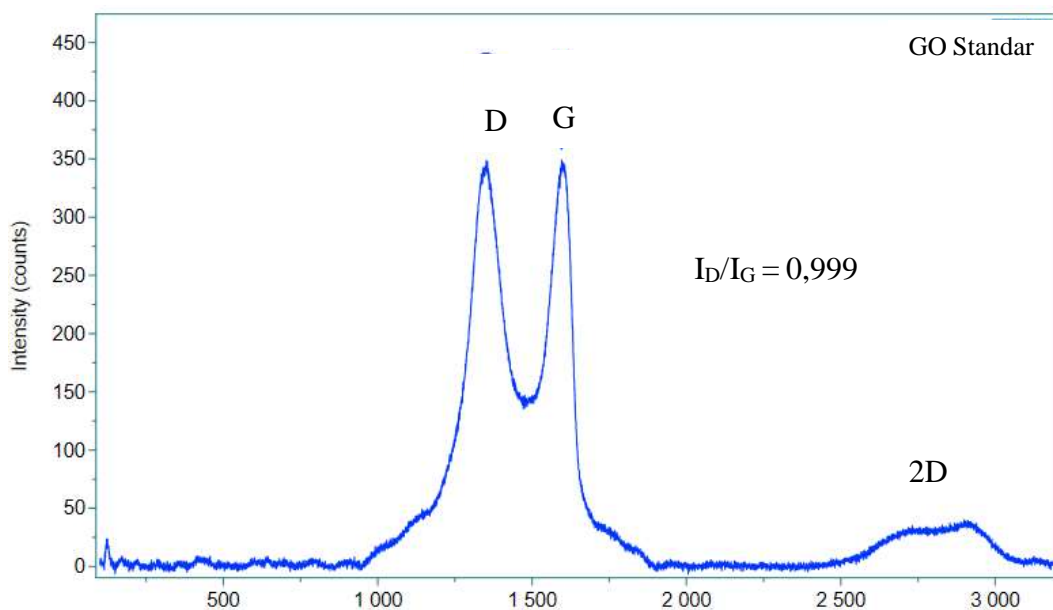
Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat pengaruh penambahan  $\text{KMnO}_4$  terhadap *sheet resistance* dimana pada waktu oksidasi 4 jam didapat grafik berbentuk linear yang menunjukkan pada berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram *sheet resistance* material memiliki nilai terendah. Pada berat  $\text{KMnO}_4$  10 gram didapat nilai *sheet*

*resistance* tertinggi. *Sheet resistance* terendah pada waktu oksidasi 4 jam terdapat pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram dengan nilai *sheet resistance* sebesar 1,366  $\text{k}\Omega/\text{sq}$ .

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.6 dapat dilihat pengaruh berat  $\text{KMnO}_4$  terhadap konduktivitas listrik dimana pada waktu oksidasi 3 jam didapat grafik linear yang menunjukkan pada berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram konduktivitas listrik material memiliki nilai tertinggi. Konduktivitas listrik tertinggi pada waktu oksidasi 4 jam terdapat pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram dengan nilai konduktivitas listrik sebesar 3,8578 S/m.

### **4.3 Raman Spectroscopy**

Spektroskopi Raman adalah teknik non-destruktif yang biasa digunakan untuk menyelidiki berbagai struktur nano karbon. Posisi dan rasio intensitas pita Raman karakteristik (pita D, G, dan 2D) digunakan untuk mengkarakterisasi kristalinitas, tingkat doping, keberadaan cacat dan jenis gugus fungsi, dll. Analisis Raman digunakan untuk memantau intensitas dan rasio pita, sehingga memberikan informasi tentang integritas struktural grafena oksida. Grafik spektrum *raman* pada membran GO dapat dilihat pada Gambar 4.7.



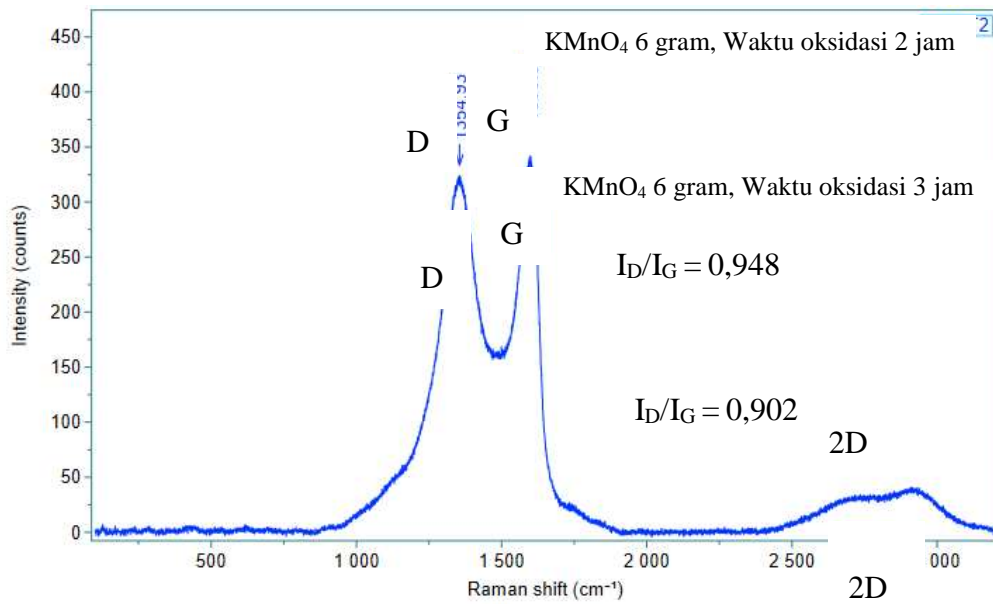
**Gambar 4.7** Raman Spektrum dari Membran GO

Nilai Pita D (*defect*) adalah pita yang menunjukkan kecacatan hasil dari sintesis, semakin tinggi nilai intensitas maka akan menunjukkan keberhasilan mereduksi lapisan karbon grafit dikarenakan adanya cacat yang dihasilkan dari proses sintesis. Puncak pita D pada hasil karakterisasi raman berada disekitar  $1340\text{cm}^{-1}$ . Nilai Pita G menunjukkan keteraturan ikatan atom karbon, pita G berada disekitar  $1583\text{cm}^{-1}$  (Hulman. 2014). Nilai 2D dapat menentukan ketebalan lapisan grafena dari rasio perbandingan nilai  $I_{2D}/I_G$ . Posisi puncak pita 2D berada pada  $2690\text{cm}^{-1}$ . Puncak pada difraksi D, G dan 2D serta intensitas pada hasil karakterisasi raman mendapatkan data yang berbeda beda pada tiap sampel.

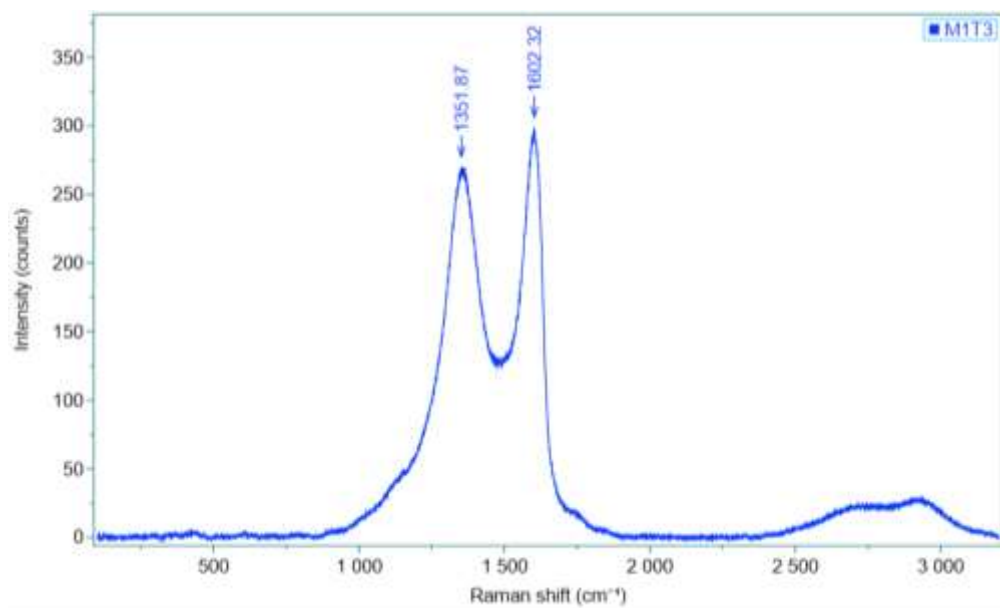
Berdasarkan raman spektrum yang didapat dapat dilihat pengaruh berat  $\text{KMnO}_4$  6, 8 dan 10 gram. Pada waktu oksidasi 3 jam dan penambahan  $\text{KMnO}_4$  6,8 dan gram didapat  $I_D/I_G$  masing-masing 0,948;1,00; dan 0,962. Pada waktu oksidasi

4 jam dan penambahan  $\text{KMnO}_4$  6 gram didapat  $I_D/I_G$  0,902. Data pada pita D, G dan 2D yang dihasilkan menunjukkan telah dapat memecahkan ikatan lapisan grafit menjadi beberapa layer grafena oksida. Dikarenakan pada tiap sampel memiliki intensitas D lebih kecil dari pada pita G dapat diketahui bahwa ikatan karbon pada grafit lebih banyak daripada cacat pada grafen oksida yang terbentuk. Berdasarkan pada Tabel 4.2, pengaruh penambahan  $\text{KMnO}_4$  dari sampel M1T2, M2T2 dan M3T2 pada waktu oksidasi 3 jam memiliki Spektrum Raman yang sangat mirip dalam frekuensi puncak dan lebarnya dan menyajikan variasi kecil dalam perbandingan  $I_D/I_G$  dari pita D, G dan 2D nya.

Gambar 4.8 hingga Gambar 4.11 memberikan spektrum mikro Raman dari membran ZnO/GO. Itu spektrum kedua film menyerupai sampel GO/RGO biasa, menampilkan dua puncak yang menonjol pada  $1600\text{ cm}^{-1}$  dan  $1340\text{ cm}^{-1}$ , yang dianggap berasal dari G-band dan D-band, masing-masing. Peningkatan  $I_D/I_G$  menunjukkan bahwa pengurangan sebagian domain  $\text{sp}^3$  di GO harus terjadi, mungkin dengan transfer biaya dari ZnO. Secara keseluruhan, ZnO dan GO mungkin bersifat amorphous dan berinteraksi oleh kekuatan lain dari sekadar interaksi elektrostatik seperti pada jurnal (Gross, 2019).

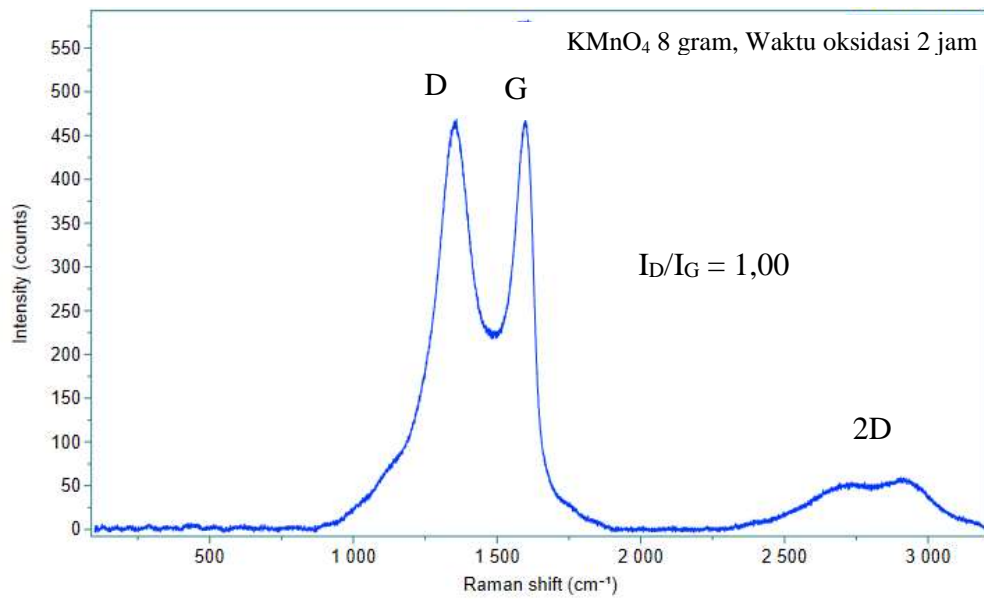


**Gambar 4.8** Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO<sub>4</sub> 6 gram dan waktu oksidasi 2 jam

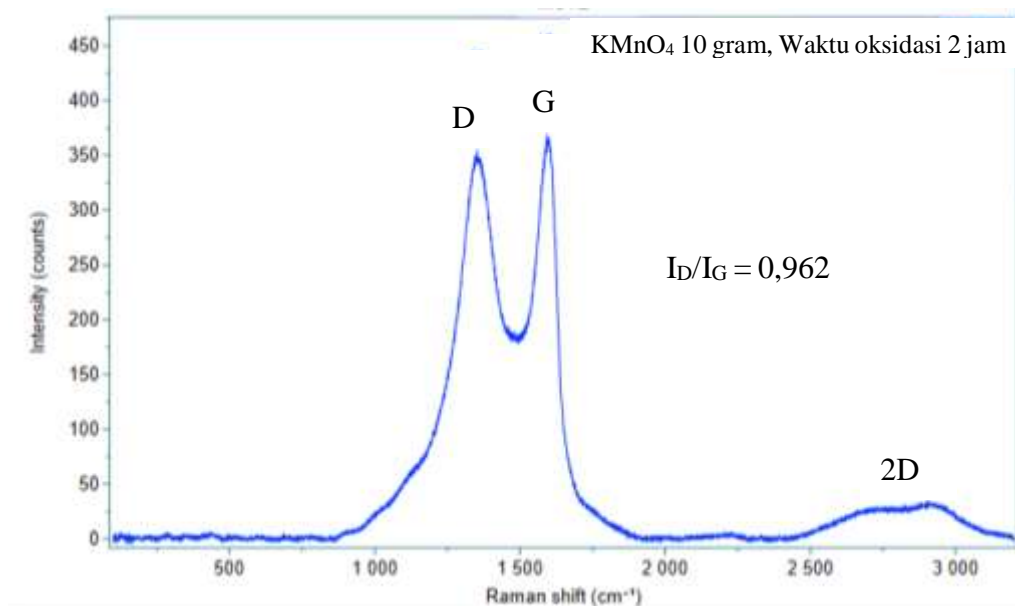


**Gambar 4.9** Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO<sub>4</sub> 6 gram dan waktu oksidasi 3 jam





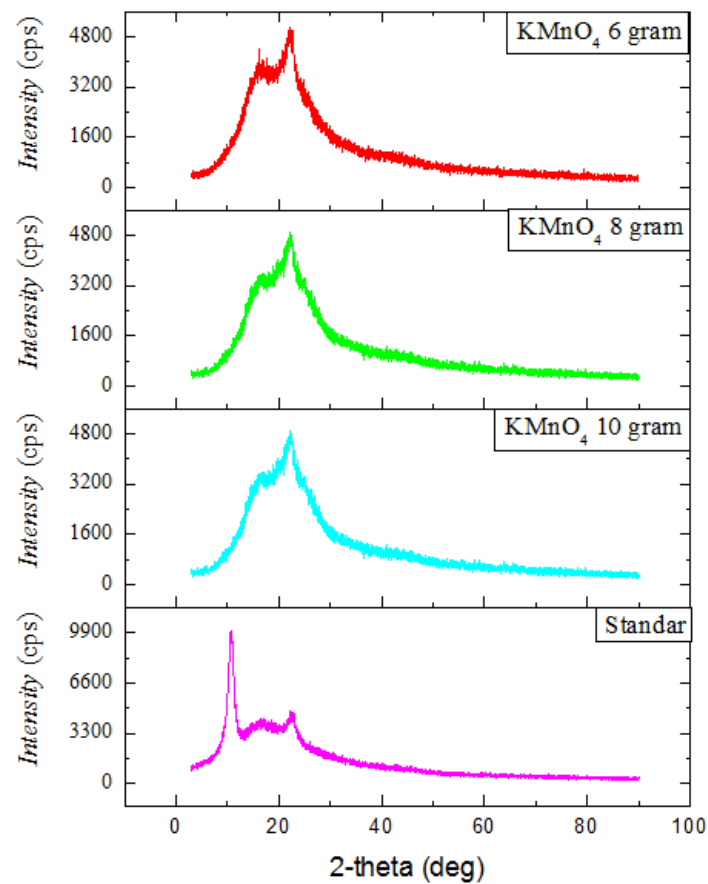
**Gambar 4.10** Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO<sub>4</sub> 8 gram dan waktu oksidasi 2 jam



**Gambar 4.11** Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO<sub>4</sub> 6 gram dan waktu oksidasi 2 jam

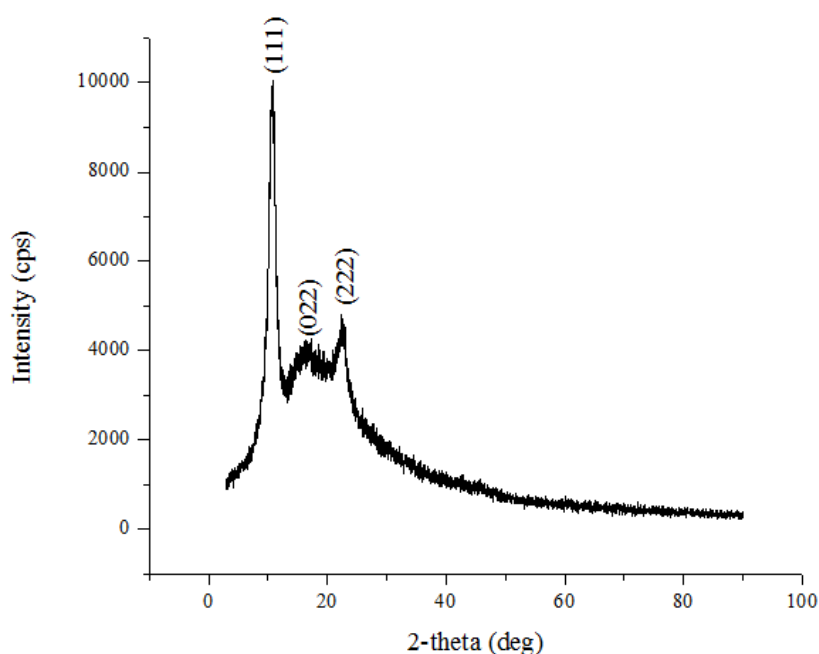
#### 4.4 X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi X-ray Diffraction (XRD) dilakukan untuk mengetahui lapisan yang terbentuk pada substrat berupa puncak difraksi dan struktur kristal. Rentang  $2\theta$  yang digunakan sebesar  $0^\circ$ - $90^\circ$ , Rentang sudut ini bertujuan untuk data yang dihasilkan lebih terfokus dan puncak sudut  $2\theta$  tidak melebar. Hasil yang didapat dari karakterisasi XRD pada semua sampel menunjukkan lapisan yang terbentuk di membran grafena oksida merupakan seng oksida dengan struktur kristal heksagonal. Pada Gambar 4.12 dapat dilihat hasil pola difraksi dari sampel yang telah dikarakterisasi XRD.



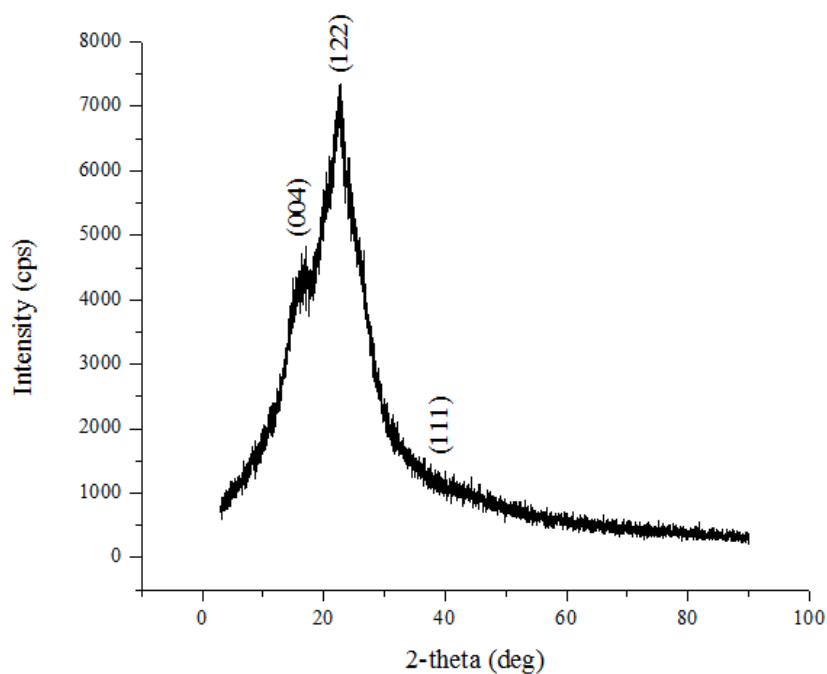
**Gambar 2.12** Hasil Karakterisasi XRD

Pada sampel membran grafena oksida yang tidak terdeposisi ZnO (standar) berdasarkan *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD) 98-005-6909 terdapat puncak pada sudut  $2\theta = 10,63^\circ$ ;  $16,39^\circ$  dan  $22,52^\circ$  dengan orientasi berturut-turut (111), (022) dan (222). Sebagai perbandingan hasil XRD menunjukkan puncak pada sudut  $2\theta = 10,5^\circ$  menunjukkan pembentukan struktur oksida grafit dan hilangnya puncak pada sudut  $26,6^\circ$  menjadikan membran GO yang didapatkan dari metode Hummers yang berbasis limbah elektroda EAF berunsur karbon berhasil dioksidasi. Pergeseran puncak GO kearah kiri disebabkan oleh terbentuknya gugus fungsional hidroksil dan karbonil pada saat dilakukan oksidasi (Faiz, 2020). Hasil yang didapat dari karakterisasi XRD pada membran grafena oksida memiliki unsur karbon dengan struktur kristal ortorombik. Gambar 4.13 merupakan hasil pola difraksi dari sampel membran GO standar yang telah dikarakterisasi XRD.



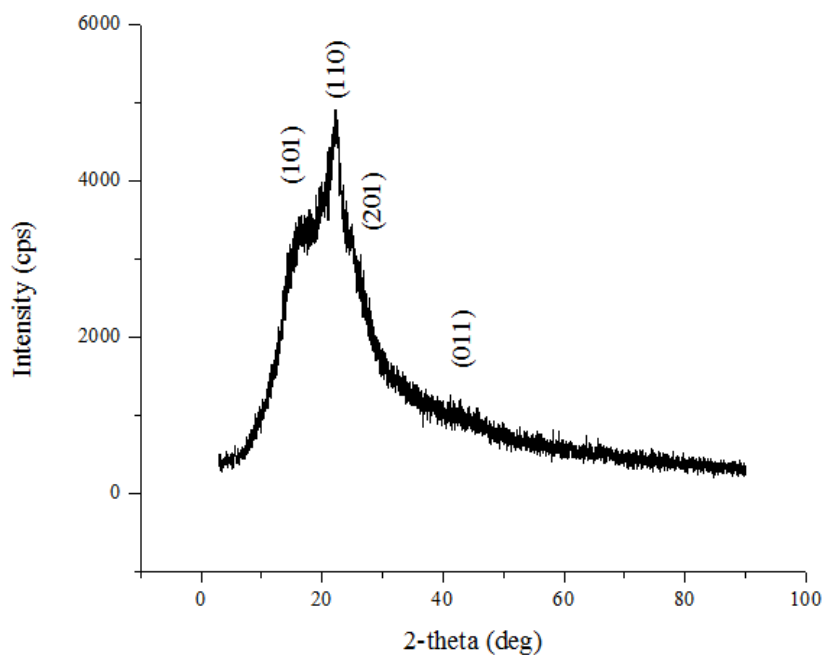
**Gambar 2.13** Hasil Karakterisasi XRD GO Standar

Sampel yang dilakukan pengujian XRD adalah sampel dengan waktu oksidasi 2 jam dengan variasi berat  $\text{KMnO}_4$ . Pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram berdasarkan *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD) 98-005-6912 terdapat puncak pada sudut  $2\theta = 17,163^\circ, 22,721^\circ; 2^\circ$  dan  $39^\circ$  dengan orientasi berturut-turut (004), (112), dan (111). Hasil yang didapat dari karakterisasi XRD pada membran ZnO/GO dengan waktu sintesis 2 jam dengan berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram memiliki unsur Zn dengan struktur kristal heksagonal. Pada sampel ini puncak difraksi pada rentang sudut  $2\theta$  dibawah  $30^\circ$  merupakan puncak dari unsur karbon sedangkan puncak difraksi pada rentang sudut  $2\theta$  diatas  $30^\circ$  merupakan puncak dari unsur Zn. Gambar 4.14 merupakan hasil pola difraksi dari sampel membran ZnO/GO dengan waktu sintesis 2 jam dengan berat  $\text{KMnO}_4$  6 gram yang telah dikarakterisasi XRD.



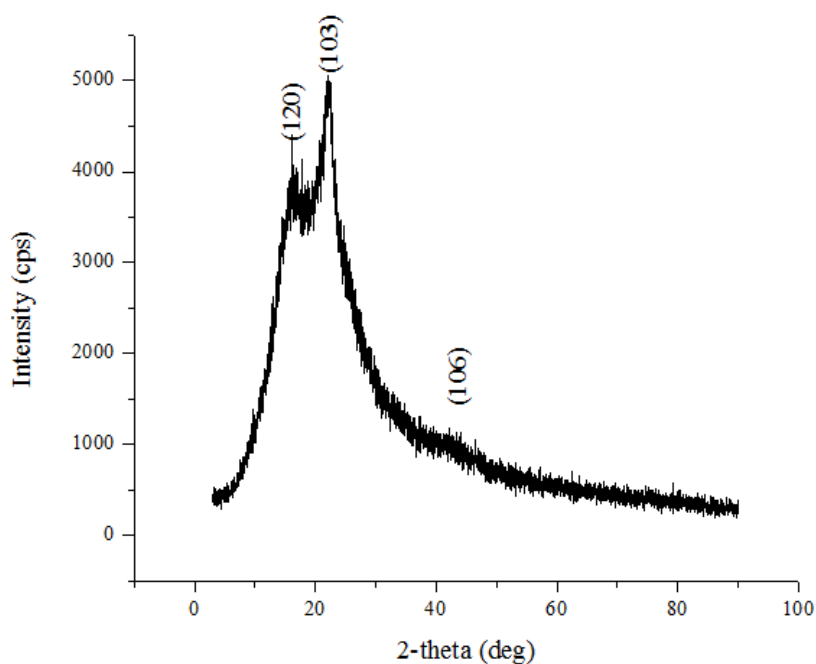
**Gambar 2.14** Hasil Karakterisasi XRD Membran ZnO/GO dengan Berat  $\text{KMnO}_4$   
6 gram

Pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram berdasarkan *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD) 98-005-6902 terdapat puncak pada sudut  $2\theta = 16,06^\circ$ ;  $29,10^\circ$ ;  $22,25^\circ$  dan  $43,44^\circ$  dengan orientasi berturut-turut (101), (110), (201) dan (011). Hasil yang didapat dari karakterisasi XRD pada membran ZnO/GO dengan waktu sintesis 2 jam dengan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram memiliki unsur Zn dengan struktur kristal heksagonal. Pada sampel ini puncak difraksi pada rentang sudut  $2\theta$  dibawah  $30^\circ$  merupakan puncak dari unsur karbon sedangkan puncak difraksi pada rentang sudut  $2\theta$  diatas  $30^\circ$  merupakan puncak dari unsur Zn. Gambar 4.15 merupakan hasil pola difraksi dari sampel membran ZnO/GO dengan waktu sintesis 2 jam dengan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram yang telah dikarakterisasi XRD.



**Gambar 2.15** Hasil Karakterisasi XRD Membran ZnO/GO dengan Berat  $\text{KMnO}_4$   
8 gram

Pada sampel dengan berat  $\text{KMnO}_4$  10 gram berdasarkan *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD) 98-005-6909 terdapat puncak pada sudut  $2\theta = 15,73^\circ$ ,  $22,14^\circ$  dan  $43,231^\circ$  dengan orientasi berturut-turut (120), (103), dan (106). Hasil yang didapat dari karakterisasi XRD pada membran ZnO/GO dengan waktu sintesis 2 jam dengan berat  $\text{KMnO}_4$  10 gram memiliki unsur Zn dengan struktur kristal heksagonal. Pada sampel ini puncak difraksi pada rentang sudut  $2\theta$  dibawah  $30^\circ$  merupakan puncak dari unsur karbon sedangkan puncak difraksi pada rentang sudut  $2\theta$  diatas  $30^\circ$  merupakan puncak dari unsur Zn. Gambar 4.16 merupakan hasil pola difraksi dari sampel membran ZnO/GO dengan waktu sintesis 2 jam dengan berat  $\text{KMnO}_4$  10 gram yang telah dikarakterisasi XRD.



**Gambar 2.16** Hasil Karakterisasi XRD Membran ZnO/GO dengan Berat  $\text{KMnO}_4$  10 gram

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu oksidasi pada metode *Hummers* yang optimal adalah 3 jam.
2. Berat  $\text{KMnO}_4$  pada metode *Hummers* yang optimal adalah 8 gram.
3. Nilai *sheet resistance* terendah didapat pada sampel dengan waktu oksidasi 3 jam dan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram sebesar  $0,4898\text{k}\Omega/\text{sq}$ .
4. Nilai konduktivitas listrik tertinggi didapat pada sampel dengan waktu oksidasi 3 jam dan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram sebesar  $8,0514\text{S/m}$ .
5. Nilai Intensitas pita G dan D pada spektrum *Raman* terdapat pada sampel dengan waktu oksidasi 3 jam dan berat  $\text{KMnO}_4$  8 gram.
6. Analisis XRD yang didapat menunjukkan membran  $\text{ZnO/GO}$  memiliki unsur karbon dengan struktur kristal ortorombik dan memiliki unsur *zinc* dengan struktur kristal heksagonal

#### 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Menggunakan alat sentrifugasi sebelum proses pengeringan sintesis grafena oksida.

2. Mempelajari sintesis grafena dan menggunakan grafena sebagai substrat untuk mendapatkan hasil yang optimal.



## DAFTAR PUSTAKA

Alami, J. (2022). *Plasma Characterization & Thin Film Growth and Analysis in Highly Ionized Magnetron Sputtering*.

Arief E. R., Asep S, Dudi D. (2019). Pengukuran Resistivitas pada Pelat Konduktor Tipis Menggunakan Metode *Four Point Probe*. e-Proceeding of Engineering : Vol.6, No.2 Agustus 2019 | Page 5305

Bhuyan, Md, dkk. (2016). *Synthesis of graphene*. International Nano Letters. 6. 65-83. 10.1007/s40089-015-0176-1.

Canham, GR. (2000). Descriptive *Inorganic Chemistry*. W.H. Freeman and Company. New York. 249 – 256, 277.

Feng, H. (2013). *A Low-Temperature Method to Produce Highly Reduced Graphene Oxide*. China : Jurnal Nature Communications DOI : 10.1038

Ferrari A. C, dkk. (2006). *Raman Spectrum of Graphene and Graphene Layers*. Physical Review Letters. DOI:10.1103/PhysRevLett.97.187401

Fidha, G, dkk (2021). *Physical and photocatalytic properties of sprayed Dy doped ZnO thin films under sunlight irradiation for degrading methylene blue*. RSC Advances. 24917-24925. 10.1039/d1ra03967a.

Goldsmith, S. 2006. “*Filtered vacuum ARC deposition of undoped and doped zno thin films: electrical, optical, and structural properties*”. Surface & Coatings Technology, 201, 3993–3999.

Gross, M. A. dkk. (2019). *ZnO nanoparticles-grafena oxide-reduced grafena oxide thin films assembled layer-by-layer through non-electrostatic interactions*. *Materials Research Express*. doi:10.1088/2053-1591/ab320d

Hulman, M. (2014). *Raman spectroscopy of graphene*. *Graphene: Properties, Preparation, Characterisation and Devices*, 156–183. <https://doi.org/10.1533/9780857099334.2.156>.

Keenan Kleinfelter, W. 1991. *Kimia Untuk Universitas*. Penerbit Erlangga.

Kim, J, dkk. (2009). *Visualizing Graphene Based Sheets by Fluorescence Quenching Microscopy*. *Journal of the American Chemical Society*. 132. 260-7. 10.1021/ja906730d.

Li, Y, dkk (2010). *Effect of aging time of ZnO sol on the structural and optical properties of ZnO thin films prepared by sol–gel method*. Applied Surface Science - APPL SURF SCI. 256. 4543-4547. 10.1016/j.apsusc.2010.02.044.

Liewhiran, C. dkk. (2007). “*Improvement of flame-made ZnO nanoparticulate thick film morphology for ethanol sensing*”. Sensors, 7, 650-675

Marcano, D.C., et al. (2010) Improved Synthesis of Grafena Oxide. ACS Nano, 4, 4806-4814. doi:10.1021/nn1006368

Mukhopadhyay, Ankan. (2015). *Measurement Of Magnetic Hysteresis Loops in Continuous And Patterned Ferromagnetic Nanostructures by Static Magneto-Optical Kerr Effect Magnetometer*.

Murat, dkk. (2011). *The Synthesis of Graphene Sheets With Controlled Thickness and Order Using Surfactant-Assisted Electrochemical Processes*. Spanyol: Elsevier.

Perednis, D. 2003. *Thin film deposition by spray pyrolysis and the application in solid oxide fuel cells*. Tesis. Swiss Federal Institute of Technology. Zurich.

Ratna K, 2008. Prinsip-Prinsip Kimia Modern / ED.4/JL.2. Erlangga: Jakarta

S. M. Choi, Wonbong, Lee, Jo-won. (2011). *Synthesis and characterization of grafena supported metal nanoparticles by impregnation method with heat treatment in H atmosphere*. Synthetic Metals Science. 319. 1229–1232.

Regonini, Domenico. (2008). *Anodised TiO<sub>2</sub> Nanotubes: Synthesis, Growth Mechanism and Thermal Stability*.

Salisu Nasir, Mohd Zobir Hussein, Zulkarnain Zainal and Nor Azah Yusof. 2018. *Carbon-Based Nanomaterials/Allotropes: A Glimpse of Their Synthesis, Properties and Some Applications*. Materials, 11, 295.

Svarovsky, L. (2001). *Vacuum filtration. Solid-Liquid Separation*, 409–431.  
doi:10.1016/b978-075064568-3/50039-0

Szymanski H.A, 1967. *RAMAN SPECTROSCOPY Theory and Practice*. Plenum Press. New York. DOI: 001: 10.1007/978-1-4684-3024-0

Wan L, Ren Z, Wang H, Wang G, Tong X, Gao S, dkk. 2011. *Graphene nanosheets based on controlled exfoliation process for enchanced lithium storage in lithium-ion battery*. Diamond and Related Materials. 20(5-6):756-761

Wang, H., Robinson, J. T., Diankov, G., & Dai, H. (2010). *Nanocrystal Growth on Graphene with Various Degrees of Oxidation*. *Journal of the American Chemical Society*, 132(10), 3270–3271. doi:10.1021/ja100329d

Wang, J., & Wang, H. (2015). *Synthesis of free-standing reduced graphene oxide membranes with different thicknesses and comparison of their electrochemical performance as anodes for lithium-ion batteries*. *RSC Advances*, 5(38), 30084–30091. doi:10.1039/c5ra01533b

Zhang, J. X. J., & Hoshino, K. (2019). *Fundamentals of nano/microfabrication and scale effect*. *Molecular Sensors and Nanodevices*, 43–111. doi:10.1016/b978-0-12-814862-4.00002-8

Zou, Guanglong & Chen, Weixiang & Liu, Run & Xu, Zhude. (2007). *Orientation enhancement of polycrystalline ZnO thin films through thermal oxidation of electrodeposited zinc metal*. *Materials Letters*. 61. 4305-4308. 10.1016/j.matlet.2007.01.092.

**LAMPIRAN A**  
**CONTOH PERHITUNGAN**

### A.1 Perhitungan Rata-rata Nilai Konduktivitas Listrik

1. Rata-rata nilai *Sheet Resistance*

Rata-rata *Sheet Resistance* sampel M<sub>1</sub>T<sub>1</sub>

$$= \frac{1,961 + 2,277 + 2,447 + 2,158 + 1,934}{5} = 2,1554$$

2. Rata-rata nilai Konduktivitas Listrik

Rata-rata Konduktivitas Listrik sampel M<sub>1</sub>T<sub>1</sub>

$$= \frac{2,12 + 1,83 + 1,703 + ,1,932 + 2,157}{5} = 2,1554$$

### A.2 Perhitungan Nilai Rasio I<sub>D</sub>/I<sub>G</sub>

1. Nilai Rasio I<sub>D</sub>/I<sub>G</sub> sampel M<sub>1</sub>T<sub>2</sub>

$$\text{Rasio } \frac{I_D}{I_G} = \frac{324,454}{342,053} = 0,948$$

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



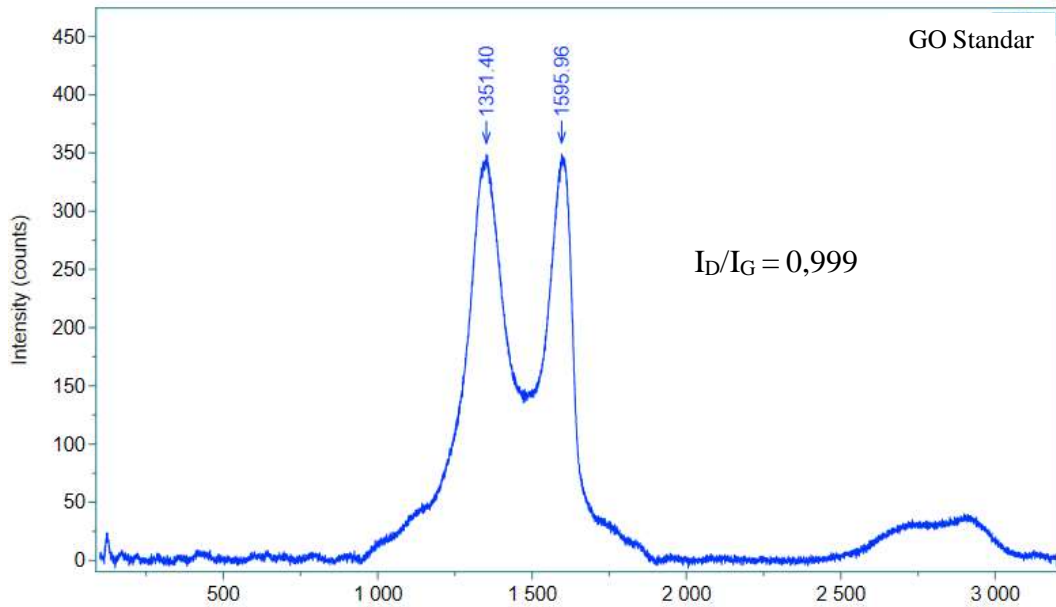
Data Hasil Pengujian *Four Point Probe***Tabel B.1** Hasil Data *Sheet Resistance* FPP (k $\Omega$ /sq)

No	Sampel	Titik I	Titik II	Titik III	Titik IV	Titik V	Rata-rata
1	M1T1	1,961	2,277	2,2447	2,158	1,934	2,1554
2	M1T2	0,616	0,8239	1,018	0,4584	1,812	0,9456
3	M1T3	1,099	2,036	1,374	1,093	1,228	1,366
4	M2T1	3,932	5,787	4,331	4,076	9,88	5,6012
5	M2T2	0,4888	0,5072	0,5661	0,413	0,5171	0,4984
6	M2T3	3,576	2,482	2,895	2,982	3,456	3,078
7	M3T1	6,976	7,13	7,236	7,438	5,979	6,9518
8	M3T2	6,929	8,589	8,598	8,477	8,49	8,2166
9	M3T3	9,613	7,185	6,277	13,65	22,31	11,807
10	GOS	354,4	7505	5755	6192	4474	4856

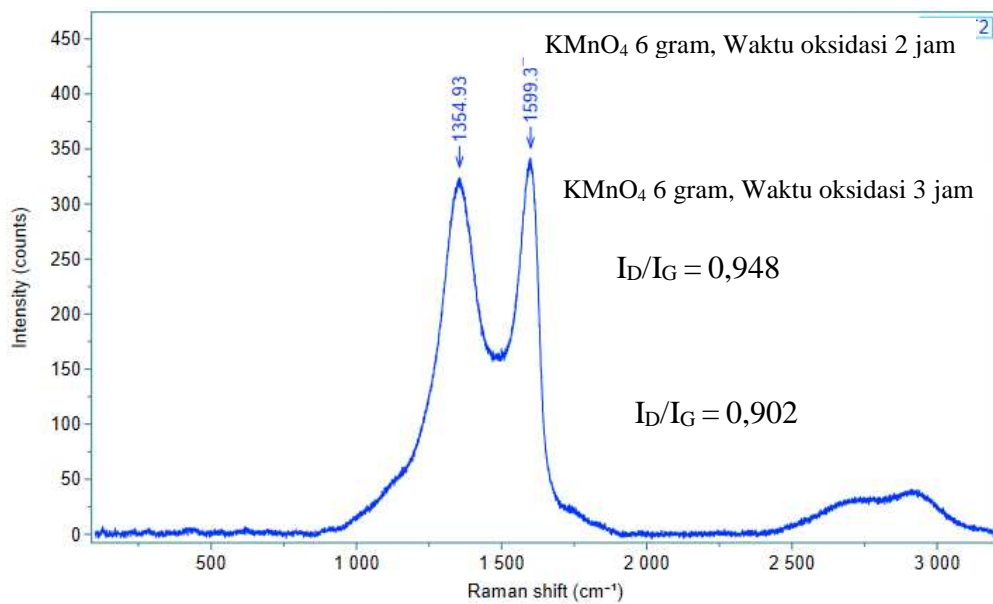
**Tabel B.1** Hasil Data Konduktivitas Listrik FPP (S/m)

No	Sampel	Titik I	Titik II	Titik III	Titik IV	Titik V	Rata-rata
1	M1T1	2,126	1,83	1,773	1,932	2,157	1,9634
2	M1T2	6,244	4,668	3,779	8,391	2,123	5,041
3	M1T3	4,549	2,456	3,639	4,574	4,071	3,8578
4	M2T1	1,496	1,016	1,358	1,443	0,5963	1,18186
5	M2T2	7,637	7,445	8,444	9,183	7,548	8,0514
6	M2T3	1,271	1,831	1,59	1,524	1,316	1,5026
7	M3T1	0,6442	0,6101	0,601	0,585	0,7282	0,6337
8	M3T2	0,5776	0,466	0,4653	0,471,1	0,4714	0,4887
9	M3T3	0,4163	0,5568	0,6372	0,2932	0,1793	0,4165
10	GOS	0,77	0,704	0,923	0,858	0,1178	0,000929

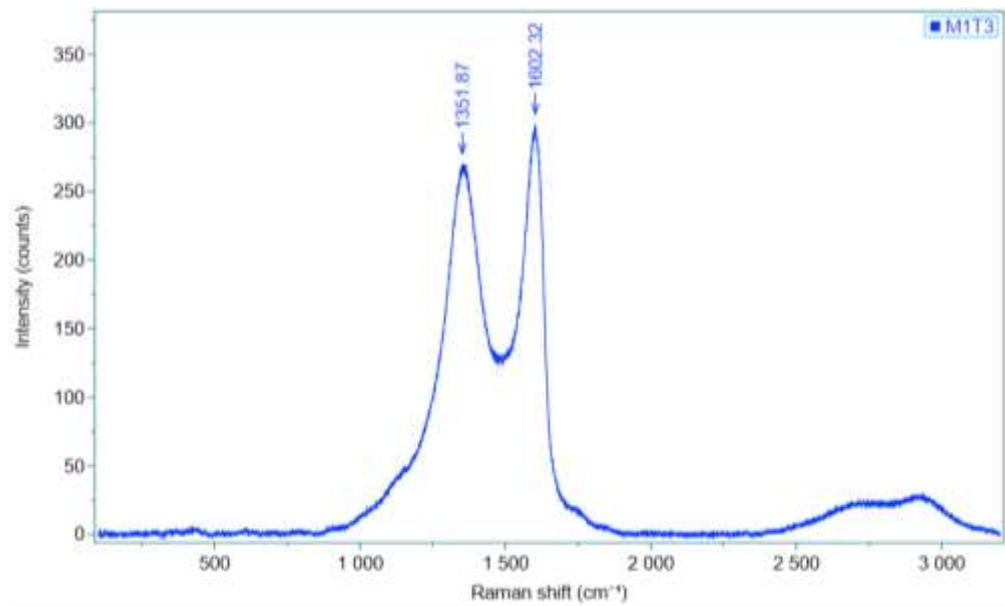
Data Raman Spectroscopy



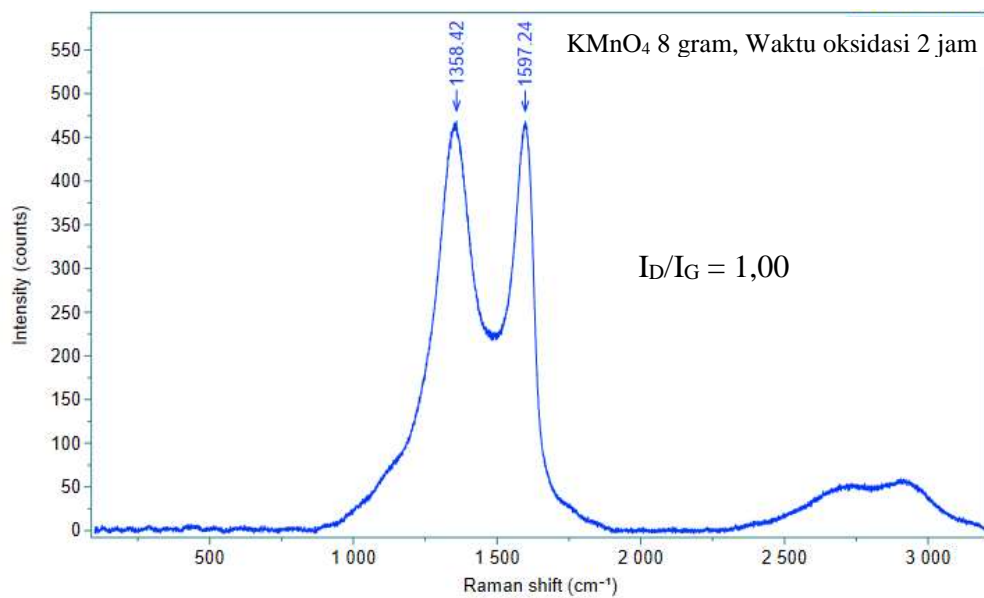
Gambar B.1 Raman Spektrum dari Membran GO



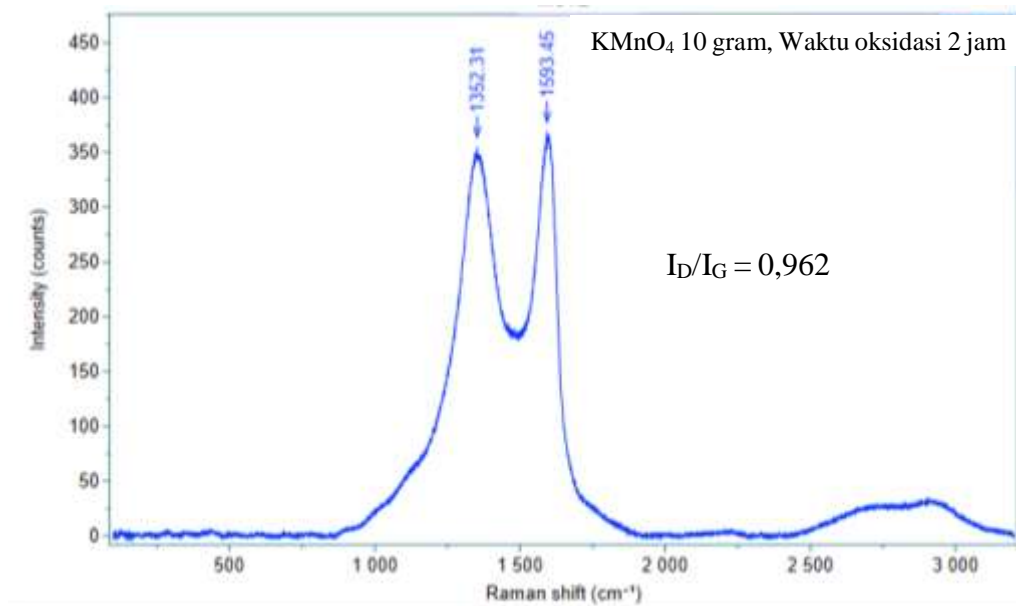
Gambar B.2 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO<sub>4</sub> 6 gram dan waktu oksidasi 2 jam



**Gambar B.3** Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO<sub>4</sub> 6 gram dan waktu oksidasi 3 jam



**Gambar B.4** Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO<sub>4</sub> 8 gram dan waktu oksidasi 2 jam



**Gambar B.5** Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO<sub>4</sub> 6 gram dan waktu oksidasi 2 jam

**LAMPIRAN C**  
**ALAT DAN BAHAN**



**Gambar C.1** Furnace



**Gambar C.2** Gelas Beker



**Gambar C.3** *Magnetic Stirrer*



**Gambar C.4** Neraca Digital



**Gambar C.5** Filtrasi Vakum



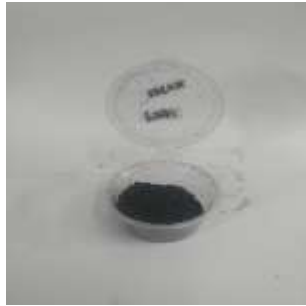
**Gambar C.6** *Ultrasonic Bath*



**Gambar C.7** Filtrasi Vakum



**Gambar C.8** *Air Brush Kit*



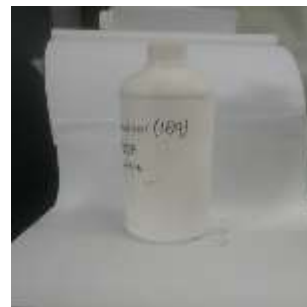
**Gambar C.9** Grafit



**Gambar C.10** Air Deionisasi



**Gambar C.11** Zinc Acetate  
Dihydrate



**Gambar C.12** Isopropanol



**Gambar C.13** *Membrane filter mix  
cellulose ester*



**Gambar C.14** Aseton



**Gambar C.15** Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  
98%



**Gambar C.16** Asam Nitrat ( $\text{HNO}_3$ )



**Gambar C.17** Potasium Permanganat ( $\text{KMnO}_4$ )



**Gambar C.18** Hidrogen Peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 30%



**Gambar C.19** Asam Klorida ( $\text{HCl}$ ) 37%