

**ANALISIS SIFAT PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO  
OKSIDA GRAFENA YANG DISINTESIS DARI BAMBU BETUNG  
(*DENDROCALAMUS ASPER*) DENGAN METODE HUMMER  
MODIFIKASI**



**Oleh:**

**Fanny Assari**

**NIM. 18034078**

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

**2022**

**ANALISIS SIFAT PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO  
OKSIDA GRAFENA YANG DISINTESIS DARI BAMBU BETUNG  
(*DENDROCALAMUS ASPER*) DENGAN METODE HUMMER  
MODIFIKASI**

**SKRIPSI**

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



**Oleh:**

**Fanny Assari**

**NIM. 18034078**

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**DEPARTEMEN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2022**

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fanny Assari  
NIM/TM : 18034078/2018  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul : " Analisis Sifat Penyerapan Gelombang Mikro Oksida Grafena Yang Disintesis Dari Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) Dengan Metode Hummer Modifikasi" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Fanny Assari

NIM. 18034078

## PERSETUJUAN SKRIPSI

### ANALISIS SIFAT PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO OKSIDA GRAFENA YANG DISINTESIS DARI BAMBU BETUNG (DENDROCALAMUS ASPER) DENGAN METODE HUMMER MODIFIKASI

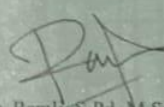
Nama : Fanny Assari  
NIM : 18034078  
Program Studi : Fisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, November 2022

Mengetahui  
Kepala Departemen Fisika

  
Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si.  
NIP. 196901201993032002

Disetujui Oleh:  
Pembimbing

  
Dr. Ramli, S.Pd, M.Si.  
NIP. 197302042001121002

## PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Fanny Assari  
NIM : 18034078  
Program Studi : Fisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### ANALISIS SIFAT PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO OKSIDA GRAFENA YANG DISINTESIS DARI BAMBU BETUNG (DENDROCALAMUS ASPER) DENGAN METODE HUMMER MODIFIKASI

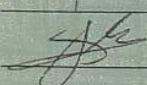
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, November 2022

#### Tim Penguji

|            | Nama                          |
|------------|-------------------------------|
| 1. Ketua   | : Dr. Ramli, S.Pd, M.Si.      |
| 2. Anggota | : Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si. |
| 3. Anggota | : Dra. Yenni Darvina, M.Si.   |

#### Tanda Tangan

|    |                                                                                       |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. |  |
| 2. |  |
| 3. |  |

**ANALISIS SIFAT PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO OKSIDA  
GRAFENA YANG DISINTESIS DARI BAMBU BETUNG  
(*DENDROCALAMUS ASPER*) DENGAN METODE HUMMER MODIFIKASI**

**Fanny Assari**

**ABSTRAK**

Graphene Oxide (GO) atau Oksida Grafena merupakan lapisan tunggal oksida grafit yang diperoleh dengan perlakuan dispersi dan delaminasi. Pada penelitian ini dilakukan sintesis oksida grafena yang menggunakan bambu betung . Bambu betung memiliki kadar lignin sekitar 24,8% dan kadar selulosa yaitu 52,9%. Karena adanya kadar lignin dan kadar selulosa dalam suatu bahan maka bahan tersebut dapat menghasilkan karbon yang baik. Hasil Oksida Grafena akan diuji sifat penyerapan gelombang mikro dimana nantinya dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari, contohnya pada penggunaan peralatan medis, teknologi informasi , industri dan sintesis organik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu sintering terhadap sifat penyerap gelombang Oksida Grafena. Grafit dioksidasi membentuk Oksida Grafena dengan metode hummer modifikasi. Pada penelitian ini terdiri beberapa tahap yaitu tahap pengarangan bambu betung, tahap aktivasi karbon, tahap sintesis Oksida Grafena dan tahap sonikasi dan penetralan Oksida Grafena. Adapun suhu *sintering* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 300°C, 350°C, 400°C dan 450°C.

Karakterisasi XRD pada penelitian ini berfungsi untuk mengetahui kemurnian dan struktur kristal dari bahan yang terbentuk, FTIR berfungsi untuk menganalisis gugus fungsi Oksida Grafena dan menganalisis senyawa kimia yang terdapat didalam sampel tanpa harus merusak sampel dan VNA digunakan untuk mengetahui sifat penyerap gelombang mikro. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa ukuran kristal tertinggi yaitu 46.347612174 nm. Hasil karakterisasi FTIR menunjukan terbentuknya gugus fungsi yang mengandung ikatan karbon(C) Hidrogen (H) dan Oksigen (O). Hasil karakterisasi VNA menunjukan bahwa nilai terbaik pada sifat penyerap gelombang terjadi pada suhu *sintering* 450°C dengan nilai *reflection loss* - 41.13 dB dimana memiliki koefisien penyerapan 0,9912 .

Kata kunci : Oksida Grafena, Bambu betung, *Reflection loss*, metode hummer modifikasi, sifat penyerapan gelombang

# **ANALYSIS OF MICROWAVE ABSORPTION PROPERTIES OF GRAPHENE OXIDE SYNTHESIZED FROM BETUNG BAMBOO (DENDROCALAMUS ASPER) BY THE MODIFIED HUMMER METHOD**

**Fanny Assari**

## **ABSTRACT**

Graphene Oxide (GO) or Graphene Oxide is a single layer of graphite oxide obtained by dispersion and delamination treatment. In this study, the synthesis of graphene oxide using betung bamboo was carried out. Betung bamboo has a lignin content of about 24.8% and a cellulose content of 52.9%. Because of the lignin levels and cellulose levels in a material, the material can produce good carbon. The results of Graphene Oxide will be tested for microwave absorption properties which can later be used in everyday life, for example in the use of medical equipment, information technology, industry and organic synthesis.

This study aims to determine the effect of sintering temperature on the wave-absorbing properties of Graphene Oxide. Graphite is oxidized to form Graphene Oxide by the modified hummer method. This study consists of several stages, namely the bamboo betung authoring stage, the carbon activation stage, the graphene oxide synthesis stage and the sonication and neutralization stage of Graphene Oxide. The sintering temperatures used in this study were 300°C, 350°C, 400°C and 450°C. XRD characterization in this study serves to determine the purity and crystal structure of the material formed, FTIR serves to analyze the functional group of Graphene Oxide and analyze the chemical compounds contained in the sample without having to damage the sample and VNA is used to determine microwave-absorbing properties.

The results of XRD characterization show that the highest crystal size is 46.347612174 nm. The results of FTIR characterization indicate the formation of functional groups containing carbon (C) hydrogen (H) and oxygen (O) bonds. The results of VNA characterization show that the best value in wave absorbing properties occurs at a sintering temperature of 450 °C with a reflection loss value of -41.13 dB which has an absorption coefficient of 0.9912.

**Keywords :** Graphene Oxide, Betung Bamboo, Reflection loss, hummer modification method, wave absorption properties

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Sifat Penyerapan Gelombang Mikro Oksida Grafena Yang Disintesis Dari Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) Dengan Metode Hummer Modifikasi”**.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah mendapatkan arahan, bantuan serta dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si selaku Ketua Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang dan sebagai dosen penguji I skripsi
2. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D., selaku Ketua Prodi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
3. Ibu Hidayati, M.Si., selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan arahan dan saran kepada penulis.
4. Bapak Dr. Ramli, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi
5. Ibu Dra. Yenni Darvina, M.Si sebagai penguji II skripsi
6. Bapak dan Ibu staf pengajar serta karyawan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
7. Kedua Orang Tua, Kakak dan Adik-adik yang selalu memberikan do'a, semangat dan dukungan

8. Rekan-rekan Osilator 2018 atas doa dan motivasi dalam setiap kesempatan
9. Indah, Reka dan Ledi sebagai teman sekelompok dan seperjuangan dalam melakukan penelitian
10. Kak Shavira, Kak Nadia dan Kak Andari atas ilmu yang telah diberikan kepada kami selama melakukan penelitian

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penyempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat menambah ilmu dan pengetahuan bagi pembaca.

Padang, Agustus 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ABSTRAK .....                                                                                           | i   |
| KATA PENGANTAR .....                                                                                    | ii  |
| DAFTAR ISI.....                                                                                         | v   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                                                     | vii |
| DAFTAR TABEL .....                                                                                      | ix  |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                                                                   | x   |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                                                                 | 1   |
| A. Latar Belakang.....                                                                                  | 1   |
| B. Identifikasi Masalah .....                                                                           | 4   |
| C. Batasan Masalah.....                                                                                 | 5   |
| D. Rumusan Masalah .....                                                                                | 5   |
| E. Tujuan Penelitian.....                                                                               | 5   |
| F. Manfaat Penelitian .....                                                                             | 5   |
| BAB II KAJIAN TEORI.....                                                                                | 7   |
| A. Bambu Betung.....                                                                                    | 7   |
| B. Grafena .....                                                                                        | 9   |
| C. Oksida Grafena.....                                                                                  | 11  |
| D. Metode Hummer Modifikasi .....                                                                       | 14  |
| E. Sifat Penyerap Gelombang Mikro .....                                                                 | 16  |
| F. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....                                                       | 18  |
| G. X-Ray Diffraction (XRD) .....                                                                        | 20  |
| H. Vector Network Analyser (VNA) .....                                                                  | 22  |
| I. Pengaruh Suhu <i>Sintering</i> Terhadap Fasa, Gugus Fungsi, dan Sifat Penyerap Gelombang Mikro ..... | 23  |
| BAB III METODE PENELITIAN.....                                                                          | 26  |
| A. Jenis Penelitian .....                                                                               | 26  |
| B. Waktu dan Tempat Penelitian .....                                                                    | 26  |
| C. Variabel Penelitian .....                                                                            | 27  |
| D. Instrumen Penelitian.....                                                                            | 27  |
| E. Bahan Penelitian.....                                                                                | 38  |

|                                 |                              |    |
|---------------------------------|------------------------------|----|
| F.                              | Pelaksanaan Penelitian.....  | 41 |
| G.                              | Diagram Alir Penelitian..... | 52 |
| BAB IV PEMBAHASAN.....          |                              | 54 |
| A.                              | Hasil Penelitian.....        | 54 |
| B.                              | Analisis Data .....          | 62 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... |                              | 72 |
| A.                              | KESIMPULAN .....             | 72 |
| B.                              | SARAN.....                   | 72 |
| DAFTAR PUSTAKA .....            |                              | 73 |
| LAMPIRAN .....                  |                              | 82 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Bambu Betung .....                                                                     | 8  |
| Gambar 2.2 Struktur lembar Grafena.....                                                           | 9  |
| Gambar 2.3 Struktur Oksida Grafena.....                                                           | 12 |
| Gambar 3.1 XRD .....                                                                              | 28 |
| Gambar 3.2 FTIR .....                                                                             | 29 |
| Gambar 3.3 VNA dan wave guide adaptor .....                                                       | 29 |
| Gambar 3.4 Oven .....                                                                             | 30 |
| Gambar 3.5 <i>Furnace</i> .....                                                                   | 31 |
| Gambar 3.6 Lumpang dan alu .....                                                                  | 31 |
| Gambar 3.7 Ayakan 200 mesh.....                                                                   | 32 |
| Gambar 3.8 Lemari Asam .....                                                                      | 32 |
| Gambar 3.9 Spatula .....                                                                          | 32 |
| Gambar 3.10 Gelas Ukur.....                                                                       | 33 |
| Gambar 3.11 Timbangan Digital.....                                                                | 33 |
| Gambar 3.12 Gelas Kimia.....                                                                      | 34 |
| Gambar 3.13 Erlenmeyer .....                                                                      | 34 |
| Gambar 3.14 <i>Aluminium Foil</i> .....                                                           | 35 |
| Gambar 3.15 <i>Magnetic stirrer</i> .....                                                         | 35 |
| Gambar 3.16 <i>Magnetic bar</i> .....                                                             | 35 |
| Gambar 3.17 Pipet Tetes.....                                                                      | 36 |
| Gambar 3.18 <i>Centrifuge</i> .....                                                               | 36 |
| Gambar 3.19 Ultrasonik .....                                                                      | 37 |
| Gambar 3.20 Kertas pH .....                                                                       | 37 |
| Gambar 3.21 Cetakan Akrilik .....                                                                 | 38 |
| Gambar 3.22 Bambu Betung.....                                                                     | 38 |
| Gambar 3.23 <i>NaOH</i> padatan .....                                                             | 39 |
| Gambar 3.24 Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ).....                                                        | 39 |
| Gambar 3.25 Natrium Nitrat ( $NaNO_3$ ).....                                                      | 39 |
| Gambar 3.26 Kalium Permanganat ( $KMnO_4$ ) .....                                                 | 40 |
| Gambar 3.27 Aquades.....                                                                          | 40 |
| Gambar 3.28 Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ).....                                                  | 41 |
| Gambar 3.29 Diagram Alir Penelitian .....                                                         | 53 |
| Gambar 4.1 Hasil Karakterisasi XRD Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 300°C                | 55 |
| Gambar 4.2 Hasil Karakterisasi XRD Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 350°C                | 55 |
| Gambar 4.3 Hasil Karakterisasi XRD Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 400°C                | 56 |
| Gambar 4.4. Hasil Karakterisasi XRD Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 450°C               | 57 |
| Gambar 4.5 Hasil karakterisasi FTIR dari Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 300°C<br>..... | 58 |
| Gambar 4.6 Hasil Karakterisasi FTIR dari Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 350°C<br>..... | 58 |

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.7 Hasil Karakterisasi FTIR dari Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 400°C .....                          | 59 |
| Gambar 4.8 Hasil Karakterisasi FTIR dari Oksida Grafena dengan suhu <i>sintering</i> 450°C .....                        | 60 |
| Gambar 4.9 Hasil Karakterisasi VNA dari Oksida Grafena dengan suhu <i>sintering</i> 300°C .....                         | 61 |
| Gambar 4. 10 Hasil karakterisasi VNA dari Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 350 °C.....                         | 61 |
| Gambar 4.11 Hasil karakterisasi VNA dari Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 400 °C .....                         | 62 |
| Gambar 4.12 Hasil karakterisasi VNA dari Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 450 °C .....                         | 62 |
| Gambar 4.13. Hasil Karakterisasi XRD Oksida Grafena variasi suhu <i>sintering</i> 300°C, 350°C, 400°C, 450°C .....      | 64 |
| Gambar 4.14 Hasil Karakterisasi FTIR Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 300 °C, 350 °C, 400 °C dan 450 °C.....   | 66 |
| Gambar 4.15 Hasil karakterisasi VNA Oksida Grafena variasi suhu <i>sintering</i> 300 °C, 350 °C, 400 °C dan 450 °C..... | 67 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. Kandungan Bambu Betung (Krisdianto dkk., 2003).....                                                   | 8  |
| Tabel 2. Nilai daya serap Oksida Grafena variasi suhu <i>sintering</i> 300 °C, 350 °C, 400 °C dan 450 °C ..... | 68 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1. Data hasil analisis XRD Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 300°C   | 82  |
| Lampiran 2. Data hasil analisis XRD Oksida Grafena pada suhu 350°C .....              | 85  |
| Lampiran 3. Data hasil analisis XRD Oksida Grafena pada suhu <i>sintering</i> 400°C   | 90  |
| Lampiran 4. Data hasil analisis XRD Oksida Grafena pada suhu 450°C .....              | 93  |
| Lampiran 5. Data hasil analisis FTIR Oksida Grafena 300°C .....                       | 96  |
| Lampiran 6. Data hasil analisis FTIR Oksida Grafena 350°C .....                       | 96  |
| Lampiran 7. Data hasil analisis FTIR Oksida Grafena 400°C .....                       | 98  |
| Lampiran 8. Data hasil analisis FTIR Oksida Grafena 450°C .....                       | 99  |
| Lampiran 9. Data hasil analisis VNA Oksida Grafena variasi suhu <i>sintering</i> .... | 100 |
| Lampiran 10. Perhitungan Koefisien Penyerapan (r).....                                | 109 |
| Lampiran 11. Dokumentasi Pengujian Oksida Grafena menggunakan VNA.....                | 111 |

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Seiringnya perkembangan zaman dan pesatnya penggunaan teknologi dimana teknologi tersebut menggunakan gelombang elektromagnetik, Salah satunya yaitu teknologi telekomunikasi dimana dengan bertambahnya penyedia layanan telekomunikasi yang semakin banyak membuat lintas pancaran gelombang elektromagnetik pada atmosfer bumi semakin padat. Tentunya dengan padatnya lintas pancaran akan berdampak buruk pada alat elektronik lain yang menggunakan teknologi yang sama, mulai dari *noise* (gangguan) hingga *error* (tidak berfungsinya suatu alat) (Subiyanto, 2011) . Selain itu radiasi gelombang mikro yang besar dari sinyal telepon seluler dapat memicu terjadinya sel kanker (DI Kim, 2003). Oleh karena itu, dibutuhkan material yang mampu menyerap gelombang elektromagnetik dimana mempunyai fungsi sebagai filter dari banyaknya radiasi gelombang. Aplikasi dari rekayasa material absorber bermacam macam diantaranya yaitu sebagai material pada penutup telepon genggam hingga digunakan untuk teknologi RADAR (Radio Detection and Ranging) (Subiyanto, 2011).

Dalam radar absorbing material terdapat beberapa parameter yang harus diperhatikan. Diantaranya, berat, ketebalan, penyerapan gelombang mikro, ketahanan lingkungan dan kekuatan mekanik sangat penting. Agar mencapai spesifikasi ini, dibutuhkan bahan yang mempunyai *Reflection loss* yang cukup besar. Dimana

*Reflection loss* ini timbul karena bahan tersebut memiliki *dielektrik loss* yang terbentuk oleh *conductivity loss* dan *polarization loss*. *Polarization loss* terdiri dari polarisasi ionik, polarisasi elektronik, polarisasi arah dipol dan polarisasi antar muka (*space charge polarization*) (Meng et al., 2018) .

Penelitian mengenai penyerap gelombang mikro yang dilakukan oleh (Deriyana Tri Rahmawati, Diah Hari Kusumawati, 2015) yang menggunakan bahan nanokomposit PANi/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> menghasilkan nilai *Reflection Loss* sebesar -12,6 dB dimana sebanyak 76,5% terjadi penyerapan dan nilai refleksi terhadap gelombang mikro sebesar 23,5%. Menurut ( Mashuri,2019) standarisasi penyerapan gelombang mikro yang baik berkisar 90%-99%. Berdasarkan hal tersebut, hasil penelitian yang mengenai penyerapan gelombang mikro nanokomposit PANi/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> belum mencapai standarisasi penyerapan gelombang mikro, sehingga dibutuhkan bahan baru yang memiliki penyerapan yang memenuhi standarisasi koefisien penyerapan.

Menurut (Mashuri,2019), material yang mempunyai penyerapan gelombang mikro yang besar memiliki nilai *Reflection Loss* < -20dB . Salah satu material yang memiliki nilai *Reflection Loss* < -20 dB yaitu Oksida Grafena. Oksida Grafena merupakan senyawa turunan dari *graphene* yang dapat disintesis dari biomassa (Tian et al., 2021) . Oksida Grafena sudah disintesis sejak awal abad ke-19 dengan metode Brodie, Staundenmaier, Offeman dan Hummers yang membutuhkan biaya yang cukup tinggi. Oleh karena itu, digunakan metode Hummers karna metode hummers yang paling efesien yang saat ini digunakan. Dan karena metode lain membutuhkan biaya yang cukup mahal. Selain itu, metode Hummers proses reaksinya tidak membutuhkan waktu yang lama, proses reaksinya sangat aman karna menggunakan

$KMnO_4$  yang tidak menghasilkan bahan yang bersifat meledak (eksplosif) seperti  $ClO_2$  yang dihasilkan dari  $KClO_3$ , menggunakan  $NaNO_3$  sebagai pengganti  $HNO_3$  yang dapat menghasilkan kabut asam (J. Chen et al., 2013).

Pada penelitian ini, bahan yang digunakan untuk membuat Oksida Grafena yaitu bambu betung. Bambu betung ini digunakan karena kajian mengenai Oksida Grafena yang menggunakan bambu betung belum banyak dibahas dan diteliti. Selain itu, bambu betung memiliki kadar lignin sekitar 24,8% dan kadar selulosa yaitu 52,9% (Krisdianto et al., 2003). Kandungan selulosa dan lignin sebagian besar terdiri atas karbon. Karbon yang berasal dari bambu ini yang akan menggantikan grafit sebagai sumber karbon yang dijadikan bahan utama pembuatan oksida grafena.

Pada penelitian ini, akan diberikan perlakuan variasi suhu *sintering* terhadap bambu yang digunakan untuk sintesis GO. Sintering merupakan proses pembakaran dan konsolidasi bubuk pada suhu yang lebih rendah dari titik lelehnya, dimana transportasi massa difusi mengarah pada ikatan antara partikel dan pembentukan benda padat (Cavaliere, 2019). Pada penelitian yang dilakukan oleh Mashuri,dkk (2020), dilakukan proses *sintering* pada bambu dengan menggunakan variasi suhu yaitu 300°C, 350°C, 400°C dan 450°C masing-masing selama 1 jam yang diuji menggunakan XRD dan FTIR. Variasi suhu sintering yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap GO yang dihasilkan dan untuk mengetahui apakah masih terkandung GO atau tidak pada variasi GO yang dihasilkan dimana terlihat pada data hasil puncak XRD dan untuk mengetahui apakah masih terdapat gugus fungsi GO yang dihasilkan atau tidak yang dapat dilihat melalui

data hasil FTIR akibat adanya perlakuan variasi suhu sintering tersebut sehingga diperoleh suhu sintering yang baik untuk sintesis GO.

Pada penelitian ini, digunakan frekuensi 8-12 GHz karena pada frekuensi ini penyerap gelombang mikro dapat optimum (Sulistyo et al., 2012) . Berdasarkan uraian diatas maka peneliti ingin melakukan penelitian menggunakan metode hummer dengan judul **“Analisis Sifat Penyerapan Gelombang Mikro Oksida Grafena Yang Disintesis Menggunakan Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) Dengan Metode Hummer Modifikasi”**.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan peneliti dapat diidentifikasi yaitu :

- a. Radiasi gelombang mikro yang besar dari sinyal telepon seluler dapat memicu terjadinya sel kanker
- b. Material nanokomposit PANi/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> memiliki nilai *Reflection Loss* - 12,6 dB dimana sebanyak 76,5% terjadi penyerapan dan nilai refleksi terhadap gelombang mikro sebesar 23,5%dB, pada nilai reflektansi tersebut kemampuan material untuk menyerap gelombang yang datang masih dibawah 90%
- c. Oksida Grafena yang disintesis menggunakan metode Brodie, Staundenmaier, Offeman dan Hummers membutuhkan biaya yang cukup mahal
- d. Kajian mengenai Oksida Grafena yang menggunakan bambu betung belum banyak dibahas dan diteliti

### **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Oksida Grafena yang disintesis menggunakan metode Brodie, Staundenmaier, Offeman dan Hummers membutuhkan biaya yang cukup mahal
- b. Kajian mengenai Oksida Grafena yang menggunakan bambu betung belum banyak dibahas dan diteliti

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu, Bagaimana sifat penyerapan gelombang mikro pada Oksida Grafena yang disintesis dari bambu betung dengan Metode Hummer modifikasi?

### **E. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan pada latar belakang di atas maka tujuan dilakukannya penelitian ini adalah, sebagai berikut: untuk mengetahui sifat penyerapan gelombang mikro pada Oksida Grafena yang disintesis dari Bambu Betung dengan Metode Hummer modifikasi.

### **F. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Dapat memanfaatkan bambu selain digunakan untuk kebutuhan sehari-hari seperti kerajinan, kursi, rotan dan lain-lain.,

2. Dapat memahami proses sintesis Oksida Grafena yang berasal dari bambu betung (*Dendrocalamus asper*) dengan menggunakan metode Hummers modifikasi
3. Dapat memperoleh informasi mengenai fasa, gugus fungsi dan sifat penyerap gelombang mikro Oksida Grafena yang berasal dari bambu betung (*Dendrocalamus asper*).
4. Dapat dijadikan sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya.

## BAB II

### KAJIAN TEORI

#### A. Bambu Betung

Bambu Betung atau dalam bahasa latinnya yaitu *Dendrocalamus asper* . Bambu betung ini tumbuh di tanah aluvial (tanah endapan lumpur) tropis yang lembab dan basah dan juga tumbuh di daerah kering di dataran rendah maupun dataran tinggi. Bambu betung ini tumbuh hingga mencapai 20 m, dengan bentuk yang tegak dan padat dengan ujung yang melengkung. Rebung bambu betung berwarna hitam keunguan dan ditutupi dengan bulu coklat yang kehitaman yang membeledru. Batang bambu betung ada yang berbuluh hijau, hijau tua, hijau keunguan atau hijau keputih-putihan dan betotol putih karna ada terapat lumut ketika tua., selain itu buku-bukunya dikelilingi oleh akar udara. Bagian pangkal buluh ditutupi bulu coklat kehitaman yang membeledu, panjang ruas 40-50 cm dengan tebal dinding mencapai 15 m. Pada bambu betung terdapat cabang dibagian tengah buluh, dimana setiap ruas terdiri dari 4-7 cabang dengan salah satu cabang lebih besar dibanding dengan cabang lainnya. (Ervianti, 2020) .

Bambu betung ini merupakan tanaman *biodegradable* atau ramah lingkungan untuk diaplikasikan pada material komposit. Selain itu, serat bambu mempunyai dua tipe yaitu serat panjang dan serat pendek. Serat pendek, mempunyai fraksi dalam milimeter atau beberapa centimeter. Contohnya *felts*, *mats*, dan *injection molding*. Serat panjang biasanya berbentuk anyaman yang diptong selama proses fabrikasi material komposit (Sulistijono, 2012).



**Gambar 2.1 Bambu Betung (sumber : *google*)**

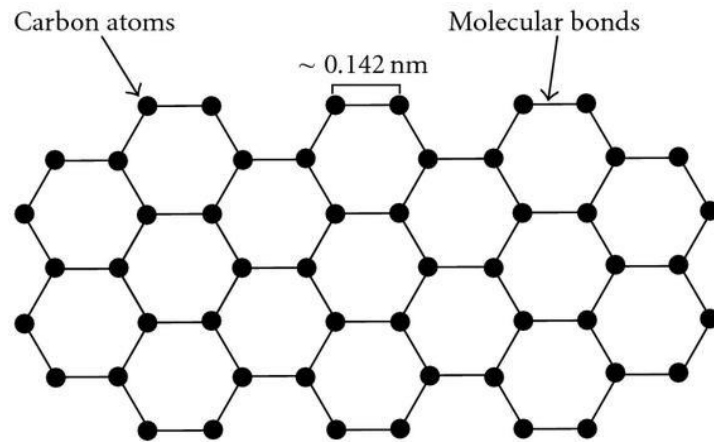
Serat dari Bambu Betung memiliki dua kandungan utama yaitu kandungan selulosa dan lignin. Selulosa memiliki peran penting dalam memberikan kekuatan pada serat bambu (Wirajaya, 2007). Bambu betung dapat dijadikan sebagai sumber pembuatan karbon aktif. Adapun kandungan yang terdapat pada bambu betung pada Tabel 1.

**Tabel 1 Kandungan Bambu Betung (Krisdianto dkk., 2003).**

| <b>Komposisi</b> | <b>Kadar (%)</b> |
|------------------|------------------|
| Selulosa         | 42.4-53.6        |
| Lignin           | 19.8-26.6        |
| Pentosan         | 1.24-3.77        |
| Abu              | 1.24-3.77        |
| Silika           | 0.10-1.78        |

## B. Grafena

Grafena merupakan lembaran dua dimensi (2D) yang mempunyai ketebalan hanya satu atom karbon. Atom karbon yang tersusun dalam cincin heksagonal terkondensasi dan terikat  $sp^2$  (Tertiş et al., 2019).



**Gambar 2.2 Struktur lembar Grafena (Clemons et al., 2010)**

Luas permukaan grafena yang tinggi ( $\sim 2600 \text{ m}^2/\text{g}$ ) (Brownson & Banks, 2014) dan konduktivitas listrik membuat grafena sangat cocok sebagai elektroda untuk penginderaan elektrokimia dan aplikasi lainnya. Grafena elektroda dapat dibuat dari grafit pirolitik/karbon kaca yang dimodifikasi oleh grafena (L. Chen et al., 2011) Atau langsung menggunakan grafena yang dimodifikasi laser. Terdapat dua kelas yang berbeda dari struktur pada grafena yaitu pada bidang tepi dan bidang dasar, yang dapat menampilkan kinetika/laju reaksi elektrokimia yang berbeda (Brownson et al., 2011).

Bahan komposit yang mengandung grafena dapat digunakan untuk berbagai aplikasi. Komposit polimer-grafena menunjukkan peningkatan kekuatan mekanik,

konduktivitas listrik dan stabilitas termal (Kuilla et al., 2010). Komposit semikonduktor dengan grafena dapat digunakan sebagai fotokatalis dengan aplikasi dalam fotodegradasi polutan, pemisahan air, dan pengurangan CO<sub>2</sub> (X. Li et al., 2016).

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 cm<sup>2</sup>/Vs, konduktivitas listrik yang tinggi ( $0,96 \times 10^6 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ ), konduktivitas termal yang tinggi (500 W/mK), transparansi optik yang baik (97,7%), memiliki kekuatan tarik 1 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 keelastisitasan 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.

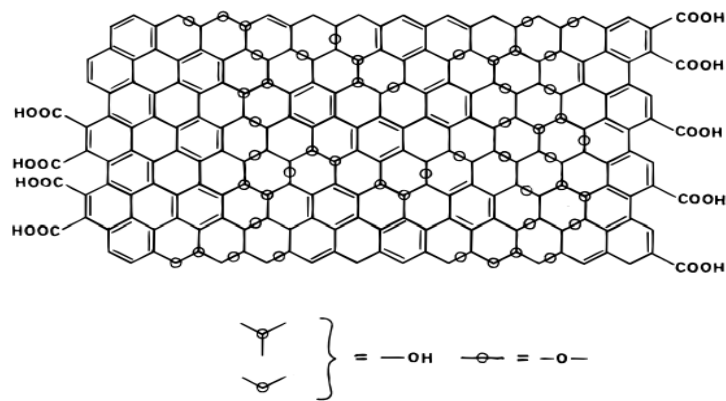
- f. Menjelaskan beberapa fenomena fisika kuantum yang menggambarkan bagaimana sebuah partikel kadang-kadang dapat melewati sebuah penghalang yang pada keadaan normal akan menghalangi partikel tersebut. Semakin tebal penghalang, maka semakin kecil kemungkinan dapat melewatinya. Namun hal ini tidak berlaku 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).

### **C. Oksida Grafena**

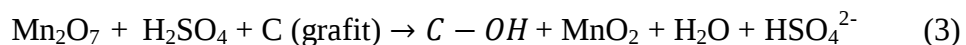
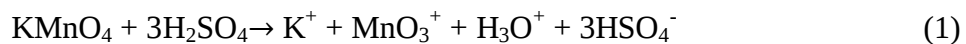
Oksida Grafena terbentuk dari grafit dioksidasi dengan oksidator yang kuat dan diperoleh dari proses ultrasonikasi dari grafit oksida. Dengan melalui proses ultrasonikasi pada grafit oksida menyebabkan lapisan-lapisan pada grafit oksida terlepas dan berubah menjadi oksida grafena. Proses pengelupasan grafit harus menggunakan reaksi oksidasi yang kuat dimana menggunakan bahan karbon (Alam et al., 2017).

Oksida Grafena merupakan isolator dikarenakan adanya oksidasi yang menyebabkan Oksida Grafena memiliki sifat mekanis yang unggul untuk digunakan pada elektronik, dimana memungkinkan untuk memiliki *band-gap* nol yang dilakukan melalui penghilangan ikatan C-O (Kotakoski, 2021). Bentuk struktur Oksida Grafena secara sederhana dapat diibaratkan sebagai lembaran grafena yang terikat dengan oksigen dalam bentuk karboksil, hidroksil atau epoksi.



**Gambar 2.3 Struktur Oksida Grafena (Lerf et al., 1998)**

Oksida Grafena dari satu lapisan grafit oksida diproduksi dengan menggunakan perlakuan kimia yang melalui proses grafit yang dioksidasi yang ditunjukkan melalui persamaan reaksi (1) sampai (3)



Pada Grafena dan Oksida Grafena memiliki perbedaan, dimana perbedaan tersebut terletak pada kandungan atom O. Grafena tidak memiliki kandungan atom O (hanya terdiri dari atom C) sedangkan pada Oksida Grafena memiliki kandungan atom O dan atom C (Intifadhah et al., 2018).

GO memiliki sifat elektronik yang khas. GO mampu membatasi proses hibridisasi atom karbon  $sp^3$  yang telah berikatan dengan oksigen dan dapat menghasilkan resistansi  $\sim 10^{12} \Omega \text{ sq}^{-1}$  atau lebih. Namun, setelah GO mengalami proses reduksi, resistansi dari GO yang telah direduksi dapat menurunkan nilai dari resistansi GO tersebut dan dapat menyebabkan perubahan sifat material menjadi semikonduktor bahkan dapat berubah menjadi grafena setengah tembaga. Hal ini menunjukkan bahwa *bandgap* dari GO dapat disesuaikan dengan mengontrol, menyusun dan membandingkan struktur dari suatu atom dengan kelompok hidroksil (Li, Jiang, Zhao, & Zhang, 2015).

Selain memiliki sifat elektronik yang khas, GO juga memiliki sifat optik dan mekanik yang baik. Transmisi optik dari lapisan GO dapat disetel dengan memvariasikan ketebalan film. Biasanya, suspensi film GO di dalam air berwarna coklat tua hingga kuning terang. Absorpsi optik GO didominasi oleh transisi  $\pi - \pi^*$  dengan puncak absorpsi antara 225 dan 275 nm (4.5-5.5 eV). Selama proses reduksi, daya serat optik GO menjadi meningkat, sedangkan puncaknya bergeser menjadi  $\sim 270$  nm. Sedangkan sifat mekanik dari GO tergantung dari sampel yang digunakan dilihat dari derajat oksidasi dan ketebalan. Modulus Young dan kekuatan intrinsik dari GO memiliki jangkauan yang luas, yaitu 6-42 GPa dan 76-293 MPa (Li, Jiang, Zhao, & Zhang, 2015). Oleh karena itu, GO dapat diaplikasikan di berbagai bidang, diantaranya film konduktif yang transparan, material komposit, energi matahari, biomedis (Alam, Sharma, & Kumar, 2017) (Alam et al., 2017), pengkonversi energi, sebagai penyimpanan, dan proteksi lingkungan (Li, Jiang, Zhao, & Zhang, 2015).

Gugus fungsi pada permukaan GO dapat mempengaruhi nilai dari konduktivitas GO. Konduktivitas dari GO dapat meningkat karena pengelupasan dari gugus fungsi oksigen. Peningkatan konduktivitas dari GO berkisar antara 0.005 S/m hingga 0.14 S/m dengan menggunakan *conductive-meter* (Zaaba, N., Foo, K., Hashim, U., Tan, S., Liu, W., & Voon, 2017).

#### **D. Metode Hummer Modifikasi**

Sintesis GO dan grafit oksida diluncurkan oleh publikasi Brodie pada tahun 1885 (Brodie, Benjamin Collins, 1859), di mana  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dan  $\text{KClO}_3$  digunakan untuk mengoksidasi grafit. Namun, reagen yang digunakan sangat berbahaya, dan  $\text{KClO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dapat bereaksi untuk menghasilkan  $\text{ClO}_2$  yang terurai secara eksplosif pada suhu  $45^\circ\text{C}$  (Dimiev, Ayrat M., and Siegfried Eigler, 2016). Terdiri dari tiga metode utama untuk mensintesis oksida grafit yaitu metode Staudenmaier, Hofmann, dan Hummers-Offeman. Metode Staudenmaier dan Hoffmann menggunakan  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{KClO}_3$  sebagai oksidator, tetapi pada suhu yang lebih rendah dan rasio reagen yang berbeda dari sintesis asli yang diusulkan oleh Brodie. Suhu rendah diperlukan untuk meminimalkan risiko ledakan. Metode Hummers-Offeman menghindari penggunaan asam nitrat dan  $\text{KClO}_3$  sepenuhnya, dan menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$ , dan  $\text{KMnO}_4$  pekat. Campuran yang dihasilkan diendapkan, disentrifugasi (untuk mengisolasi ukuran lembaran yang seragam), dan diultrasonikasi dalam pelarut berair untuk membuat suspensi stabil lembaran GO mono-dispersi. Perawatan harus dilakukan dalam proses ultrasonikasi untuk tidak melakukan sonikasi berlebihan dan memecah dimensi lateral lembaran (Eda, Goki,

and Manish Chhowalla, 2009). Ada banyak modifikasi pada prosedur sintesis tradisional, seperti pengelupasan lembaran grafit dengan ion interkalasi (Zheng, Qingbin, et al, 2014), dan metode Hummers yang ditingkatkan (Marcano, Daniela C., et al., 2010) untuk membuat produk yang lebih teroksidasi menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (tanpa  $\text{NaNO}_3$ ).

Setelah hampir 60 tahun menggunakan beberapa metode, Hummers dan Offeman mengembangkan sebuah metode untuk membuat Oksida Grafena yaitu metode hummer. Dengan campuran asam sulfat pekat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) Natrium Nitrat ( $\text{NaNO}_3$ ) dan Kalium Permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) tanpa air yang dijaga dibawah suhu  $15^\circ\text{C}$  untuk oksida grafit. Seluruh proses oksidasi selesai dalam waktu 2 jam dan hasil akhir dengan tingkat oksidasi yang lebih tinggi dari hasil dari metode Staudenmaier dan hasil Oksida Grafena telah ditingkatkan secara luas jika dibandingkan dengan hasil metode Brodie. Namun, proses pemisahan dan pemurnian kation dalam metode Hummers cukup rumit (Gao, 2015).

Metode hummer terbagi dua yaitu metode hummer dan metode hummer modifikasi. Dimana antara metode hummer dan metode hummerr modifikasi ini memiliki perbedaan yaitu terletak pada jumlah penggunaan  $\text{NaNO}_3$  dan  $\text{KMnO}_4$ . Pada metoda hummer modifikasi, pengurangan penggunaan  $\text{NaNO}_3$  dan untuk  $\text{KMnO}_4$  penggunaannya lebih banyak daripada metode hummer yaitu dengan perbandingan 9:1.  $\text{KMnO}_4$  merupakan zat oksidasi yang kuat, terutama pada kondisi asam (Chen, Yao, Li, & Shi, 2013). Hasil dari reaksi  $\text{KMnO}_4$  (potassium permanganate) dan

$H_2SO_4$  (sulfuric acid) menghasilkan  $Mn_2O_7$  (diamanganase heptoxide) (Dreyer, Park, Bielawski, & Ruoff, 2010).

Akibat dari penambahan ini, dapat meningkatkan laju reaksi dan dapat mengurangi gas beracun yang dihasilkan. Metode Hummers merupakan metode yang sangat efisien untuk dilakukan dan aman dalam proses reaksinya, namun dalam proses oksidasinya mengeluarkan gas yang berbahaya dan beracun seperti  $NO_2$  dan  $N_2O_4$  yang dihasilkan dari residu ion  $Na^+$  dan  $NO_3^-$  (Alam, Sharma, & Kumar, 2017). Oleh karena itu perlu dilakukan modifikasi dari metode Hummers agar sintesis dari GO lebih efisien dilakukan tanpa menghasilkan gas berbahaya ataupun gas beracun.

#### **E. Sifat Penyerap Gelombang Mikro**

Gelombang mikro merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang transversal yang berisolasi dan terdiri dari dari vektor medan magnet dan medan listrik yang saling tegak lurus dan bergerak menuju arah getarnya (propogasi), serta mempunyai jangkauan yang luas yaitu dari gelombang radio hingga sinar gamma. Semakin tinggi frekuensi gelombang maka semakin tinggi pula energi radiasinya (Wandira et al., 2018).

Rekayasa material terhadap material penyerap gelombang elektromagnetik yang fleksibel terhadap aplikasi, dipengaruhi oleh sifat intrinsik dan ekstrinsik material. Sifat intrinsik material terdiri dari medan magnet dan medan listrik yang dimiliki pada material tersebut. Dan sifat ekstrinsik berupa bentuk dan ketebalan pada suatu material (Park et al., 2006) . Sifat penyerap suatu material akan semakin baik jika ukuran partikelnya semakin kecil (Cheng et al., 2009).

Sifat intrinsik material dapat membuat material magnet sebagai penyanggah gelombang elektromagnetik pada frekuensi tertentu. Pada penelitian ini, adapun target tujuan agar Oksida Grafena berbahan dasar bambu betung ini dapat diserap oleh gelombang yang merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi gelombang mikro yang berada pada frekuensi 8-12GHz. Secara umum, karakteristik penyerapan gelombang elektromagnetik material tergantung pada sifat dielektriknya (permivitas,  $\epsilon$ ), sifat magnetik (permeabilitas,  $\mu$ ), ketebalan dan rentang frekuensi (Park et al., 2006).

Serapan gelombang mikro terjadi akibat adanya interaksi gelombang dengan material yang menghasilkan efek *Reflection Loss* energi yang umumnya hilang dalam bentuk panas. Ketika material ditembakkan oleh gelombang mikro, spin magnetik yang ada di dalam gelombang mikro mampu membuat rotasi dipol listrik akan berakibat menjadi energi panas (Ari Adi et al., 2018). Berdasarkan hal ini material penyerap gelombang elektromagnetik dibagi menjadi dua yaitu material dielektrik dan material magnetik (Yana Taryanaa, Azwar Manafb, Nanang Sudrajata, 2019).

Pada material dielektrik energi gelombang elektromagnetik diserap sehingga mengakibatkan polarisasi yang mengikuti arah medan listrik. Saat gelombang elektromagnetik dan polarisasi berubah-ubah terhadap waktu, hal ini akan menimbulkan gesekan antar molekul yang berakibat menjadi panas. Kemampuan mudah atau tidaknya polarisasi dielektrik yang terjadi dalam merespon medan listrik pada suatu material disebut permitivitas. Semakin mudah material dalam merespon medan listrik maka nilai permitivitasnya semakin tinggi. Kemampuan suatu material dilewati oleh medan magnet dinamakan permeabilitas, semakin mudah dilewati

medan magnet maka nilai permeabilitas yang dimiliki semakin tinggi. Nilai yang tinggi pada permitivitas dan permeabilitas menggambarkan bahwa material tersebut memiliki potensi yang baik sebagai penyerap gelombang elektromagnetik (Yana Taryanaa, Azwar Manafb, Nanang Sudrajata, 2019). Adapun semakin lebar pita frekuensi dan semakin tinggi puncak penyerapan pada suatu material juga menunjukkan potensi aplikasi penyerap gelombang mikro yang baik (G. Li et al., 2002).

Karakterisasi untuk menentukan kemampuan penyerapan gelombang elektromagnetik pada suatu material yaitu dengan menggunakan VNA (*Vector Network Analyzer*). Adapun prinsip kerja VNA yaitu dengan menilai refleksi, transmisi, dan absorpsi terhadap suatu material. Ketika gelombang mengenai material logam maka gelombang akan direfleksikan, ketika mengenai material transparan maka gelombang akan di transmisikan dan ketika mengenai material penyerap maka gelombang akan diserap (Wandira et al., 2018).

Kemampuan suatu material untuk menyerap gelombang elektromagnetik dilihat dari nilai *reflection loss* ( $R_L$ ) yang dimiliki. Secara teoritis, koefisien refleksi gelombang mikro  $R_L$  (dB) dihitung dari permeabilitas relatif ( $\mu_r$ ), permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ ), frekuensi dan ketebalan penyerap yang diberikan (Kurniawan et al., 2021).

#### **F. *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)**

FTIR merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik gugus fungsi. FTIR ini sangat berguna dan banyak manfaat dalam analisa dikarenakan analisanya relatif cepat, hasil pengukuran yang akurat, preparasinya yang tidak terlalu

rumit dan tidak membutuhkan keahlian khusus. FTIR ini mampu membedakan spektrum dari dua sampel yang berbeda dimana berdasarkan karakteristik struktur intermolekulnya yang mempunyai kemampuan dalam menyerap cahaya dari suatu senyawa yang berbeda, tergantung pada sifat fisikokimia, ikatan antar atom dalam senyawa dan karakteristik gugus fungsinya (Siregar, Yusraini Dian Inayati, et al, 2015).

Prinsip kerja dari FTIR yaitu cahaya yang bersumber dari sinar *infra red*. Cahaya ini akan dilewatkan melalui suatu celah yang berfungsi untuk mengatur energi yang akan diteruskan menuju sampel. Kemudian, cahaya yang mengenai sampel sebagian akan diserap dan sebagian lagi diteruskan menuju detektor, dan sinyal tersebut akan terbaca oleh komputer (Putri, Darvina, Yulkifli, & Ramli, 2019).

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  $666\text{ cm}^{-1}$  (2,5-15,0  $\mu\text{m}$ ). Akhir-akhir ini muncul perhatian pada daerah infra merah dekat, 14.290- $4000\text{ cm}^{-1}$  (0,7-2,5  $\mu\text{m}$ ) dan daerah infra merah jauh,  $700\text{-}200\text{ cm}^{-1}$  (14,3-50  $\mu\text{m}$ ).

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 Suseno, J., & Firdausi, 2008).

#### **G. X-Ray Diffraction (XRD)**

XRD merupakan alat yang digunakan untuk karakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan yang berbentuk padat. Ketika bahan yang mengandung kristal dianalisis menggunakan XRD pada keluarannya akan berbentuk puncak-puncak yang spesifik. Pada XRD ini tidak dapat mengkarakterisasi bahan yang bersifat amorf (Maghfury, T. I., & Anggono, 2010).

Komponen utama pada alat XRD yaitu sumber sinar-X, material uji (sampel) dan detektor. Sumber sinar-X yang terdapat pada tabung sinar-X akan terjadi tumbukan antara tegangan tinggi yang bertujuan untuk mempercepat elektron dengan logam target sehingga menghasilkan panjang gelombang antara 0,1 sampai  $100 \times 10^{-10}$  m.

Pada material uji harus dalam bentuk padatan halus (bubuk). Detektor berfungsi sebagai pendeteksi sudut sinar-X yang telah direfleksikan pada material uji (Bahanan, 2010) .

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 :

$$n \lambda = 2d \sin \theta \dots \quad (4)$$

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,  $\sin \theta = n \lambda / 2 d$  . 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 (kuran rata-rata kristal) dapat menggunakan Persamaan Scherrer yaitu

$$D = \frac{K\lambda}{B.\cos \theta} \quad (5)$$

Di mana:

D = merupakan diameter rata-rata,

K = merupakan faktor keadaan,

Cos  $\Theta$  = sudut difraksi bragg

B = merupakan 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, D. A., Holler, F. J., & Nieman, 1998).

#### H. Vector Network Analyser (VNA)

VNA merupakan alat yang digunakan agar dapat mengetahui seberapa kemampuan gelombang mikro yang diserap dari suatu sampel. Saat frekuensi tertentu dilakukan pengukuran *Reflection Loss* (RL). Fungsi RL untuk menunjukkan adanya mekanisme resonansi spin magnetik antara bahan dengan gelombang elektromagnetik sehingga terjadi serapan gelombang besar *reflection loss* yang tergantung pada ukuran butir, parameter kekasaran, permeabilitas dan permitivitas (Rachmawati, 2016).

Dari pengujian sifat serapan gelombang mikro dengan menggunakan VNA, didapatkan data nilai S11 menggambarkan nilai energi yang dipantulkan kembali oleh material. S11 terdiri dari nilai real dan imajiner. Nilai S11 dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 4.

$$RL=S_{11}(dB)=20 \log_{10}\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \quad (6)$$

$$\%RL(dB) = 10 \log_{10} \frac{P_i}{P_r} \quad (7)$$

Persamaan 2 diatas, digunakan untuk menentukan seberapa persen daya yang terserap dimana RL (dB) merupakan *return loss* dalam satuan dB,  $P_i$  merupakan daya dari gelombang yang datang dan  $P_r$  merupakan daya gelombang yang terpantulkan (Rahmawati, D. T., Kusumawati, D. H., & Rohmawati, L., 2015) .

Adapun variabel yang nantinya diperoleh dari proses ini yaitu  $P_r$  (daya gelombang direfleksikan ) dan  $P_t$  (daya gelombang yang ditransmisikan), sedangkan uuntuk absorpsi material terhadap gelombang mikro dapat dihitung berdasarkan *scattering parameter* (parameter hambur). Nilai dari koefisien refleksi ( $r$ ) dan presentase penyerapan ( $A$ ) dari gelombang elektromagnetik dapat digunakan persamaan:

$$|r| = 10^{(-RL/20)} \quad (8)$$

$$\text{Koefisien absorpsi} = 1 - |r| \quad (9)$$

Dimana :

$r$ = koefisien refleksi

RL= *Reflection Loss* (dB)

$A$ = Persentase penyerapan gelombang Elektromagnetik (%)

## **I. Pengaruh Suhu *Sintering* Terhadap Fasa, Gugus Fungsi, dan Sifat Penyerap Gelombang Mikro**

Suhu *sintering* merupakan suhu pemanasan suatu material yang ditunjukkan untuk meningkatkan kekuatannya (Sulistyo, 2019). Proses *sintering* ini mengakibatkan terjadinya perubahan pada struktur mikro pada sekumpulan serbuk

yang diakibatkan karena adanya proses pemadatan pada suhu tinggi dibawah titik leburnya. Adapun perubahan struktur mikro yang terjadi seperti pengurangan jumlah dan ukuran pori, penyusutan dan peningkatan densitas (massa jenis) serta perumbuhan butir (Fadhilah & Ramli, 2019).

Selama proses *sintering* terjadi perpindahan massa dari partikel ke *neck* dan perpindahan massa ini terjadi untuk mengurangi energi permukaan partikel dengan cara memperluas permukaan partikel. Jadi, selama proses *sintering* terjadi eliminasi atau pengurangan energi permukaan. Sehingga parameter yang digunakan untuk mengukur tingkat *sintering* adalah luas permukaan.

Pada penelitian Syakir, dkk (2015) yang berjudul “Kajian Pembuatan Oksida Grafit untuk Produksi Oksida Grafena dalam Jumlah Besar”, suhu *sintering* yang digunakan yaitu 100°C, 150°C, 350°C, 500°C. Hasil sintesis dari oksida grafit dikarakterisasi menggunakan XRD dan FTIR. Melalui hasil XRD, pada hasil karakterisasi GO 100°C dan 150°C didapatkan pola difraksi GO, pada GO 350°C didapatkan pola difraksi grafit karena puncak difraksi sampel bergeser mendekati puncak grafit, sedangkan pada GO 500°C, struktur sampel tidak dapat diidentifikasi karena berkaitan dengan kondisi degradasi dari sampel GO. Sedangkan melalui hasil karakterisasi FTIR, pada GO 100°C dan 150°C kehadiran ikatan C-OH menandakan keberhasilan proses oksidasi grafit, pada GO 350°C ikatan C-OH menghilang, dan pada GO 500°C muncul ikatan C=C yang menunjukkan bahwa pada kondisi grafit masih terdapat ikatan rangkap karbon dalam struktur aromatik. Gambar berikut adalah hasil karakterisasi GO (oksida grafit) menggunakan XRD dan FTIR.

Pada penelitian Fadhilah, dkk (2019) yang berjudul “Pengaruh Suhu *Sintering* pada Penyerapan Gelombang Mikro Nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/ PVDF untuk Material Penyerap RADAR”. Suhu sintering yang digunakan pada penelitian Fadhilah (2019) yaitu 250°C, 280°C, 300°C, 350°C, dan 400°C. Dari hasil penelitian tersebut, variasi suhu sintering mempengaruhi daya serap suatu material. Tinggi rendahnya suhu *sintering* mempengaruhi besarnya nilai *reflection loss* dan lebar pita frekuensi dari kelima sampel. Menurut hasil penelitian tersebut, sampel yang memiliki daya serap yang baik pada suhu 280°C, yaitu sampel yang memiliki nilai *reflection loss* yang kecil, yaitu -27.5767 dB dan memiliki pita penyerapan yang paling lebar, yaitu 0.06 GHz. Jadi, material penyerap gelombang mikro yang baik tidak hanya mempunyai *reflection loss* yang kecil, namun juga harus memiliki pita frekuensi yang besar.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dapat diambil yaitu sifat dari penyerapan gelombang mikro Oksida Grafena yang disintesis dari Bambu Betung dengan Metode Hummer modifikasi yaitu menghasilkan nilai *Reflection Loss* yang semakin rendah dengan meningkatnya suhu *sintering*, yang berarti setiap penambahan suhu *sintering* menghasilkan koefisien absorpsi semakin besar dan ini menandakan bahwa semakin besar daya serap gelombang mikro pada Oksida Grafena pada bambu betung terhadap kenaikan suhu *sintering* tersebut.

#### **B. SARAN**

Adapun saran berdasarkan penelitian ini yaitu:

1. Melaksanakan penelitian secara teratur dan sistematis agar mendapatkan hasil secara maksimal
2. Membersihkan alat yang digunakan agar tidak terkontaminasi dengan kandungan lain
3. Melakukan penelitian dengan hati-hati dan dengan alat perlindungan kimia

## DAFTAR PUSTAKA

- Alam, S. N., Sharma, N., & Kumar, L. (2017). Synthesis of Graphene Oxide (GO) by Modified Hummers Method and Its Thermal Reduction to Obtain Reduced Graphene Oxide (rGO)\*. *Graphene*, 06(01), 1–18.  
<https://doi.org/10.4236/graphene.2017.61001>
- Anggraini, P. Q. (2017). *Sintesis Graphene Oxide dari Limbah Batang Karbon Baterai Znc dengan Eksfoliasi Cairan dan Radiasi Sinar Gamma Berdasarkan Uv-Vis Spektrofotometer*. UNY.
- Ari Adi, W., Sarwanto, Y., Taryana, Y., & Soegijono, B. (2018). Effects of the geometry factor on the reflection loss characteristics of the modified lanthanum manganite. *Journal of Physics: Conference Series*, 1091(1).  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1091/1/012028>
- Aryani, F. (2019). Aplikasi Metode Aktivasi Fisika dan Aktivasi Kimia pada Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera* L). *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 16. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.44743>
- Bahanan, R. (2010). *Pengaruh waktu sonokimia terhadap ukuran kristal kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>)*. Univesitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Brownson, D. A. C., & Banks, C. E. (2014). The Handbook of Graphene Electrochemistry. In *The Handbook of Graphene Electrochemistry*.  
<https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6428-9>

- Brownson, D. A. C., Munro, L. J., Kampouris, D. K., & Banks, C. E. (2011). Electrochemistry of graphene: Not such a beneficial electrode material? *RSC Advances*, 1(6), 978–988. <https://doi.org/10.1039/c1ra00393c>
- Cavaliere, P. (2019). Spark Plasma Sintering of Materials. In *Spark Plasma Sintering of Materials*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-05327-7>
- Chemistry Database. (2020). Infrared spectroscopy absorption Table - OChemOnline. *LibreTexts*, 1–6. <https://chem.libretexts.org/@go/page/22645>
- Chen, J., Yao, B., Li, C., & Shi, G. (2013). An improved Hummers method for eco-friendly synthesis of graphene oxide. *Carbon*, 64(1), 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2013.07.055>
- Chen, L., Tang, Y., Wang, K., Liu, C., & Luo, S. (2011). Direct electrodeposition of reduced graphene oxide on glassy carbon electrode and its electrochemical application. *Electrochemistry Communications*, 13(2), 133–137. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2010.11.033>
- Cheng, Y. L., Dai, J. M., Zhu, X. B., Wu, D. J., Yang, Z. R., & Sun, Y. P. (2009). Enhanced microwave absorption properties of intrinsically core/shell structured La<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub> nanoparticles. *Nanoscale Research Letters*, 4(10), 1153–1158. <https://doi.org/10.1007/s11671-009-9374-y>
- Clemons, C. B., Roberts, M. W., Wilber, J. P., Young, G. W., Buldum, A., & Quinn, D. D. (2010). Continuum plate theory and atomistic modeling to find the

- flexural rigidity of a graphene sheet interacting with a substrate. *Journal of Nanotechnology*, 2010. <https://doi.org/10.1155/2010/868492>
- Deriyana Tri Rahmawati, Diah Hari Kusumawati, L. R. (2015). VARIASI PENAMBAHAN  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  PADA PADUAN  $\text{PANi}/\text{Fe}_3\text{O}_4$  SEBAGAI BAHAN PENYERAP GELOMBANG MIKRO. *Jurnal Fisika.*, 04, 1–5.
- DI Kim, S. K. (2003). Dependence on Preparation Temperature of the Microwave Absorption Properties in Absorbers for Mobile Phones,”. *Journal of the Korean Physical Society*, 43, 2.
- Endro Suseno, J., & Firdausi, K. S. (2008). Rancang bangun spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk penentuan kualitas susu sapi. *Jurnal FMIPA, UNDIP Dan FMIPA, UNDIP*.
- Ervianti, W. E. A. D. (2020). *Buku Saku Identifikasi Bambu*. Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan.
- Fadhilah, M., & Ramli, R. (2019). PENGARUH SUHU SINTERING PADA PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO NANOKOMPOSIT  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  / PVDF UNTUK MATERIAL PENYERAP RADAR Mahasiswa Fisika , FMIPA Universitas Negeri Padang Staf Pengajar Jurusan Fisika , FMIPA Universitas Negeri Padang. 12, 98–103.
- Honorisal, M. B. P., Huda, N., Partuti, T., & Sholehah, A. (2020). Sintesis dan karakterisasi grafena oksida dari tempurung kelapa dengan metode sonikasi dan

- hidrotermal. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(1), 1.  
<https://doi.org/10.36055/tjst.v16i1.7519>
- Intifadhah, S. H., Rohmawati, L., Setyarsih, W., & Tukiran, T. (2018). The Effect of rGO Mass Composition on the Performance of Activated Carbon/rGO Supercapacitor Electrode Based on Coconut Shell (*Cocos nucifera*). *Journal of Physics: Conference Series*, 1108(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012045>
- Jong, Y., Wardenaar, E., & Tavita, G. E. (2018). Studi Jenis Dan Pemanfaatan Bambu Oleh Masyarakat Dusun Perigi Desa Semade Kecamatan Banyuke Hulu Kabupaten Landak. *Jurnal Hutan Lestari*, 6(1), 131–136.
- Junaidi, M., & Susanti, D. (2014). Pengaruh Variasi Waktu Ultrasonikasi dan Waktu Tahan Hydrothermal terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Material Graphene. *Jurnal Teknik ITS*, 3(1), F13–F18.  
<http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/5396>
- Kotakoski, J. (2021). Atomic and electronic structure of graphene. *Graphene: Properties, Preparation, Characterization and Applications, Second Edition*, 15–26. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102848-3.00003-7>
- Krisdianto, Sumarni, G., & Ismanto, A. (2003). Sari Hasil Penelitian Bambu. *Integration of Climate Protection and Cultural Heritage: Aspects in Policy and Development Plans. Free and Hanseatic City of Hamburg*, 2(4), 1–37.

- Kuilla, T., Bhadra, S., Yao, D., Kim, N. H., Bose, S., & Lee, J. H. (2010). Recent advances in graphene based polymer composites. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 35(11), 1350–1375. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2010.07.005>
- Kurniawan, F. A., Fisika, P. S., Sains, F., Teknologi, D. A. N., Islam, U., & Syarif, N. (2021). *Analisis Material Absorber Gelombang* (Vol. 2).
- Lee, S., & Xu, H. (2019). Using powder XRD and pair distribution function to determine anisotropic atomic displacement parameters of orthorhombic tridymite and tetragonal cristobalite. *Acta Crystallographica Section B: Structural Science, Crystal Engineering and Materials*, 75(2), 160–167. <https://doi.org/10.1107/S2052520619000933>
- Lerf, A., He, H., Forster, M., & Klinowski, J. (1998). Structure of graphite oxide revisited. *Journal of Physical Chemistry B*, 102(23), 4477–4482. <https://doi.org/10.1021/jp9731821>
- Li, F., Jiang, X., Zhao, J., & Zhang, S. (2015). Graphene oxide: A promising nanomaterial for energy and environmental applications. *Nano Energy*, 16, 488–515. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2015.07.014>
- Li, G., Hu, G. G., Zhou, H. D., Fan, X. J., & Li, X. G. (2002). Attractive microwave-absorbing properties of  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  manganite powders. *Materials Chemistry and Physics*, 75(1–3), 101–104. [https://doi.org/10.1016/S0254-0584\(02\)00039-1](https://doi.org/10.1016/S0254-0584(02)00039-1)

- Li, X., Yu, J., Wageh, S., Al-Ghamdi, A. A., & Xie, J. (2016). Graphene in Photocatalysis: A Review. *Small*, 12(48), 6640–6696. <https://doi.org/10.1002/sml.201600382>
- Maghfury, T. I., & Anggono, A. D. (2010). *Analisis X-Ray Diffraction (XRD) Pada Brazing Aluminium Seri 1000 Dan Stainless Steel Seri 304 Dengan Penambahan Serbuk Tembaga*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Marcano, D. C., Kosynkin, D. V, Berlin, J. M., Sinitskii, A., Sun, Z., Slesarev, A., Alemany, L. B., Lu, W., & Tour, J. M. (2010). Marcano2010 Synthesis.Pdf. *American Chemical Society*, 4(8).
- Meng, F., Wang, H., Huang, F., Guo, Y., Wang, Z., Hui, D., & Zhou, Z. (2018). Graphene-based microwave absorbing composites: A review and prospective. *Composites Part B: Engineering*, 137(September 2017), 260–277. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.11.023>
- Park, K. Y., Lee, S. E., Kim, C. G., & Han, J. H. (2006). Fabrication and electromagnetic characteristics of electromagnetic wave absorbing sandwich structures. *Composites Science and Technology*, 66(3–4), 576–584. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2005.05.034>
- Phang, S. W., Tadokoro, M., Watanabe, J., & Kuramoto, N. (2008). Synthesis, characterization and microwave absorption property of doped polyaniline nanocomposites containing TiO<sub>2</sub> nanoparticles and carbon nanotubes. *Synthetic Metals*, 158(6), 251–258. <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2008.01.012>

Rachmawati, S. (2016). *PELAPISAN SINGLE LAYER PENYERAP GELOMBANG RADAR DISPERSI BARIUM M-HEKSAFERIT / POLIANILIN PADA RENTANG X-BAND.*

Skoog, D. A., Holler, F. J., & Nieman, T. A. (1998). *Principles of instrumental analysis. 5th.*

Subiyanto, I. (2011). *Perhitungan Impedansi pada bahan  $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ .*

Subiyanto, I. (2020). *Perhitungan Impedansi pada bahan  $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{Mn}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$  SKRIPSI Iyan Subiyanto Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Fisika Depok Desember 2011 Perhitungan impedansi ..., Iyan Subiyanto, FMIPA UI, 2011. May.*  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15120.02564>

Sulistijono. (2012). *Mekanika Material Komposit.* ITS Press.

Sulistyo, Marhaendrajaya, I., & Priyono. (2012). Sintesis Dan Karakterisasi Material Magnetik Barium Hexaferrite Tersubstitusi Menggunakan Teori Solgel Untuk Aplikasi Serapan Gelombang Mikro Pada Frekuensi X-Band. *Berkala Fisika*, 15(2), 63-68–68.

Sulistyo, S. (2019). Dampak Proses Sintering Material Keramik pada Sifat Mekanik dan Dimensi Suatu Produk. *Rotasi*, 20(4), 244.  
<https://doi.org/10.14710/rotasi.20.4.244-248>

Suwandana, R. F., & Susanti, D. (2015). Analisis Pengaruh Massa Reduktor Zinc

- Terhadap Sifat Kapasitif Superkapasitor Material Graphene. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 95–100.
- Tertiş, M., Fritea, L., Săndulescu, R., & Cristea, C. (2019). Graphene and Graphene Nanocomposite-Based Electrochemical Sensors. *Handbook of Graphene*, 6, 631–661. <https://doi.org/10.1002/9781119468455.ch107>
- Tian, Y., Yu, Z., Cao, L., Zhang, X. L., Sun, C., & Wang, D. W. (2021). Graphene oxide: An emerging electromaterial for energy storage and conversion. *Journal of Energy Chemistry*, 55, 323–344. <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2020.07.006>
- Wandira, I., Karo Karo, P., & Adi, W. A. (2018). Material Absorber Gelombang Elektromagnetik Berbasis  $(\text{La}_{0.8}\text{Ba}_{0.2})(\text{Mn}_{1-x}/2\text{Zn}_x\text{Fe}_{1-x}/2)\text{O}_3$  ( $x = 0 - 0,6$ ). *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 06(01), 1–66.
- Wirajaya, A. (2007). *Karakteristik Komposit Sandwich Serat Alami Sebagai Absorber Suara*.
- Xu, B., Yue, S., Sui, Z., Zhang, X., Hou, S., Cao, G., & Yang, Y. (2011). What is the choice for supercapacitors: Graphene or graphene oxide? *Energy and Environmental Science*, 4(8), 2826–2830. <https://doi.org/10.1039/c1ee01198g>
- Yana Taryanaa, Azwar Manafb, Nanang Sudrajata, Y. W. (2019). *MATERIAL PENYERAP GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK JANGKAUAN FREKUENSI RADAR Electromagnetic Wave Absorbing Materials on Radar Frequency Range*.
- Zaaba, N., Foo, K., Hashim, U., Tan, S., Liu, W., & Voon, C. (2017). Synthesis of

Graphene Oxide using Modified Hummers Method: Solvent Influence. *Science Direct*, 469–477.