

**KARAKTERISASI STRUKTUR MIKRO OKSIDA GRAPHENE  
YANG DISINTESIS DARI AMPAS TEBU DENGAN METODE  
HUMMERS MODIFIKASI**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains*



Oleh:

VIOLA SESRI WAHYULI

NIM. 16034022

**PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2021**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

### KARAKTERISASI STRUKTUR MIKRO OKSIDA GRAPHENE YANG DISINTESIS DARI AMPAS TEBU DENGAN METODE HUMMERS MODIFIKASI

Nama : Viola Sesri Wahyuli  
NIM : 16034022  
Program Studi : Fisika (NK)  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, November 2021

Mengetahui:  
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Ratnawulan, M. Si.  
NIP. 19690120 199303 2 002

Disetujui Oleh :  
Pembimbing



Dr. Ramli, M. Si.  
NIP. 197302042001121002

## PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Viola Sesri Wahyuli  
NIM : 16034022  
Program Studi : Fisika (NK)  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### KARAKTERISASI STRUKTUR MIKRO OKSIDA GRAPHENE YANG DISINTESIS DARI AMPAS TEBU DENGAN METODE HUMMERS MODIFIKASI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, November 2021

#### Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
Ketua	: Dr. Ramli, M.Si.	 _____
Anggota	: Dr. Ratnawulan, M.Si.	 _____
Anggota	: Dr. Desnita, M.Si.	 _____

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Karakterisasi Struktur Mikro Oksida Graphene yang Disintesis dari Ampas Tebu dengan Metode Hummers Modifikasi” adalah asli karya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan dalam perpustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan didalam pernyataan ini, saya menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, November 2021

Saya yang menyatakan



Viola Sesri Wahyuli

NIM: 16034022

## ABSTRAK

### **VIOLA SESRI WAHYULI: Karakterisasi Struktur Mikro Oksida Graphene yang Disintesis dari Ampas Tebu dengan Metode Hummers Modifikasi**

Penelitian ini bertujuan untuk membentuk lapisan oksida graphene dari ampas tebu, yang mana dengan mengetahui struktur mikro dari lapisan tersebut maka oksida graphene dapat dimanfaatkan sebagai penyerapan gelombang mikro. Penelitian ini dilakukan guna mengurangi pencemaran lingkungan yang terjadi karena banyaknya tumpukan limbah ampas tebu yang dihasilkan setiap harinya. Kemudian dapat diolah sebagai bahan utama pembuatan oksida graphene yang disintesis menggunakan metode hummers modifikasi.

Pada prosesnya ampas tebu dijadikan karbon aktif dengan variasi suhu pengkarbonan yaitu 300°C, 350°C, 400°C dan 450°C. Kemudian disintesis menggunakan metode hummers modifikasi dengan cara mencampurkan karbon dengan senyawa H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KMnO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan aquades. Lalu dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD dan SEM.

Berdasarkan data hasil FTIR menyatakan bahwa adanya hubungan antara karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O) yang membuktikan terbentuknya lapisan oksida graphene. Juga berdasarkan hasil dari XRD yang menyatakan sudut difraksi berada pada rentang 10°-90° dan memiliki ukuran kristal tertinggi yaitu 40.5267076 nm. Begitu juga hasil dari SEM yang menyatakan oksida graphene terbaik berada pada ukuran rata-rata partikel 81.4043598 nm. Oksida graphene yang dihasilkan juga berbentuk seperti lembaran-lembaran monolayer.

Kata kunci: Oksida graphene, XRD,SEM,FTIR, Struktur mikro

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis diberi kesempatan, kekuatan dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **Karakterisasi Struktur Mikro Oksida Graphene yang Disintesis dari Ampas Tebu dengan Metode Hummers Modifikasi.**

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Dr. Ramli, M.Si sebagai dosen Pembimbing yang selalu membantu dan memotivasi penulis selama pengerjaan penelitian dan skripsi hingga menyelesaikan pendidikan S1.
2. Bapak Dr. Ahmad Fauzi, M.Si selaku Penasehat Akademis yang telah banyak membantu penulis dalam perkuliahan dan penyelesaian skripsi hingga menyelesaikan Studi S1.
3. Ibu Dr. Ratnawulan, M.Si selaku penguji I dan ketua jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Padang yang telah banyak memberikan arahan, kritik dan saran kepada penulis dalam penyelesaian skripsi.
4. Ibu Dr. Desnita, M.Si selaku penguji II yang juga banyak memberikan masukan, kritik dan saran kepada penulis dalam penyelesaian skripsi.
5. Ibu Syafriani, M,Si, Ph.D selaku Ketua Prodi Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang.

6. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP yang telah membekali penulis dalam kegiatan perkuliahan.
7. Staf administrasi dan laboran laboratorium Jurusan Fisika dan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Padang.
8. Tim penelitian (Ulva Aklima Zein, S.Si, Mila Devita Rahma dan Oci Aditama, S.Si) yang telah membantu, bekerja sama, memotivasi dan kekompakkan yang membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi.
9. Kedua orangtua, kakak, abang dan adik-adik yang selalu memberikan semangat, motivasi, serta keuangan untuk mendukung Penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi ini.
10. Vivi Dianofutri, S.Pd selaku sahabat yang selalu menemani dan memberikan saran terbaiknya.
11. Adik-adik wisma Assalam Sumbar yang selalu memberikan semangat dan keceriaan dalam proses penyelesaian skripsi ini.
12. Serta seluruh pihak yang telah berkontribusi dan telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Demi kesempurnaan Skripsi ini, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun penulis sendiri. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih.

Padang, November 2021

**Viola Sesri Wahyuli**

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar belakang.....	1
B. Rumusan masalah.....	8
C. Batasan masalah.....	9
D. Tujuan penelitian.....	9
E. Manfaat penelitian.....	9
<b>BAB II KAJIAN TEORI.....</b>	<b>11</b>
A. Karbon.....	11
B. Ampas tebu.....	12
C. Graphene dan graphene oxide.....	16
D. Metode hummer modofikasi.....	22
E. Struktur mikro.....	24
F. Pengaruh proses <i>sintering</i> terhadap struktur mikro.....	27
G. Karakterisasi oksida graphene menggunakan FTIR, XRD dan SEM.....	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>40</b>
A. Jenis penelitian.....	40

B. Tempat dan waktu pelaksanaan penelitian.....	40
C. Variabel penelitian.....	41
D. Instrumen penelitian.....	43
E. Pelaksanaan penelitian.....	55
F. Diagram alir penelitian.....	63
G. Teknik pengumpulan data.....	64
H. Tahap analisis data.....	65
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>67</b>
A. Hasil penelitian.....	67
B. Analisis Data Hasil Penelitian.....	78
C. Pembahasan.....	86
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>92</b>
a. Kesimpulan.....	92
b. Saran.....	92
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>95</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Berbagai Bentuk Alotrop Karbon.....	12
Gambar 2.	Ampas tebu.....	13
Gambar 3.	Skema pembuatan graphane dari grafit.....	17
Gambar 4.	Model struktur kimia graphene oxide.....	20
Gambar 5.	Skema pembentukan Graphene Oxide.....	20
Gambar 6.	Hasil VSM BaM Doping $x=0$ .....	21
Gambar 7.	Sumbu-sumbu dan sudut-sudut antar sumbu kristal.....	24
Gambar 8.	Pola difraksi GO dibandingkan dengan grafit dan sampel GO yang diberi perlakuan pemanasan.....	28
Gambar 9.	Spektrum FTIR sampel GO dibandingkan dengan grafit dan sampel GO yang diberi perlakuan pemanasan.....	29
Gambar 10.	Skema FTIR.....	32
Gambar 11.	Salah satu alat XRD.....	33
Gambar 12.	Prinsip Kerja X-Ray Diffraction (XRD) .....	33
Gambar 13.	Peristiwa Hamburan Pada Kristal.....	34
Gambar 14.	Contoh grafik analisis sampel dari uji XRD.....	35
Gambar 15.	Skema proses kerja dari SEM.....	38
Gambar 16.	Skema interaksi antara bahan dan elektron di dalam SEM.....	39
Gambar 17.	Contoh hasil analisis SEM dari polipaduan.....	39
Gambar 18.	Gelas kimia.....	43
Gambar 19.	oven.....	44
Gambar 20.	Furnace.....	44

Gambar 21.	Corong buchner.....	45
Gambar 22.	Gelas ukur.....	45
Gambar 23.	(a) <i>hot plate</i> dan (b) <i>Magnetic bar</i> .....	46
Gambar 24.	Pipet tetes.....	46
Gambar 25.	Spatula.....	47
Gambar 26.	Alu dan lumpang.....	47
Gambar 27.	Ayakan.....	48
Gambar 28.	Neraca Digital.....	48
Gambar 29.	Aluminium Foil.....	49
Gambar 30.	Erlemeyer.....	49
Gambar 31.	Crucible keramik.....	50
Gambar 32.	Pipet volume.....	50
Gambar 33.	Labu ukur.....	51
Gambar 34.	Alat ultrasonik.....	51
Gambar 35.	Skema kerja dan Alat FTIR.....	52
Gambar 36.	Alat XRD.....	53
Gambar 37.	Alat SEM dan skema kerja SEM.....	54
Gambar 38.	Limbah ampas tebu yang telah di oven.....	56
Gambar 39.	Sampel ampas tebu yang telah di furnace.....	57
Gambar 40.	Sampel karbon yang telah ditumbuk dengan alu dan lumpang.....	57
Gambar 41.	(a) proses melarutkan padatan NaOH dalam 100 mL aquades.....	58
Gambar 42.	Proses stirring H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , KmnO <sub>4</sub> , dan karbon aktif.....	59
Gambar 43.	(a) Proses stirring setelah pencampuran H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dan aquades (b) hasil Oksida graphene.....	60

Gambar 44. (a) hasil Oksida graphene setelah dikeringkan (b) Oksida graphene setelah dihaluskan.....	61
Gambar 45. Spektrum oksida graphene FTIR 300° C.....	68
Gambar 46. Spektrum oksida graphene FTIR 350° C.....	69
Gambar 47. Spektrum oksida graphene FTIR 400° C.....	70
Gambar 48. Spektrum oksida graphene FTIR 450° C.....	71
Gambar 49. Hasil karakterisasi XRD oksida graphene dengan suhu 300° C.....	72
Gambar 51. Hasil karakterisasi XRD oksida graphene dengan suhu 400° C.....	74
Gambar 52. Hasil karakterisasi XRD oksida graphene dengan suhu 450° C.....	75
Gambar 53. Hasil karakterisasi SEM 300° C perbesaran 10.000x.....	77
Gambar 54. Hasil karakterisasi SEM 350° C perbesaran 10.000x.....	77
Gambar 55. Hasil karakterisasi SEM 400° C perbesaran 10.000x.....	78
Gambar 56. Hasil karakterisasi SEM 450° C perbesaran 10.000x.....	78
Gambar 57. Hasil Karakterisasi FTIR oksida graphene Variasi Suhu 300°C, 350°C, 400°C, 450°C.....	79
Gambar 62. Hasil Uji SEM GO 300°C perbesaran 10.000x (a)cuplikan asli (b) sampel setelah threshold.....	83
Gambar 63. Hasil Uji SEM GO 350°C perbesaran 10.000x (a) cuplikan asli, (b) sampel setelah threshold.....	84
Gambar 64. Hasil Uji SEM GO 400°C perbesaran 10.000x (a) cuplikan asli, (b) sampel setelah threshold.....	85
Gambar 65. Hasil Uji SEM GO 450°C perbesaran 10.000x (a) cuplikan asli, (b) sampel setelah threshold.....	85

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan tanaman tebu.....	14
Tabel 2. Kandungan Ampas Tebu.....	15
Tabel 3. Kisi bravais kristal.....	25
Tabel 4. Variabel bebas.....	41
Tabel 5. Variabel kontrol.....	42
Tabel 6. Bahan yang digunakan dalam penelitian pembuatan oksida graphene...	55
Tabel 7. Data karakteristisasi oksida graphene 300 <sup>o</sup> C menggunakan XRD.....	72
Tabel 8. Data karakteristisasi oksida graphene 350 <sup>o</sup> C menggunakan XRD.....	73
Tabel 9. Data karakteristisasi oksida graphene 400 <sup>o</sup> C menggunakan XRD.....	75
Tabel 10. Data karakteristisasi oksida graphene 450 <sup>o</sup> C menggunakan XRD.....	76
Tabel 11. Data hasil FTIR.....	87
Tabel 12. Data hasil XRD.....	88
Tabel 13. Data hasil SEM.....	90

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Analisis FTIR Oksida Graphene 300°C.....	100
Lampiran 2. Data Hasil Analisis FTIR Oksida Graphene 350°C.....	101
Lampiran 3. Data Hasil Analisis FTIR Oksida Graphene 400°C.....	101
Lampiran 4. Data Hasil Analisis FTIR Oksida Graphene 450°C.....	103
Lampiran 5. Data hasil analisis XRD oksida graphene pada suhu 300°C.....	104
Lampiran 6. Data hasil analisis XRD oksida graphene pada suhu 350°C.....	109
Lampiran 7. Data hasil analisis XRD oksida graphene pada suhu 400°C.....	111
Lampiran 8. Data hasil analisis XRD oksida graphene pada suhu 450°C.....	115
Lampiran 9. Cara analisis ukuran diameter rata-rata SEM oksida graphene menggunakan software Image-J. ....	119

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar belakang**

Pada saat sekarang ini, limbah organik sangatlah berlimpah diseluruh daerah di Indonesia. Salah satunya adalah limbah ampas tebu. Tebu merupakan tumbuhan yang banyak tumbuh didaerah tropis seperti di Indonesia. Tebu sering kali digunakan sebagai bahan pemanis buatan berupa gula. Pada tahun 2012, potensi limbah ampas tebu berjumlah 6,5 juta ton per tahun dan merupakan jumlah terbesar kedua setelah sekam padi di Indonesia (Sutayasa, 2016). Namun begitu, tebu memiliki ampas yang tidak dapat digunakan lagi sehingga terbuang percuma dan menjadi limbah yang merusak lingkungan. Menurut (Widyawati dan Argo, 2014) sebanyak 60% dari ampas tebu dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, industri jamur, bahan baku industri kanvas rem dan lain-lain. Oleh karena itu, diperkirakan sebanyak 40% dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan.

Limbah ampas tebu merupakan serat yang memiliki waktu lama untuk dapat terurai di bumi karna ampas tebu terdiri dari serat rata-rata 47.7% yang tidak dapat larut dalam air. Adapun cara penguraian yang dapat dilakukan adalah dengan dibakar. namun pembakaran ampas tebu dalam jumlah banyak dapat menyebabkan polusi udara karna pembakaran yang terjadi secara tidak sempurna, dimana gas yang dihasilkan oleh pembakaran tersebut bersifat polutan karna mengandung partikel debu, CO, NO., SO yang dapat merusak lingkungan (Sukosrono, 2007). Hal

tersebut menimbulkan dampak yang buruk terhadap lingkungan sehingga untuk dapat mengurangi permasalahan tersebut, ampas tebu dapat digunakan dalam pembuatan Oksida Graphene.

Sekarang ini oksida graphene sebagai bahan nanomaterial yang sangat banyak diminati terutama dalam bidang industri. Oksida graphene memiliki luas permukaan yang tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan elektroda untuk baterai, kapasitor dan solar cell. Maka dari itu, pemanfaatan ampas tebu sebagai bahan pembuatan oksida graphene dapat mengurangi sumber limbah di Indonesia terutama di wilayah perkotaan seperti kota Padang. Hal ini dikarenakan ampas tebu memiliki kandungan Lignoselulosa. Lignoselulosa terbagi atas 3 komponen yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin ketiganya membentuk ikatan kimia yang kompleks (Hermiati, dkk, 2017). Tebu terdiri atas akar, batang dan daun, dimana berdasarkan Kulit batang keras berwarna hijau, kuning, ungu, merah tua atau kombinasinya. Pada batang tebu memiliki kandungan Air (75–85%), Sukrosa (10–12%), Gula Reduksi (0,5–2%), Senyawa Organik (0,5–1%), Senyawa Anorganik (0,2–0,6%), Senyawa Phosphate dan serabut/ampas. Perbedaan kualitas tanah dan kondisi tanah pada proses penanaman tebu menyebabkan perbedaan rasa pada tanaman tebu dan juga kualitas dari tanaman tebu tersebut (Prabawa, W. 2018). Namun disini yang digunakan adalah hanya serat tebu atau ampas tebu yang hanya tersisa kandungan Selulosa, lignin dan pentosa yang merupakan komponen dasar yang terdapat pada serat ampas tebu (nofu, dkk. 2014). Adapun

disini tebu yang digunakan adalah tebu kuning yang diambil secara acak ditempat penjualan air tebu di daerah pasar steba, kota padang.

Menurut (karimah, dkk. 2013) menyatakan bahwa kandungan karbon yang tinggi dalam ampas tebu menjadi dasar untuk memanfaatkannya sebagai karbon aktif. Diperkirakan kandungan polisakarida pada tebu mencapai 70% terdiri atas 50% - 55% selulosa dan 15% - 20% hemiselulosa. Kandungan lignin diperkirakan hanya sekitar 20% - 23%, selain itu adalah senyawa lain yang sering disebut dengan senyawa abu. Pengkarbonan ampas tebu dilakukan dengan cara membakar ampas tebu didalam alat Furnace. Pembakaran menggunakan alat furnace efektif karna dilakukan dalam ruangan tertutup dan dalam kondisi sampel yang kering dengan kadar hidrogen dan oksigen yang kecil sehingga karbon dioksida yang dihasilkan sedikit. Menurut (Sukosrono, 2007) tungku ruang bakar atau furnace dilengkapi dengan unit pengolah asap berupa scrubber . Scrubber merupakan alat pengikat zat-zat pencemar udara ( partikel debu, CO, NO., SO). Hal ini dilakukan guna mengurangi kadar polusi yang dihasilkan jika dilakukan pembakaran ampas tebu secara tidak sempurna dan dalam jumlah yang banyak. Itulah yang mendasari ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan pembuatan Oksida Graphene.

Oksida Graphene berasal dari lapisan tunggal yang memiliki struktur heksagonal pada kristalnya. Lapisan oksida graphene dapat dibentuk dari sintesis bahan alam berupa grafit. Secara sederhana grafit dioksidasi menjadi oksida grafit (GO), kemudian lembaran-lembaran oksida grafit tersebut dikelupas (exfoliated) dalam air hingga terbentuk

oksida graphane (Syakir, dkk, 2015). Oksida graphene dapat terbentuk ketika oksigen tereduksi sempurna oleh grafit. Namun begitu, bahan dasar alam berupa grafit tidak dapat ditemukan begitu saja di alam. Menurut (Sutayasa, 2016) Bahan utama berupa grafit alam merupakan bahan tambang yang tidak terbarukan. Selain itu, penggunaan grafit sintetis yang memiliki kualitas baik juga memiliki harga yang tinggi. Maka dari itu, Bahan dasar pembuatan oksida graphene dapat diganti dengan pemanfaatan limbah yaitu berupa ampas tebu. selain mengurangi jumlah limbah di Indonesia terutama kota Padang, hal ini juga dapat mengurangi pencemaran terhadap lingkungan. Limbah ampas tebu dapat diolah menjadi bubuk karbon aktif yang dapat disintesis dengan menggunakan metode hummers termodifikasi dari proses tersebutlah dapat dihasilkan bahan berupa oksida graphene. Oksida graphene yang dihasilkan disini memiliki ukuran kristal dengan rentang sudut difraksi berada pada sudut ( $10^{\circ} - 90^{\circ}$ ) (Syakir, dkk, 2015), gugus fungsional yang dapat diidentifikasi adalah ikatan O-H, C=O, C-OH, C-O dan C-H aromatik (Jannatin.M, 2019) dan morfologi permukaan sampel dan ukuran partikel sampel. Ketiga karakteristik tersebut dapat diketahui dengan menggunakan alat, FTIR, XRD dan SEM. Adapun manfaat lain dari oksida graphene, menurut (Avouris,P. & Dimitrakopoulos,C, 2012) perkembangan oksida graphene dalam dunia industri memiliki beberapa aplikasi diantaranya elektronik frekuensi radio, display panel datar, dan sel fotovoltaik sebagai konduktif transparan elektroda, dan konduktor dengan kepadatan arus tinggi.

Oksida graphene pertama kali diteliti oleh Brodie pada tahun 1859. Brodie menyelidiki struktur grafit dengan melihat kereaktifan dari lembaran grafit tersebut. Brodie menggunakan  $KClO_3$  dan  $HNO_3$  pada proses reaksinya. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Staudenmaier menggunakan bahan  $H_2SO_4$  dan  $HNO_3$ . Staudenmaier mencampurkan  $H_2SO_4$  dan  $HNO_3$  serta diikuti dengan penambahan  $KClO_3$  sedikit demi sedikit. Penambahan  $H_2SO_4$  dilakukan agar terjadi proses oksidasi yang kuat. Pada 1958, Hummers menemukan metode alternatif untuk mensintesis GO menggunakan  $KMnO_4$  dan  $NaNO_3$  serta  $H_2SO_4$  (Alam, S.N, 2017) namun metode ini memiliki tingkat kecelakaan kerja yang tinggi dan menghasilkan gas beracun (Chen, dkk. 2013).

Oksida graphene biasanya dibuat dengan oksidasi grafit menggunakan berbagai metode. Tiga metode yang diusulkan oleh Brodie (1859), Staudenmaier (1898) dan Hummers and Offeman (1958). Namun pada prosesnya memakan waktu dan melibatkan kondisi reaksi yang kuat yang sering mengakibatkan kecelakaan kerja. misalnya, penyalaan spontan atau ledakan kalium klorat. sebagian besar sampel oksida graphene yang tersedia secara komersial disintesis dengan metode Hummers atau versi modifikasi dari itu. Sumber karbon paling umum untuk menghasilkan oksida graphene adalah grafit serpihan, mineral alami, yang dimurnikan untuk menghilangkan kontaminasi heteroatomik (Mohan, N., 2016). Di Beberapa tahun terakhir ini, dengan kesadaran akan perlindungan lingkungan, maka menjadi kebutuhan dan keinginan untuk mengeksplorasi berbagai hal sumber karbon lainnya terutama yang lebih berkelanjutan dan

terbarukan yang dapat segera disesuaikan dengan oksida graphene. Adapun pembuatan oksida graphene dari karbon ampas tebu dengan metode *Improved GO* (Sutayasa, 2016). Metode lain yang digunakan yaitu *micromechanical exfoliation*, metode penumbuhan *epitaxial*, *Chemical Vapor Decomposition (CVD)* (Rafitasari, dkk. 2016). Namun tidak efisien untuk digunakan, sementara metode penumbuhan *epitaxial* dan CVD membutuhkan biaya yang cukup mahal. Jadi, metode yang paling efisien digunakan sekarang adalah metode Hummers modifikasi.

Namun pada penelitian ini, penulis ingin membuat Oksida graphene yang dapat dimanfaatkan sebagai penyerapan gelombang mikro. Pembuatan Oksida graphene dengan memvariasikan suhu furnace limbah Ampas tebu (*bagasse*) yaitu 300°C, 350°C, 400°C dan 450°C. Variasi dari suhu ini dikarenakan tiap kenaikan suhu nantinya akan mempengaruhi struktur mikro dari Oksida graphene tersebut dan juga dapat diperoleh kondisi optimumnya. Pemilihan temperatur 300°C sampai 450°C ini dikarenakan memfurnace limbah Ampas tebu dibawah suhu 300°C tidak terbentuk arang dengan baik bahkan sampel tidak terbakar sempurna masih membentuk ampas tebu yang berwarna coklat tua, sedangkan diatas 450°C limbah Ampas tebu sudah menjadi abu.

Metode hummers modifikasi merupakan metode sintesis oksida graphene yang lebih baik dari metode sebelumnya, dimana metode tersebut dapat menghasilkan gas baru pada saat melakukan sintesis, gas baru yang dihasilkan tersebut bersifat beracun sehingga sangat berpotensi untuk terjadinya kecelakaan kerja, metode tersebut dinamakan dengan

metode hummers. Menurut (Chen, dkk. 2013) senyawa yang digunakan dalam pemakaian metode hummers adalah  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ , dan  $\text{HNO}_3$ . Namun dalam penggunaan senyawa-senyawa tersebut memiliki banyak kekurangan seperti tingginya tingkat kecelakaan kerja, terciptanya gas beracun dan memakan waktu yang lama dalam pengerjaannya. Sebaliknya, kemajuan yang dihasilkan dari metode hummers modifikasi dapat ditinjau dari pengurangan penghasilan gas beracun, mengurangi kecelakaan kerja yang dihasilkan dari senyawa yang berbahaya, dan mengurangi terciptanya racun evolusi gas. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mengganti senyawa-senyawa yang digunakan dengan senyawa yang lebih aman dan dengan konsentrasi yang mudah tereduksi oleh senyawa lainnya sehingga tidak menyebabkan kecelakaan kerja dan terciptanya gas-gas berbahaya dan beracun. Menurut (Chen, dkk. 2013) metode hummers modifikasi dilakukan dengan mengganti  $\text{KClO}_3$  menjadi  $\text{KMnO}_3$  dan  $\text{HNO}_3$  menjadi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  serta menghilangkan  $\text{NaNO}_3$  dan menggantinya dengan  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Selain itu,  $\text{KMnO}_4$  adalah salah satu oksidan terkuat dan bersifat asam. Interkalasi lengkap grafit dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dapat terkonsentrasi membentuk grafit bisulfat di mana setiap satu lembaran Graphene diapit oleh lapisan bisulfation yang membentuk oksida graphene. Pada prinsipnya metode hummers modifikasi hampir sama dengan metode hummers, namun untuk mengurangi kekurangan pada metode hummers dilakukan perubahan yang dinamakan dengan metode hummers modifikasi. Adapun penggunaan metode hummers modifikasi menurut (Sutayasa, 2016) adalah untuk menciptakan proses kerja yang aman dalam perlakuan senyawanya. Hal ini

juga dilihat dari penambahan asam sulfat kedalam oksidasi karbon aktif dalam pembuatan oksida Graphene.

Berdasarkan metode hummers modifikasi yang digunakan dalam pembuatan Oksida Graphane, bahan dasar berupa ampas tebu diolah menjadi karbon aktif yang dapat menghasilkan lapisan Oksida Graphene. Adapun pengolahan Oksida Graphene dapat dilakukan dari pengeringan ampas tebu terlebih dahulu, ampas tebu yang telah dikeringkan dapat dibakar dengan menggunakan furnace. Ampas tebu yang telah dibakar berubah menjadi karbon, yang mana karbon tersebut diaktivasi dengan senyawa NaOH untuk jadikan karbon aktif. Hasil tersebutlah yang disintesis menggunakan senyawa pereduksi berupa  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  juga air denim untuk dijadikan Oksida Graphene. Proses sintesis dengan senyawa-senyawa tersebut dilakukan menggunakan metode hummers modifikasi. Hasil akhir yang diharapkan dari proses penelitian tersebut adalah terbentuknya lapisan Oksida Graphene pada sampel. Maka dari itu, inilah yang melatar belakangi penulis untuk melakukan penelitian dengan judul *“Karakterisasi Struktur Mikro Oksida Graphene Yang Disintesis Dari Ampas Tebu Dengan Metode Hummers modifikasi”*.

## **B. Rumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah, Bagaimana karakterisasi struktur Mikro Oksida Graphene yang disintesis dari Ampas Tebu dengan Metode Hummers modifikasi?

### **C. Batasan masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Limbah ampas tebu yang diambil dari penjual air tebu di wilayah Steba, Kota Padang, Sumatera Barat.
2. Ampas tebu yang diambil adalah serat tebu hasil olahan air tebu murni dari tebu kuning.
3. Struktur mikro yang dijadikan dasar analisis oksida graphene adalah ukuran partikel dari hasil karakterisasi FTIR, XRD dan SEM.

### **D. Tujuan penelitian**

Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan pada latar belakang di atas maka tujuan dilakukannya penelitian ini adalah, sebagai berikut: untuk mengetahui karakterisasi struktur Mikro Oksida Graphene yang disintesis dari Ampas Tebu dengan Metode Hummers modifikasi.

### **E. Manfaat penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

- a. Bagi peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang kajian Fisika.
- b. Kelompok kajian Fisika Material dan Biofisika dapat memberikan ilmu pengetahuan dalam pengembangan pembuatan material oksidagraphane dari limbah karbon ampas tebu maupun limbah karbon lainnya.
- c. Jurusan Fisika, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian material.

- d. Peneliti lain, sebagai referensi dalam pengembangan penelitian tentang material khususnya dalam pembuatan graphane dari limbah karbon.
- e. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian material serta pengembangan aplikasinya.

## **BAB II**

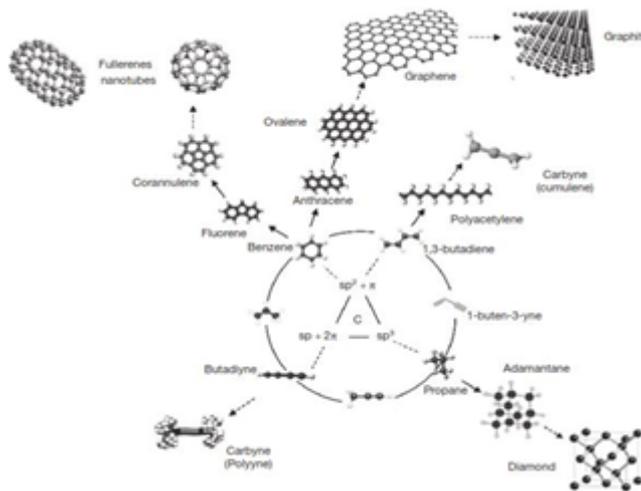
### **KAJIAN TEORI**

#### **A. Karbon**

Karbon adalah bahan yang sering ditemukan di alam. Karbon terdiri dari material penyusun utama pada bahan bakar fosil seperti batubara, petroleum, dan gas alam (Khadifah & Nurisal, 2017). Pada makhluk hidup, karbon merupakan material penyusun utama pada karbohidrat, protein, dan lemak. Menurut (EkatriSNawan, R. 2016) Karbon aktif atau arang aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta mempunyai kemampuan daya serap (adsorpsi) yang baik. Karbon aktif digunakan sebagai bahan pemucat (penghilang zat warna), penyerap gas, penyerap logam, dan sebagainya.

Karbon merupakan unsur non-logam dan bervalensi 4 (tetravalen), yang berarti bahwa terdapat empat elektron yang dapat digunakan untuk membentuk ikatan kovalen. 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 (Sukmawati, 2018). Namun berdasarkan strukturnya karbon memiliki empat atom valensi yang memungkinkan karbon dapat membentuk susunan kristal yang berbeda-beda yang disebut dengan (Alotrop). Alotrop adalah modifikasi struktural yang berbeda-beda dari sebuah unsur. Karbon

dapat membentuk alotrop tiga dimensi lainnya seperti CNT (Carbon Nanotubes) dan juga alotrop 2 dimensi seperti graphene. Sifat dari masing-masing alotrop berbeda-beda antara satu alotrop dengan alotrop yang lainnya berdasarkan pada perbedaan susunan dari struktur ikatan atom penyusunannya (Chow,dkk, 1993). Adapun bentuk dari alotrop karbon seperti gambar 1



Gambar 1. Berbagai Bentuk Alotrop Karbon  
(Sumber: Khadifah & Nurisal, 2017)

Dalam kehidupan sehari-hari karbon juga sering digunakan baik itu berbentuk karbon maupun bentuk karbon turunannya. Selain itu, karbon aktif yang memiliki daya serap tinggi juga dapat memiliki daya ikatan kimia yang baik dengan senyawa lain yang dicampurkan.

## B. Ampas tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tumbuhan yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan gula. Tebu juga merupakan tumbuhan yang dapat tumbuh didaerah yang beriklim tropis seperti di Indonesia yang merupakan negara dengan jumlah tumbuhan tebu yang

banyak dan melimpah (Nurliza, 2020). Adapun bentuk dari ampas tebu dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Ampas tebu  
(Sumber: Dokumentasi penulis)

Tanaman ini termasuk keluarga Graminae atau rumput-rumputan dan cocok ditanam pada daerah dengan ketinggian 1 sampai 1300 meter di atas permukaan laut. Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih satu tahun (Sitompul, 2014).

Deskripsi *saccharum officinarum* L (tanaman tebu) dapat dijelaskan sebagai berikut (Prabawa, W. 2018):

#### 1. Batang

Tanaman tebu mempunyai sosok yang tinggi, kurus, tidak bercabang dan tumbuh tegak. Tinggi batangnya dapat mencapai lebih kurang 3-5 m. Kulit batang keras berwarna hijau, kuning, ungu, merah tua atau kombinasinya.

#### 2. Daun

Daun tebu merupakan daun tidak lengkap, karena hanya terdiri dari pelepah dan helaian daun, tanpa tangkai daun. Pada pelepah terdapat bulu dan telinga daun.

### 3. Tebu

Tebu mempunyai akar serabut yang panjangnya dapat mencapai satu meter. Bibit tebu memiliki akar setek/bibit berasal dari setek batangnya, tidak berumur panjang, dan hanya berfungsi sewaktu tanaman masih muda. Akar tunas berasal dari tunas, berumur panjang, dan tetap ada selama tanaman masih tumbuh.

### 4. Bunga

Bunga tebu merupakan bunga majemuk 70-90 cm. Setiap bunga mempunyai tiga daun kelopak, satu daun mahkota, tiga benang sari dan dua kepala putik.

Tanaman tebu biasanya tumbuh baik pada daerah yang beriklim panas dengan kelembaban untuk pertumbuhan adalah >70%. Suhu udara berkisar antara 28°C–34°C. Tanah yang baik bagi pertumbuhan tebu adalah tanah subur dan cukup air tetapi tidak tergenang. Hal tersebut dapat mempengaruhi bentuk fisis dan kualitas dari tebu tersebut (Prabawa, W. 2018). Adapun kandungan dari tebu adalah sebagai berikut, terlihat pada tabel 1

Tabel 1. Kandungan tanaman tebu

<b>no</b>	<b>Bahan</b>	<b>komposisi (%)</b>
1	Air	69-75
2	Sukrosa	7-13
3	Gula reduksi	0.5-0.2
4	Serat	10-16
5	Abu	0.3-1.8

6	Bahan Organic	0.5-1
7	Kandungan Nitrogen	0.5-1

(Prabawa, W. 2018)

Tebu yang telah diracik untuk pembuatan gula, menghasilkan limbah berupa ampas dari tebu. Adapun kandungan yang tersisa dari ampas tebu yang dihasilkan tersebut dapat terlihat pada tabel 2

Tabel 2. Kandungan Ampas Tebu

No	Komposisi	kandungan (%)	rata-rata (%)
1.	Selulosa	54.77	53.75
		52.73	
2.	Hemiselulosa	21.16	20.98
		20.79	
3.	Lignin	16.26	17.56
		18.85	

(widyawati, dkk. 2014)

Komposisi berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang merupakan bagian dari karbon. Maka dari itu, ampas tebu yang telah menjadi karbon dapat dimanfaatkan sebagai adsorben pada bahan dasar pembuatan oksida graphene (hermiati, dkk, 2017).

Ampas tebu memiliki kelebihan, terutama dalam hal bentuk dan ukuran bahan. Ampas tebu dari pabrik gula sudah merupakan partikel kecil yang tidak lagi memerlukan proses perlakuan pendahuluan secara fisika berupa pencacahan atau penggilingan untuk memperkecil ukuran bahan (hermiati, dkk, 2017). Karbon dari ampas

tebu sering digunakan sebagai bahan pembuatan briket, yang dikarnakan baunya yang segar dan mudah kering (Sitompul, 2014). Pada dasarnya ampas tebu merupakan limbah karbon menengah yang paling banyak dijumpai dan memiliki warna arang yang baik (Hidayati,dkk, 2016). Hampir sama dengan limbah tempurung kelapa dan limbah karbon lainnya.

## **C. Graphene dan graphene oxide**

### **1. Graphene**

Pembentukan awal dari oksida graphene adalah dengan membentuk lapisan graphene terlebih dahulu. Graphene menjadi menarik untuk dikaji karena memiliki sifat kelistrikan, termal, dan mekanik yang luar biasa. Struktur yang unik dari Graphene memberikan peningkatan sifat Graphene, misalnya mobilitas pembawa yang tinggi ( $\sim 10,000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ), efek Quantum Hall pada temperatur ruangan, Transparansi optic yang baik (97.7%), luas permukaan spesifik ( $2630 \text{ m}^2/\text{g}$ ), Modulus young ( $\sim 1 \text{ TPa}$ ), dan konduktivitas panas yang sangat baik  $\sim 3000 \text{ W/mK}$  (Junaidi, dkk., 2014). Analisis lapisan graphane dapat diketahui dari pendeteksian karakteristik SEM sehingga dapat diketahui bentuk dan besar lapisannya.

Sederhananya Graphane dapat dioksida menjadi oksida graphane. Kemudian lembaran-lembaran tersebut dikelupas dalam air hingga terbentuk oksida graphane. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3



Gambar 3. Skema pembuatan graphane dari grafit (Syakir, dkk, 2015)

Konsentrasi oksigen dalam oksida graphene dapat direduksi hingga habis sehingga menyisakan lapisan graphene. Oksida graphene dapat dijadikan sebagai prekursor dalam menghasilkan graphene dalam jumlah besar. Menurut (Syakir, dkk, 2015) menyatakan bahwa, Graphite oxide yang dikenal sebagai graphitic acid telah ditemukan sejak tahun 1859 setelah Brodie mengoksidasi Ceylon graphite dengan campuran kalium klorida ( $KClO_3$ ) dan asam nitrat ( $HNO_3$ ). Namun disini pembuatan oksida graphene dibentuk dengan pencampuran  $H_2SO_4$  dan  $KMnO_3$  agar grafit dapat teroksidasi dan membentuk lapisan graphene dari oksida graphene.

Graphene banyak diteliti dan dikembangkan oleh para ilmuwan karena sifat unik yang dimiliki. Menurut (Anggraini, 2017) ada beberapa sifat dan karakteristik dari material graphene yaitu sebagai berikut:

- a. Mobilitas elektron tinggi mencapai  $200.000 \text{ cm}^2/Vs$ , konduktivitas listrik yang tinggi ( $0,96 \times 10^6 \text{ } \Omega^{-1}cm^{-1}$ ), konduktivitas termal yang tinggi ( $500 \text{ W/mK}$ ), transparansi optik yang baik ( $97,7\%$ ), memiliki kekuatan tarik  $1 \text{ TPa}$ , serta memiliki kekuatan 200 kali lebih keras dari berlian.

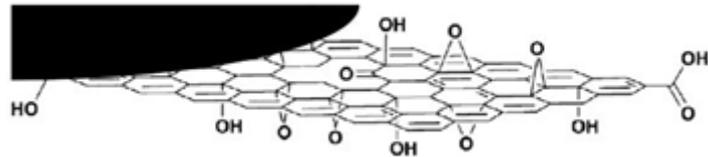
- b. Konduktivitas optik graphene yang tersusun 2D dengan kisi hexagonal, menampilkan banyak sifat optik yang luar biasa.
- c. Sifat lain yang unggul dan menarik dari graphene adalah keelastisitas bahannya.
- d. Ikatan atom karbonnya sangat fleksibel yang memungkinkan jaringannya merenggang hingga 20% dari ukuran awal.
- e. Bersifat konduktor listrik dan konduktor panas. Sifat konduktivitas listrik graphene berasal dari elektron ikatan  $\pi$  yang terdelokalisasi di sepanjang ikatan C-C dan bertindak sebagai pembawa muatan. Graphene merupakan bahan superkonduktor, namun dapat berubah menjadi semikonduktor dengan menambahkan doping. Doping ini akan memutuskan ikatan  $\pi$  pada atom karbon yang bersangkutan, sehingga menurunkan konduktivitas listrik graphene atau membuka band gap.
- f. Menjelaskan beberapa fenomena fisika kuantum yang menggambarkan bagaimana sebuah partikel kadang-kadang dapat melewati sebuah penghalang yang pada keadaan normal akan menghalangi partikel tersebut. Semakin tebal penghalang, maka semakin kecil kemungkinan dapat melewatinya. Namun hal ini tidak berlaku pada elektron yang bergerak di dalam graphene, elektronnya dapat bergerak bebas layaknya tidak ada penghalan.

Sifat-sifat unggul yang dimiliki graphene tersebut dapat dimanfaatkan atau diaplikasikan ke suatu objek atau bidang tertentu. Beberapa aplikasi dari graphene yaitu sebagai material pembuatan superkapasitor, transistor, elektroda konduktif yang transparan. Adapun aplikasi lain yang mungkin diterapkan pada material ini yaitu dalam bidang biological engineering yaitu proses ultrafiltrasi, bahan material komposit, dan bisa juga dimanfaatkan sebagai material penyimpanan energi (Anggraini, 2017).

## **2. Graphene oxide (GO)**

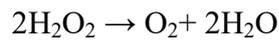
GO (graphene oxide) merupakan lapisan tunggal dengan kadar oksigen tinggi, karakteristik yang khas dengan rasio atom C/O kurang dari 3,0 dan biasanya mendekati 2,0. Graphene Oxide/Oksida grafena (GO) atau asam grafitik merupakan senyawa campuran karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) yang didapat melalui proses oksidasi yang kuat dari grafit (Sukmawati, 2018). Hal ini menandakan bahwa oksida graphene tak dapat diperoleh begitu saja di alam melainkan harus melalui sintesis dari bubuk grafit. Oksida graphene yang terkenal sebagai karbon atom lapisan tunggal yang membentuk struktur sarang lebah dua dimensi. Oksida graphene telah menjadi bahan yang menarik sejak ditemukan oleh Geim (2004) dan dalam penelitian Akhavan (2010) dilaporkan bahwa oksida graphene dapat dijadikan antibakteri yang efektif dengan karakteristik morfologinya yang dapat merusak permukaan bakteri dan menghilangkan karakteristik serta bocornya

RNA pada bakteri yang terkontak (Laksono, 2018). Adapun struktur dari lapisan GO dapat dilihat dari gambar 4 berikut

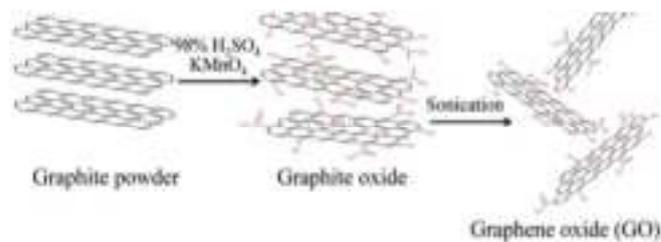


Gambar 4. Model struktur kimia graphene oxide (Sumber: Laksono, 2018)

Pada gambar 3 berikut oksida graphene terdiri dari atom oksigen (=O) atau gugus hidroksil (-OH) yang berada disekitar cincin benzena. Adapun struktur atom grafit oksida terdiri dari karbonil (C=O), hidroksil (-OH), fenol dan oksigen (=O). Dalam metode Hummers, grafit dioksidasi menggunakan  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sehingga dapat di sintesis menghasilkan oksida graphene. Menurut (Laksono, 2018) reaksi dari penambahan  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebagai zat pengoksidasi adalah sebagai berikut:



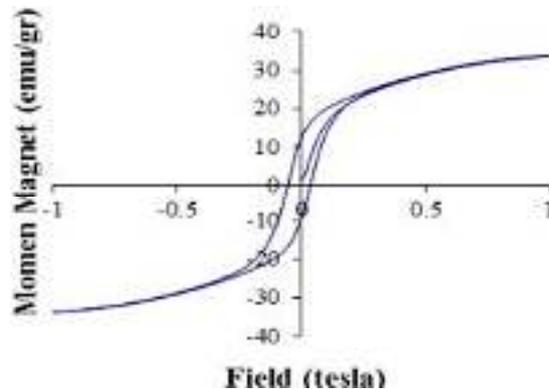
Pembuatan oksida graphene juga dapat terbentuk dari lapisan grafit yang terkelupas membentuk lembaran-lembaran. Secara ringkas proses pembentukan graphene oxide (GO) dari bubuk grafit dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Skema pembentukan Graphene Oxide

Pada gambar tersebut bubuk grafit dapat disintesis menggunakan  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sehingga dibentuk lapisan graphite oxide kemudian dionifikasi maka terbentuklah lapisan graphene oxide (GO) (Laksono, 2018).

Adapun aplikasi lain dari oksida graphene adalah dalam penyerapan gelombang mikro yaitu dalam karakterisasi gelombang radar dari bahan alam. Pengukuran gelombang mikro dilakukan menggunakan alat VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*), pada penelitian ini VSM digunakan untuk mengetahui keberadaan magnet pada bahan tersebut sehingga di dapatlah kurva histeresis seperti pada gambar 6



Gambar 6. Hasil VSM BaM Doping  $x=0$

Dari kurva histeresis hasil VSM tersebut yang dapat dihitung adalah nilai magnetisasi remanen ( $M_r$ ), magnetisasi maksimum ( $M_s$ ) dan medan koersivitas ( $H_c$ ). Dari hasil karakterisasi menggunakan VSM mengkonfirmasi bahwa pemberian doping ion  $\text{Zn}^{2+}$  dengan konsentrasi  $x=0,3$  pada material BaM telah mengubah sifat magnetik BaM menjadi soft

magnetic (Yusro, 2016). Selain aplikasi tersebut masih ada aplikasi lain dari oksida graphene dalam sifat penyerapan gelombang mikro.

Maka dari itu ciri yang harus digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Karakterisasi FTIR

karakterisasi FTIR memiliki gugus fungsi C-O, C=O C=C dan -OH dengan lapisan oksida graphene yang terbentuk pada umumnya ditandai dengan adanya hubungan antara C, H dan O (Sukmawati, 2018).

b. Karakterisasi XRD

karakterisasi dengan XRD memenuhi nilai dengan sudut difraksi yang baik digunakan untuk dunia industri yaitu ( $10^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ) (syakir, dkk. 2015) dengan intensitas (I) yang tinggi untuk memperbesar penyerapannya.

c. Karakterisasi SEM

Begitu pun dengan karakterisasi SEM data yang diperoleh dapat dikatakan baik apabila memenuhi bentuk morfologi berupa lembaran-lembaran dan ukuran partikel 33-84 nm (Fathia, A. 2018) untuk hasil terbaik haruslah mendekati batas tertinggi untuk memperbesar pori-pori agar penyerapan semakin besar (Pradana,M.A, 2017).

#### **D. Metode hummer modifikasi**

Metode ini merupakan metode yang lebih efektif dari metode sebelumnya. Ditinjau dari segi keuntungan dari metode sebelumnya,

menurut (Ranjan, P., 2018) metode ini memiliki keamanan yang lebih baik dari metode sebelumnya dengan mengganti  $\text{KClO}_3$  menjadi  $\text{KMnO}_3$  dan  $\text{HNO}_3$  menjadi  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Selanjutnya metode ini juga memakan waktu yang sedikit atau dapat dilakukan dengan cepat tidak dengan jangka waktu yang lama. Penggantian senyawa-senyawa berikut digunakan untuk menghindari kecelakaan kerja dan menghindari untuk menghasilkan gas beracun.  $\text{KMnO}_4$  adalah salah satu oksidan terkuat, secara resmi dalam media asam. Interkalasi lengkap grafit dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dapat terkonsentrasi membentuk grafit bisulfat di mana setiap graphene single-layer diapit oleh lapisan bisulfat ion. Interkalasi lengkap ini memastikan penetrasi yang efektif pada larutan  $\text{KMnO}_4$  ke dalam lapisan graphene untuk pembuatan oksidasi grafit (Chen, dkk. 2013).

Hummers mensintesis graphene dari grafit oksida dengan menggunakan senyawa oksidator seperti asam sulfat dengan konsentrasi 98%, asam nitrat dan kalium permanganat. Hasil yang didapatkan dari metode ini adalah tingkat keefektifitasan oksidasi dipengaruhi oleh perbandingan antara grafit oksida pada produk atau dengan rasio antara karbon dengan oksigen. Rasio optimal untuk terjadinya oksidasi adalah dengan perbandingan karbon dan karbon sebesar 2,1 hingga 2,9 (Khadifah, dkk., 2017). Metode hummers juga dimodifikasi untuk mengurangi penghasilan racun evolusi gas, sehingga pada metode hummers termodifikasi meneghilangkan penggunaan senyawa  $\text{NaNO}_3$  untuk penghasilan gas beracun tersebut.

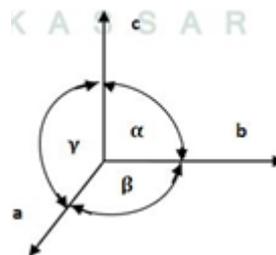
Metode hummers dimodifikasi dengan mengecualikan  $\text{NaNO}_3$ , meningkatkan jumlah  $\text{KMnO}_4$ , dan melakukan reaksi dalam 9: 1 (oleh volume) campuran  $\text{H}_2\text{SO}_4$  /  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Meningkatkan  $\text{KMnO}_3$  pada metode hummers semestinya dan memunculkan senyawa baru yaitu  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (Chen, dkk. 2013).

#### E. Struktur mikro

Struktur mikro merupakan ukuran terkecil dari kristal, perhitungan ukuran kristal meliputi struktur kristal dan parameter kisi. Adapun penjelasan dari hal tersebut adalah sebagai berikut:

##### 1. Struktur kristal

Susunan khas atom-atom dalam kristal disebut struktur kristal. Struktur kristal dibangun oleh sel satuan (unit cell). Sel satuan adalah bagian terkecil dari unit struktur yang dapat menjelaskan struktur suatu kristal. Tiga sisi satuan sel antar sudut satuan kristal dinamakan sudut antar kristal. Pengunggalan dari sel satuan akan menggambarkan struktur secara keseluruhan (Nurhidayah, 2016). seperti dilihat pada gambar 7



Gambar 7. Sumbu-sumbu dan sudut-sudut antar sumbu kristal (sumber: Nurhidayah, 2016)

Sumbu-sumbu a, b, dan c adalah sumbu-sumbu yang dikaitkan dengan parameter kisi kristal. Sedangkan  $\alpha$ ,  $\beta$  dan  $\gamma$

merupakan sudut antar sumbu-sumbu kristal. Berdasarkan sumbu-sumbu a, b, dan c (kisi bidang) dan sudut  $\alpha$ ,  $\beta$  dan  $\gamma$  (kisi ruang), kristal dikelompokkan menjadi 7 sistem kristal (hubungan sudut satu dengan sudut yang lain) yang dinamakan dengan kisi bravais kristal, seperti tabel 3

Tabel 3. Kisi bravais kristal

No.	Sistem Kristal	Parameter Kisi	Kisi Bravais
1.	Kubik	$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simple Body-centered Face-centered
2.	Tetragonal	$a = b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simple Body-centered
3.	Ortorombik	$a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simple Body-centered Base-centered Face-centered
4.	rombohedral (trigonal)	$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	Simple
5.	Heksagonal	$a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	Simple
6.	Monoklinik	$a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = 90^\circ, \neq \beta$	Simple Base-centered
7.	Triklirik	$a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta$	Simple

		$\neq \gamma \neq 90^0$	
--	--	-------------------------	--

(sumber: Bahanan, 2010)

Tiap-tiap bidang hkl mempunyai jarak dhkitertentu, tergantung harga parameter kisi dan strukturnya. Adapun hubungan antara parameter kisi dengan jarak antar bidang hkl yaitu sesuai dengan strukturnya adalah sebagai berikut:

Geometri kristal kubik:  $\frac{1}{d^2} = \frac{h^2+k^2+l^2}{a^2} \dots$  (3)

Geometri kristal heksagonal:  $\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left( \frac{h^2+hk+k^2}{a^2} \right) \frac{l^2}{c^2} \dots$  (4)

Geometri kristal ortorombik:  $\frac{1}{d^2} = \frac{h}{a^2} + \frac{k}{b^2} + \frac{l}{c^2} \dots$  (5)

Dimana d adalah jarak antar bidang; h, k, l adalah Indeks Miller dan a, b, c adalah parameter kisi Derajat kristalinitas yaitu besaran yang menyatakan banyaknya kandungan kristal dalam suatu material dengan membandingkan luasan kurva kristal dengan total luasan amorf dan kristalit (Bahanan, 2010).

## 2. Parameter kisi

Semua struktur kristal dapat dijelaskan dalam istilah lattice (kisi) dan sebuah basis yang ditempatkan pada sebuah titik kisi. Laticce (kisi) merupakan sebuah susunan titik yang teratur dan periodik di dalam ruang. Sedangkan basis merupakan sekumpulan atom-atom yang menghubungkan titik kisi, dengan jumlah atom dalam basis terdiri dari satu buah atom atau lebih. Sehingga gabungan antara kisi dan basis akan membentuk struktur kristal (Nurhidayah, 2016).

Sistem kristal merupakan cara untuk mengelompokkan kristal berdasarkan geometri sel unit yaitu berdasarkan letak atom dalam sumbu xyz. Parameter ini sering dinyatakan sebagai lattice parameter (parameter kisi) dari struktur kristal. Atas dasar inilah sehingga ada tujuh kemungkinan kombinasi yang berbeda dari a,b,c serta  $\alpha,\beta,\gamma$ , masing-masing mewakili sistem kristal yang berbeda, sehingga persamaan umum yang digunakan untuk menghitung parameter kisi (ukuran rata-rata kristal) yaitu:

$$D = \frac{K\lambda}{B \cdot \cos \theta} \dots \quad (6)$$

Dimana:

D = Ukuran rata-rata kristal (nm)

k = Konstanta Scherrer (0,9)

$\lambda$  = Panjang gelombang Sinar-X (Å)

$\theta$  = Sudut difraksi (°)

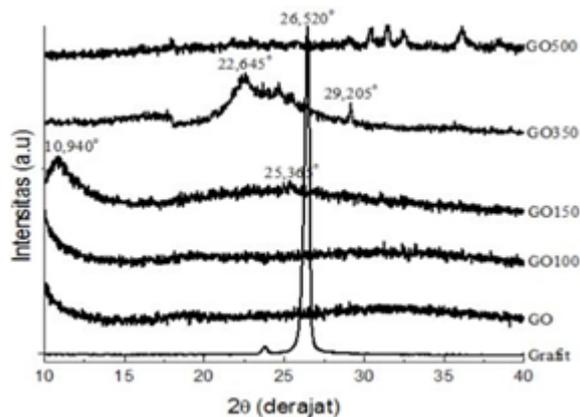
B (FWHM) = Lebar setengah puncak maksimum (radian)

(Nurmawati, 2007).

#### F. Pengaruh proses *sintering* terhadap struktur mikro

Adapun bahan yang telah berhasil menghasilkan lapisan oksida graphene adalah grafit. Bubuk grafit yang disintesis menggunakan larutan pereduksi seperti asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), natrium nitrat (NaNO<sub>3</sub>), kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>), dan hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) juga disintesis menggunakan metode hummers dapat menghasilkan lapisan tipis oksida graphene yang dinamakan dengan oksida grafit. Oksida Grafena (Graphene) merupakan material dua dimensi monoatomik dari

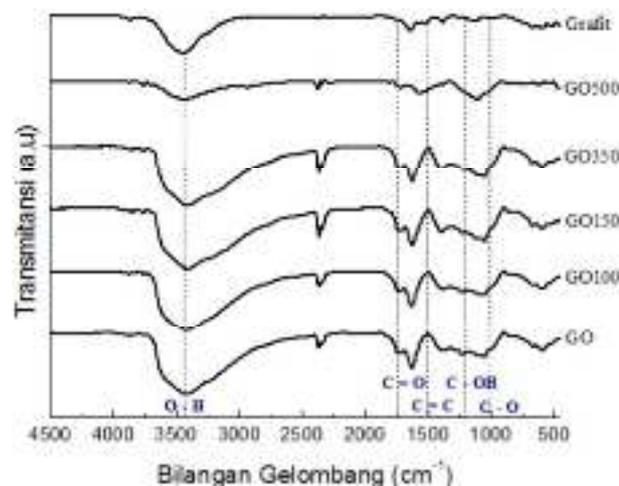
satu lapis grafit yang ditemukan pada tahun 2004 oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov. Struktur grafit terdiri atas beberapa lapisan-lapisan tunggal oksida graphene, Struktur dari lapisan-lapisan tersebut sangat konduktif dengan mobilitas pembawa muatan hingga  $200.000 \text{ Cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  dan konduktivitas termal hingga  $5.300 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Pada grafit lapisan oksida graphene yang diperoleh memiliki puncak difraksi pada  $26,5^\circ$ , sesuai dengan yang telah dilaporkan sebelumnya  $26,54^\circ$ ,  $26,56^\circ$  (Syakir,dkk. 2015). Hal ini dapat dijelaskan pada pola difraksi grafit yang ditunjukkan gambar 8



Gambar 8. Pola difraksi GO dibandingkan dengan grafit dan sampel GO yang diberi perlakuan pemanasan (Syakir,dkk. 2015)

Gambar 7 diatas menunjukkan puncak difraksi perbandingan grafit dengan oksida graphene yang dihasilkan setelah dilakukan pemanasan bertahap pada GO (graphene oxide). Tampak bahwa puncak difraksi GO mendekati grafit yang mengartikan bahwa lapisan GO dapat terbentuk meski dalam suhu  $(100-500)^\circ\text{C}$ . Hasil dari perhitungan Gugus-gugus fungsional oksigen pada produk GO hasil sintesis terlihat muncul pada puncak-puncak transmitansi sekitar bilangan gelombang  $3400 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ikatan O–H.

Hal ini menandakan adanya molekul air dan gugus fungsi hidroksil pada sampel. Vibrasi pada sekitar bilangan gelombang  $1700\text{ cm}^{-1}$  berkaitan dengan ikatan  $\text{C}=\text{O}$  yang berkaitan dengan gugus karboksil yang terletak pada tepi lapisan GO. Hal ini dapat lebih jelas lagi pada grafik FTIR berikut pada gambar 9



Gambar 9. Spektrum FTIR sampel GO dibandingkan dengan grafit dan sampel GO yang diberi perlakuan pemanasan (Syakir,dkk. 2015).

Gambar 8 diatas dapat menjelaskan gugus fungsional yang terbentuk dengan perbandingan antara sampel grafit dan pembentukan sampel GO. Hal ini menunjukkan telah terjadi perubahan struktur grafit dengan terbentuknya gugus-gugus fungsional oksigen. Meskipun mengalami pemanasan yang bertahap gugus fungsional dapat menghasilkan oksigen pada GO yang dapat diidentifikasi adalah ikatan  $\text{O}-\text{H}$ ,  $\text{C}=\text{O}$ ,  $\text{C}-\text{OH}$  dan  $\text{C}-\text{O}$  (Syakir,dkk. 2015).

## G. Karakterisasi oksida graphene menggunakan FTIR, XRD dan SEM

Dalam menentukan struktur mikro dari oksida graphene maka dapat menggunakan beberapa peralatan analisis berupa XRD, FTIR dan SEM, sehingga dapat dijabarkan sebagai berikut:

### 1. Karakterisasi menggunakan FTIR

FT-IR (Fourier Transform Infra Red) merupakan spektroskopi infra-red yang dilengkapi dengan transformasi Fourier untuk mendeteksi dan menganalisis hasil spektrumnya. Inti spektroskopi FT-IR adalah interferometer Michelson yaitu alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan. alat FT-IR juga digunakan untuk mengetahui senyawa penyusun sampel serta gugus fungsi mana yang banyak terikat pada sampel. Selain itu, Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak (Silviyah, 2014). Jumlah energi yang diperlukan untuk meregangkan suatu ikatan tergantung pada tegangan ikatan dan massa atom yang terikat. Bilangan gelombang suatu serapan dapat dihitung menggunakan persamaan yang diturunkan dari Hukum Hooke (Gunawan dan Azhari, 2010):

$$\nu = \frac{1}{2\pi c} \left[ \frac{f(m_1+m_2)}{m_1 m_2} \right]^{1/2} \dots \quad (7)$$

Dimana:

$\nu$  = jumlah gelombang (cm-1)

$c$  = kecepatan cahaya ( $\text{cm dt}^{-1}$ )

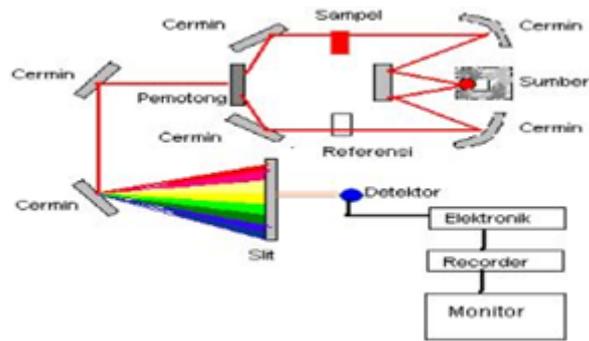
$m_1$  = massa atom 1 (g)

$m_2$  = masa atoam 2 (g)

$f$  = tetapan gaya ( $\text{dyne cm}^{-1} = \text{g det}^{-1}$ ).

Persamaan tersebut menghubungkan antara bilangan gelombang dari vibrasi regangan ( $\nu$ ) terhadap konstanta gaya ikatan ( $f$ ) dan massa atom (dalam gram) yang digabungkan oleh ikatan ( $m_1$  dan  $m_2$ ). Konstanta gaya merupakan ukuran tegangan dari suatu ikatan. Persaman tersebut menunjukkan bahwa ikatan yang lebih kuat dan atom yang lebih ringan menghasilkan frekuensi yang lebih tinggi. Semakin kuat suatu ikatan, makin besar energi yang dibutuhkan untuk meregangkan ikatan tersebut. Frekuensi vibrasi berbanding terbalik dengan massa atom sehingga vibrasi atom yang lebih berat terjadi pada frekuensi yang lebih rendah.

Pancaran infra merah pada umumnya mengacu pada bagian spektrum elektromagnetik yang terletak di antara daerah tampak dan daerah gelombang mikro. Sebagian besar kegunaannya terbatas di daerah antara  $4000 \text{ cm}^{-1}$  dan  $666 \text{ cm}^{-1}$  ( $2,5\text{-}15,0 \mu\text{m}$ ). Akhir-akhir ini muncul perhatian pada daerah infra merah dekat,  $14.290\text{-}4000 \text{ cm}^{-1}$  ( $0,7\text{-}2,5 \mu\text{m}$ ) dan daerah infra merah jauh,  $700\text{-}200 \text{ cm}^{-1}$  ( $14,3\text{-}50 \mu\text{m}$ ). Adapun skema dari FTIR adalah terlihat pada gambar 10, berikut ini (Gunawan dan Azhari, 2010).



Gambar 10. Skema FTIR  
(Gunawan dan Azhari, 2010)

Salah satu hasil kemajuan instrumentasi IR adalah pemrosesan data seperti Fourier Transform Infra Red (FTIR). Teknik ini memberikan informasi dalam hal kimia, seperti struktur dan konformasional pada polimer dan polipaduan, perubahan induksi tekanan dan reaksi kimia. Dalam teknik ini padatan diuji dengan cara merefleksikan sinar infra merah yang melalui tempat kristal sehingga terjadi kontak dengan permukaan cuplikan. Degradasi atau induksi oleh oksidasi, panas, maupun cahaya, dapat diikuti dengan cepat melalui infra merah. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi.

Interferogram juga memberikan informasi yang berdasarkan pada intensitas spektrum dari setiap frekuensi. Informasi yang keluar dari detektor diubah secara digital dalam komputer dan ditransformasikan sebagai domain, tiap-tiap satuan frekuensi dipilih dari interferogram yang lengkap (fourier transform). Kemudian sinyal itu diubah menjadi spektrum IR sederhana. Spektroskopi FTIR digunakan untuk:

- a. Mendeteksi sinyal lemah
- b. Menganalisis sampel dengan konsentrasi rendah
- c. Analisis getaran (Endro & Firdausi, 2008).

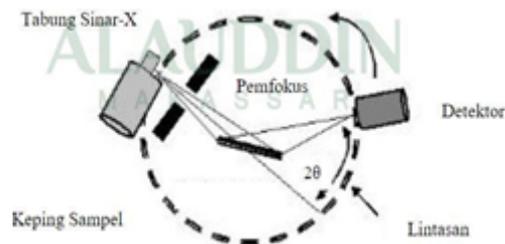
2. Karakterisasi menggunakan XRD

XRD (*x-ray diffraction*) merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi ukuran kristal, struktur kisi, dan parameter kristalnya. Pengujian lapisan graphene menggunakan XRD dilaksanakan dilaboratorium semen padang. XRD yang digunakan adalah XRD dengan tipe CUBIC adalah seperti pada gambar 11 berikut ini:



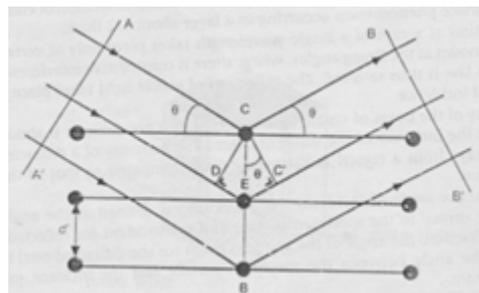
Gambar 11. Salah satu alat XRD (dokumentasi penulis)

Teknik yang digunakan untuk menentukan struktur suatu padatan kristalin adalah dengan menggunakan metode difraksi sinar X serbuk (X-ray powder diffraction) seperti terlihat pada gambar 12 berikut:



Gambar 12. Prinsip Kerja X-Ray Diffraction (XRD) (Nurhidayah, 2016)

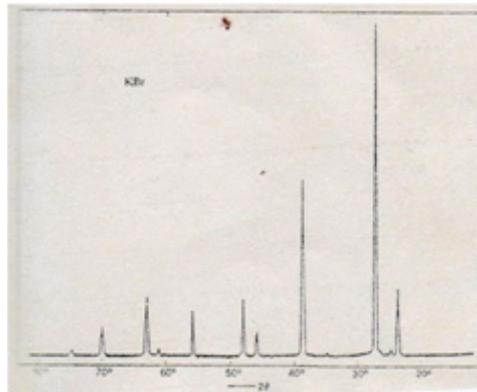
Dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwa, jika seberkas sinar-X ditembakkan pada sampel padatan kristalin, maka bidang kristal ini akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang yang sama dengan jarak kisi dalam kristal (yang memenuhi hukum Bragg). Menurut (Taqiyah, 2012) menyatakan bahwa Hukum Bragg tersebut adalah peristiwa hamburan pada kristal dimana ketika seberkas sinar-X yang sejajar dan monokromatik dijatuhkan pada bidang kristal, maka sinar-X tersebut akan mengalami hamburan oleh atom-atom yang menyusun bidang kristal tersebut. Sinar-X tersebut adalah gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang antara 0,1 - 100 Å dan memiliki energi dalam rentang 100 eV – 100 Kev. Peristiwa hamburan pada kristal dapat dilihat pada gambar 13 berikut ini :



Gambar 13. Peristiwa Hamburan Pada Kristal  
(Taqiyah, 2012)

Namun begitu, sinar-X yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor, detektor kemudian akan mencatat puncak intensitas yang bersesuaian dengan orde pembiasan (orde-n) yang digunakan, yang kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik yaitu grafik

difraktogram yang merupakan grafik hubungan antara intensitas (cps) dengan  $2\theta$ , yang dapat dilihat pada gambar 14 berikut:



Gambar 14. Contoh grafik analisis sampel dari uji XRD (sumber: Ida Bagus Sujana Manuaba, 2018)

Dari gambar 10, besarnya intensitas relatif dari deretan puncak-puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada dalam sampel. Dimana semakin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, maka semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkan. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak gelombang tersebut juga menunjukkan parameter dan struktur kisi dari kristal yang dianalisis tersebut.

Secara matematis, Pada tahun 1912 W.L. Bragg mempelajari difraksi sinar-X oleh kristal. Dimana berkas tipis radiasi menumbuk permukaan kristal membentuk sudut  $\theta$ , terjadi hamburan sebagai konsekuensi terjadinya interaksi radiasi dengan atom pada posisi O, P, dan R. Jika jarak  $AP + PC = n\lambda$  dimana  $n$  adalah integer, radiasi yang dihamburkan akan berada pada O, C, D, dan kristal akan memantulkan radiasi sinar-X. Sedangkan  $AP =$

$PC = d \sin \theta$  dimana  $d$  adalah jarak antar bidang kristal. Sehingga kita dapat menuliskan sebuah persamaan sebagai berikut :

$$n \lambda = 2d \sin \theta \dots$$

(8)

dimana :

$n$  : nomor orde hamburan

$\lambda$ : panjang gelombang

$\theta$ : sudut difraksi yang menggambarkan posisi puncak

$d$  : jarak antar bidang

Persamaan tersebut dikenal dengan persamaan Bragg dan merupakan pokok yang sangat penting dalam XRD. Perlu dicatat bahwa pantulan sinar-X dari kristal terjadinya jika hanya sudut yang terjadi memenuhi kondisi berikut,  $\sin \theta = n \lambda / 2 d$  (Skoog 1998). Dalam pola difraksi XRD, sudut difraksi yang ditampilkan adalah  $2\theta$ , dikarenakan sudut datang dianggap sama dengan sudut difraksi (Bahanan, 2010). Pada penentuan ukuran kristal (ukuran rata-rata kristal) dapat menggunakan Persamaan Scherrer yaitu

$$D = \frac{K\lambda}{B \cdot \cos \theta} \dots \dots \quad (9)$$

Di mana:

$D$  = merupakan diameter rata-rata,

$K$  = merupakan faktor keadaan,

$\cos \theta$  = sudut difraksi bragg

$B$  = perluasan full width at half maximum (FWHM)

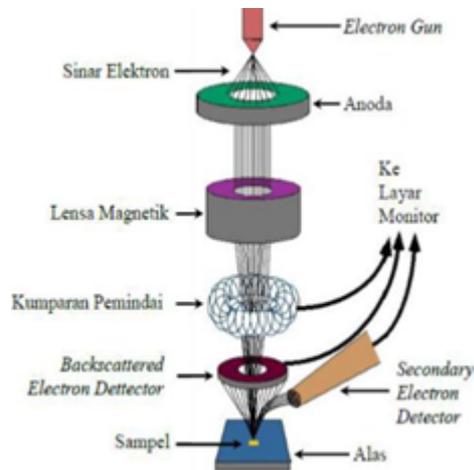
puncak difraksi yang dihitung dalam radian, merupakan panjang gelombang sinar-x dan  $\theta$  merupakan sudut difraksi Bragg (Skoog 1998).

### 3. Karakteristik menggunakan SEM

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merupakan sejenis mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk dapat melihat benda-benda dengan resolusi tinggi. Uji SEM akan dilaksanakan di laboratorium FMIPA Universitas Andalas. SEM digunakan untuk mengetahui mikrostruktur (termasuk porositas dan bentuk retakan) pada benda padat. Berkas sinar elektron dihasilkan dari filamen yang dipanaskan, disebut electron gun.

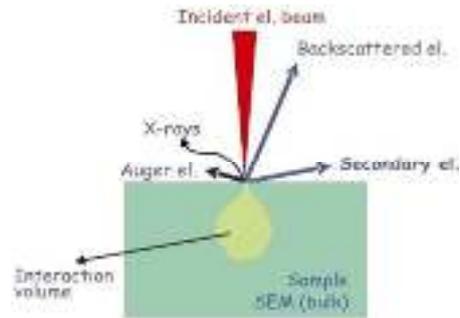
Cara kerja SEM adalah gelombang elektron yang dipancarkan electron gun terkondensasi di lensa kondensor dan terfokus sebagai titik yang jelas oleh lensa objektif. Scanning coil yang diberi energi menyediakan medan magnetik bagi sinar elektron. Berkas sinar elektron yang mengenai cuplikan menghasilkan elektron sekunder dan kemudian dikumpulkan oleh detektor sekunder atau detektor backscatter. Gambar yang dihasilkan terdiri dari ribuan titik berbagai intensitas di permukaan Cathode Ray Tube (CRT) sebagai topografi Gambar. Pada sistem ini berkas elektron dikonsentrasikan pada spesimen, bayangannya diperbesar dengan lensa objektif dan diproyeksikan pada layar

(Anggraini, 2017). Berikut merupakan skema kerja dari SEM, dapat dilihat pada gambar 15



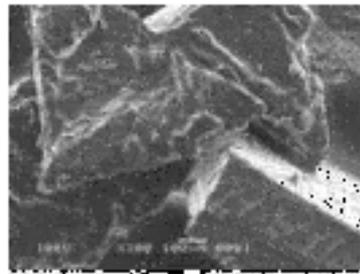
Gambar 15. Skema proses kerja dari SEM  
(Sumber: Hidayati, N. 2018)

Pada proses analisis menggunakan SEM, terjadi perlakuan scanning terhadap benda yang dianalisis, pada proses scanning berkas elektron yang di scan pada permukaan sampel, terjadi interaksi elektron dengan atom-atom di permukaan maupun di bawah permukaan sampel. Akibatnya sebagian dari elektronnya terhamburkan keluar yang dapat dinamakan dengan Back scattered Electrons (BSE), dan sebagian kecil dari eletron masuk kedalam benda sehingga sebagiannya terserap kedalam benda juga terhambur keluar benda, Secondary Electrons(SE) (Sujatno,dkk, 2015). Hal ini dapat lebih jelas pada gambar 16 berikut ini.



Gambar 16. Skema interaksi antara bahan dan elektron di dalam SEM  
(sumber: Sujatno,dkk, 2015)

Namun pada dasarnya analisis menggunakan SEM adalah untuk mengetahui morfologi dengan ketebalan  $\pm 20 \mu\text{m}$  dari permukaan sampel yang akan diuji. Karakteristik dari SEM digunakan untuk mengetahui bentuk permukaan dari suatu bahan. Adapun bentuk hasil analisis dari SEM adalah, terlihat pada gambar 17



Gambar 17. Contoh hasil analisis SEM dari polipaduan  
(Angraini, 2017)

Pada gambar tersebut dapat dilihat bentuk morfologi dari sampel polipaduan berupa lengkungan, tonjolan dan patahan yang sangat jelas. Hal tersebut akan terlihat pada perbesaran pada gambar yang terlihat pada layar monitor.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **a. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai karakterisasi struktur mikro oksida graphene yang disintesis dari ampas tebu dengan metode hummers termodifikasi. Maka dapat disimpulkan bahwa oksida graphene yang telah dikarakterisasi mengandung ikatan antara Karbon (C), Hidrogen (H), dan Oksigen (O) pada uji karakterisasi FTIR, begitu juga karakterisasi SEM hasil terbaik dimana sampel berbentuk lembaran-lembaran dan memiliki diameter partikel yang tinggi adalah pada suhu terdapat 450°C dengan diameter partikel 81.4043598 nm. Mengenai hasil XRD yang memiliki ukuran partikel yaitu 40.5267076 nm sebagai ukuran partikel terbesar. Lapisan oksida graphene dapat terbentuk pada setiap variasi suhu yang dilakukan, namun untuk pemanfaatannya sebagai penyerapan gelombang adalah pada ukuran diameter partikel terbesar yaitu 81.4043598 nm. Dimana semakin besar ukuran partikel maka pori-pori permukaan sampel juga semakin besar sehingga penyerapan gelombang mikro semakin baik.

#### **b. Saran**

Adapun saran berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu:

1. menggunakan hot plate digital pada saat proses sintesis oksida graphene agar memudahkan dalam mengetahui proses kenaikan suhu tanpa menggunakan termometer,

2. menghindari penggunaan alat yang sama namun berbeda spesifikasi untuk mengurangi adanya perbedaan hasil, mengurangi pembelian senyawa yang berbeda kadar kemurniannya karna juga akan mempengaruhi hasil, dan
3. komunikasikan dengan yang lebih ahli atau paham pada saat melakukan pengolahan data agar tidak ditemukan keraguan apa lagi kesalahan dalam mengolah data.