

**PENGARUH RADIASI GELOMBANG MIKRO TERHADAP SIFAT
LISTRIK MATERIAL *EXFOLIATED GRAPHITE* YANG DISINTESIS
MENGUNAKAN METODE *ELECTROCHEMICAL EXFOLIATION***

SKRIPSI

Oleh:

PUSPITASARI

NIM. 18640003



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**PENGARUH RADIASI GELOMBANG MIKRO TERHADAP SIFAT
LISTRIK MATERIAL *EXFOLIATED GRAPHITE* YANG DISINTESIS
MENGUNAKAN METODE *ELECTROCHEMICAL EXFOLIATION***

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

**Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana (S.Si)**

Oleh:

**PUSPITASARI
NIM. 18640003**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN
PENGARUH RADIASI GELOMBANG MIKRO TERHADAP SIFAT LISTRIK
MATERIAL EXFOLIATED GRAPHITE YANG DISINTESIS MENGGUNAKAN
METODE ELECTROCHEMICAL EXFOLIATION

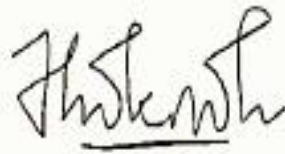
SKRIPSI

Oleh:

Puspitasari
NIM. 18640003

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada Tanggal 23 September 2023

Pembimbing I



Utiva Hikmah, M.Si
NIP. 198806052023212054

Pembimbing II



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 196505041990031003

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazki, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN



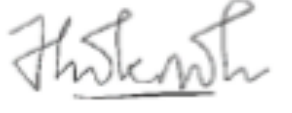
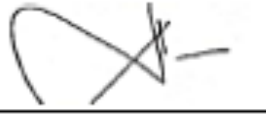
***PENGARUH RADIASI GELOMBANG MIKRO TERHADAP SIFAT LISTRIK
MATERIAL EXFOLIATED GRAPHITE YANG DISINTESIS MENGGUNAKAN
METODE ELECTROCHEMICAL EXFOLIATION***

SKRIPSI

Oleh:

Puspitasari
NIM. 18640003

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Sidang
Skripsi dan disahkan pada tanggal 29 September 2023

Penguji Utama :	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 198111192008012009	
Ketua Penguji :	<u>Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si</u> NIP. 196412111991111001	
Sekretaris Penguji :	<u>Utiva Hikmah, M.Si</u> NIP. 198806052023212054	
Anggota Penguji :	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 196505041990031003	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Puspitasari

NIM : 18640003

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pengaruh Radiasi Gelombang Mikro terhadap Sifat Listrik Material Exfoliated Graphite yang Disintesis Menggunakan Metode *Electrochemichal Exfoliation*

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur penjiplakan karya penelitian yang dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan sumbernya dalam daftar Pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 29 September 2023
Yang Membuat Pernyataan



Puspitasari

NIM. 18640003

MOTTO

“مَنْ سَارَ عَلَى الدَّرْبِ وَصَلَ”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan nikmat serta karunia-Nya yang luar biasa sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir berupa skripsi ini. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW yang senantiasa kita nanti-nantikan syafa'atnya kelak di hari akhir nanti. Semoga kita senantiasa dikumpulkan bersama di surga-Nya kelak.

Dengan mengucap rasa syukur kepada Allah SWT, saya persembahkan skripsi ini untuk: Segenap Keluarga Tercinta, Terkhusus orang tua tercinta Ibu Jasnawati dan bapak Saiful *sebagai support system* terbaik, kakak dan adik tercinta yang selalu menjadi penghibur dan penyemangat.

Terimakasih banyak.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal yang berjudul “**Pengaruh Radiasi Gelombang Mikro Terhadap Sifat Listrik Material *Exfoliated Graphite* Yang Disintesis Menggunakan Metode *Electrochemichal Exfoliation***” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Tak lupa pula shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada Rasulullah SAW yang telah diutus ke bumi sebagai lentera bagi hati manusia.

Penulis menyampaikan terima kasih dan jazakumullah al-khair kepada semua pihak yang telah membantu, memberi pengarahan, dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Hariani, M.Si selaku Dekan Fakultas dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika dan Dosen Pembimbing Praktik Kerja Lapangan Integratif Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Utiya Hikmah, M.Si dan Drs. Abdul Basid, M.Si, selaku Dosen Pembimbing skripsi yang memberikan banyak kesabaran, tenaga, waktu, dan ilmu dalam membimbing penulis agar proposal ini tersusun dengan baik dan benar.

5. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan dan pengarahannya.
6. Bapak dan Ibu serta keluarga yang selalu mendo'akan dan selalu memberi semangat untuk putranya ini dalam segala hal.
7. Teman-teman angkatan 2018 penghuni "Lab Riset Fisika" dan penghuni grup "Lab material rGO" yang banyak berperan sebagai patner diskusi akademik yang baik serta selalu memberikan dukungan dan doanya.
8. Serta semua pihak yang membantu secara langsung maupun tidak langsung demi kesuksesan dalam penulisan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan proposal ini, mengingat keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki, sehingga saran dan kritik yang bersifat membangun selalu penulis harapkan. Penulis berharap semoga proposal ini memberikan manfaat bagi penulis dalam memenuhi tugas akhir dan dapat menambah wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Malang, 29 September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
المخلص	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Grafena	6
2.2 <i>Exfoliated Graphite</i> (EG)	7
2.3 Sintesis Grafena	8
2.3.1 <i>Chemical Exfoliation</i>	8
2.3.2 <i>Electrochemical Exfoliation</i>	9
2.4 Gelombang Mikro	10
2.5 Sifat Listrik	13
2.5.1 Konduktivitas	13
2.5.2 Kapasitansi	13
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	14
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.3 Alat dan Bahan	14
3.3.1 Alat Penelitian	14
3.3.2 Bahan Penelitian	15
3.3.3 Alat Karakterisasi	15
3.4 Diagram Penelitian	16
3.4.1 Proses <i>Pre-Treatment Exfoliated Graphite</i>	16
3.4.2 Proses Eksfoliasi	17
3.4.2 Karakterisasi Sifat Listrik	18
3.5 Prosedur Penelitian	18

3.5.1	Proses Pembuatan <i>Exfoliated Graphite</i>	18
3.5.2	Preparasi Sampel EG Untuk Karakterisasi UV-Vis	20
3.5.3	Preparasi Sampel EG Untuk Karakterisasi LCR Meter	20
3.6	Karakterisasi dan Rancangan Perhitungan	20
3.6.1	<i>X-Ray Diffraction</i>	20
3.6.2	<i>Spektrofotometry Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	21
3.6.3	<i>Spektrofotometry Ultra Violet-Visible (UV-Vis)</i>	22
3.6.4	<i>Inductance, Capacitance and Resistance-Meter (LCR-Meter)</i>	22
3.6.5	<i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	23
3.7	Analisi Data	23

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Hasil Penelitian	25
4.1.1	Sintesis EG dengan Metode <i>Electrochemical Exfoliation</i>	26
4.1.2	Ukuran kristal dan <i>d-Spacing</i> dari EG	27
4.1.3	Gugus Fungsi Sampel EG	29
4.1.4	Nilai Energi Gap Sampel EG	32
4.1.5	Sifat Listrik Sampel EG	35
4.1.6	Morfologi dari EG MW-35	38
4.2	Pembahasan	39
4.2	Aplikasi Gelombang Mikro Pada Sintesis Material Exfoliated Graphite (EG) Pada Perspektif Islam	42

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	46
5.2	Saran	46

DAFTAR PUSTAKA	47
-----------------------------	----

LAMPIRAN	50
-----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafena dan turunannya	6
Gambar 2.2	Skema Ilustrasi Sintesis Grafit Eksfoliasi	7
Gambar 2.3	Perangkat pengelupasan anodik dan mekanisme pengelupasan elektrokimia dengan pengelupasan anodik	9
Gambar 2.4	Proses pemanasan konduktif dan radiasi gelombang	10
Gambar 4.1	Rangkaian elektrokimia (a) 10 menit (b) 2,5 jam.....	26
Gambar 4.2	Grafik Difraksi EG	27
Gambar 4.3	Grafik FTIR sampel	30
Gambar 4.4	Grafik nilai energi gap sampel EG	33
Gambar 4.5	Nilai konduktivitas dari sampel EG	36
Gambar 4.6	Nilai kapasitansi sampel EG.....	36
Gambar 4.7	Morfologi MW-35 berdasarkan pengujian dengan SEM	38

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Struktur kristal sampel	23
Tabel 4. 1 Ukuran dan Jarak antar kristal dari sampel	31
Tabel 4. 2 Gugus fungsi sampel EG	32
Tabel 4. 3 Nilai energi gap sampel EG	35
Tabel 4. 4 Nilai rata-rata dari konduktivitas dan kapasitansi sampel EG	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Penelitian	50
----------------------------------	----

ABSTRAK

Puspitasari. 2022. **Pengaruh Radiasi Gelombang Mikro Terhadap Sifat Listrik Material Exfoliated Graphite Yang Disintesis Menggunakan Metode Electrochemichal Exfoliation**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
Pembimbing (1) Utiyah Hikmah, M.Si. (II) Drs. Abdul Basid, M.Si.

Kata Kunci: *Electrochemichal Exfoliation, Exfoliated Graphite, Pre-Treatment, Gelombang Mikro*

Pengelupasan grafit secara elektrokimia adalah metode sintesis yang mudah dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan elektrolisis air. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi metode *Electrochemical Exfoliation* dengan penambahan radiasi gelombang mikro yang bertujuan untuk meningkatkan sifat listrik dari material *Exfoliated Graphite* (EG). EG yang disintesis menggunakan metode *Electrochemical Exfoliation* dikenai radiasi gelombang mikro dengan variasi waktu 0, 20, 25, 30, dan 35 menit. Sampel kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, UV-Vis, LCR-Meter dan SEM. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan bahwa sampel EG dengan radiasi gelombang mikro selama 35 menit mengalami peningkatan *d-spacing* dan ukuran kristal dari 3,37 Å dan 15,39 nm pada EG tanpa radiasi gelombang mikro menjadi 3,38 Å dan 17 nm. Karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan keberadaan gugus fungsi O-H, C≡C, C=C, C-H, C-O pada semua sampel EG. Hasil pengujian menggunakan LCR Meter menunjukkan nilai rata-rata konduktivitas dan kapasitansi tertinggi sebesar $6,2 \times 10^{-3}$ S/cm dan $3,8 \times 10^{-4}$ μF eV pada EG yang dikenai radiasi gelombang mikro selama 35 menit dengan energi gap sebesar 2,8 eV. Morfologi sampel EG yang diradiasikan dengan gelombang mikro selama 35 menit diamati melalui karakterisasi dengan SEM menunjukkan telah terbentuk lapisan tipis yang merupakan karakteristik terbentuknya EG.

ABSTRACT

Puspitasari. 2022. **The Effect of Microwave Radiation on the Electrical Properties of Exfoliated Graphite Materials Synthesized Using the Electrochemical Exfoliation Method.** Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang.

Advisor: (I) Utayah Hikmah, M.Si. (II) Drs. Abdul Basid, M.Si

Keywords: Electrochemical Exfoliation, Exfoliated Graphite, Pre-Treatment, Microwave

Electrochemical exfoliation of graphite is an easy and environmentally friendly synthesis method by utilizing water electrolysis and the evolution of O₂ gas. In this study, a modification of the Electrochemical Exfoliation method was carried out with the addition of microwave radiation which aims to improve the electrical properties of the Exfoliated Graphite (EG) material. EG which was synthesized using the Electrochemical Exfoliation method was given heating treatment with the help of microwave radiation with time variations of 0, 20, 25, 30, and 35 minutes. The samples were then characterized using XRD, FTIR, UV-Vis, LCR-Meter. The results of characterization using XRD showed that EG samples with microwave radiation for 35 minutes experienced an increase in d-spacing and crystal size compared to EG without microwave radiation from 3.37 and 15.39 nm to 3.38 and 17 nm. Characterization using FTIR found functional groups O-H, C≡C, C=C, C-H, C-O in all EG samples. The test results using an LCR Meter show the best electrical properties on EG at microwave radiation for 35 minutes with conductivity and capacitance values of 6.2×10^{-3} S/cm and 3.8×10^{-4} μ F with a band gap is 2.8 eV. The morphology of the EG sample which was irradiated with microwaves for 35 hours was observed through characterization with SEM showed that a thin layer had formed which is a characteristic of the formation of EG.

الملخص

بوسيتاساري. 2022. تأثير إشعاع الميكروويف على الخواص الكهربائية لمواد الجرافيت المقشرة المركبة باستخدام طريقة التقشير الكهروكيميائية. فرضية. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الدولة الإسلامية ، مالانج.
المستشارون: (1) عطية حكمة. (2) عبد الباسيد ، م

الكلمات المفتاحية: التقشير الكهروكيميائي ، الجرافيت المقشر ، المعالجة المسبقة ، الميكروويف
يعد التقشير الكهروكيميائي للجرافيت طريقة تركيب سهلة وصديقة للبيئة من خلال استخدام التحليل الكهربائي للماء وتطور غاز O₂ في هذه الدراسة ، تم إجراء تعديل على طريقة التقشير الكهروكيميائي مع إضافة إشعاع الميكروويف الذي يهدف إلى تحسين الخواص الكهربائية لمادة الجرافيت المقشر (EG). تم إعطاء EG الذي تم تصنيعه باستخدام طريقة التقشير الكهروكيميائي معالجة حرارية بمساعدة إشعاع الميكروويف مع تغيرات زمنية تتراوح من 0 و 20 و 25 و 30 و 35 دقيقة. تم بعد ذلك توصيف العينات باستخدام XRD و FTIR و UV-Vis و LCR-Meter. أظهرت نتائج التوصيف باستخدام XRD أن عينات EG مع إشعاع الميكروويف لمدة 35 دقيقة شهدت زيادة في تباعد d وحجم الكريستال مقارنة بـ EG بدون إشعاع الميكروويف من 3.37 و 15.39 نانومتر إلى 3.38 و 17 نانومتر. وجد التوصيف باستخدام FTIR مجموعات وظيفية O-H و C≡C و C=C و C-H و C-O في جميع عينات EG. تظهر نتائج الاختبار باستخدام مقياس LCR أفضل الخصائص الكهربائية على EG عند إشعاع الميكروويف لمدة 35 دقيقة مع قيم التوصيل والسعة 6.2-10 S / cm و 4-10 x 3.8 μF مع فجوة النطاق 2.8 فولت.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bidang nanoteknologi telah mengalami perkembangan yang pesat seiring dengan semakin meningkatnya penelitian tentang karbon. Grafena merupakan alotrop karbon dua dimensi, yang telah menarik perhatian umum sejak pertama kemunculannya ditahun 2004. Dikarenakan keunggulan sifat yang dimilikinya, para peneliti kemudian banyak mengembangkan berbagai metode yang mudah dalam mensintesis meterial grafena yang berkualitas. Semangat dalam melakukan pendalaman dan pengkajian metode sintesis grafena ini sesuai dengan firman Allah Swt dalam QS. Yunus ayat 101.

قُلْ اَنْظُرُوا مَاذَا فِي السَّمَاوَاتِ وَالْاَرْضِ وَمَا تُغْنِي الْاَيَاتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا
يُؤْمِنُونَ (١٠١)

Artinya: “Katakanlah, “Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi!” Tidaklah bermanfaat tanda-tanda (kebesaran Allah) dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang yang tidak beriman” (QS. Yunus:101).

Muhammad Quraish Shihab dalam tafsir Al-misbah menjelaskan bahwa ayat ini mendorong umat manusia untuk mengembangkan ilmu pengetahuan melalui kontemplasi, eksperimentasi dan pengamatan. Hal ini tentu sejalan dengan upaya para peneliti dalam mengembangkan metode untuk memperoleh material unggul guna dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia di muka bumi.

Metode *Electrochemichal Exfoliation*, merupakan salah satu metode yang dianggap sebagai metode yang efisien dalam menghasilkan lembaran Graphene berkualitas tinggi (Pumera M., et al., 2015). Proses ini menghasilkan material mirip grafena yang kemudian disebut sebagai *Exfoliated Graphite* (EG). EG

terbentuk ketika lapisan grafit bertumpuk mengalami pemisahan ikatan secara parsial.

Proses *Electrochemical Exfoliation* dapat dibedakan menjadi dua yaitu pengelupasan katodik dan pengelupasan anodik. Dimana pengelupasan anodik lebih sering diaplikasikan karena memanfaatkan larutan elektrolit yang lebih murah. Akan tetapi proses ini menunjukkan hasil pengelupasan yang kurang maksimal jika dibandingkan dengan metode katodik. Oleh sebab itu meningkatkan efisiensi pengelupasan, maka dilakukan pre-treatment sederhana sebelum proses elektrokimia dengan cara membenamkan prekursor grafit dalam larutan asam sulfat pekat (H_2SO_4) dan H_2O_2 . Penggunaan H_2O_2 dan H_2SO_4 untuk membuka jarak lapisan grafit menjadi grafit yang dapat diperbesar (Abdillah, et al., 2021).

Gelombang mikro merupakan radiasi elektromagnetik dengan frekuensi antara 300 MHz hingga 300 GHz. Dalam aplikasinya, radiasi gelombang mikro terbukti mampu dalam menghemat energi, efisiensi waktu yang singkat, serta tidak memerlukan reagen dalam prosesnya. Iradiasi gelombang mikro mampu menembus substrat dan menghasilkan panas secara internal dalam molekulnya sehingga membantu memaksimalkan peregangan *Graphite* dalam waktu singkat serta mengurangi cacat akibat ekspansi oksigen (Jehad, et al., 2020).

Juxiang Lin dkk (2017) membuat grafena dengan memanfaatkan pengelupasan grafit berbantuan gelombang mikro. Radiasi oleh gelombang mikro dapat membentuk gas karbon dioksida, uap air dan amonia, yang mengakibatkan pengelupasan yang kuat. Hasil karakterisasi SEM, TEM, AFM, XRD dan analisis

spektrum Raman yang dilakukan pada sampel menunjukkan bahwa grafit telah berhasil dieksfoliasi menjadi Graphene dengan metode ini.

Jehad dkk (2020) mengeksfoliasi *Graphite* dengan mengaplikasikan radiasi gelombang mikro pada material yang disintesis menggunakan metode *Electrochemical Exfoliation*. Studi ini menunjukkan bahwa jika bubuk grafit yang diberi perlakuan pengelupasan elektrokimia kemudian dikenakan radiasi gelombang mikro mengalami penurunan rasio densitas cacat ID/IG dari 0,59 menjadi 0,46.

Selanjutnya Abdillah dkk (2021) membuat *Exfoliated Graphite* dari lembaran grafit dengan menggunakan larutan elektrolit Ammonium Sulfat. Untuk mempermudah proses eksfoliasi, pada penelitian tersebut melakukan variasi pada larutan pre-treatment ($\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$). Eksfoliasi paling optimal didapatkan pada fraksi volume larutan $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$ dengan perbandingan 95:5

Potensi gelombang mikro dalam meningkatkan efisiensi sintesis EG kemudian memotivasi penulis dalam melakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh radiasi gelombang mikro terhadap sifat listrik material *Exfoliated Graphite* yang disintesis menggunakan metode *Electrochemical Exfoliation*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana ukuran kristal, jarak antar lapisan, gugus fungsi dan energi gap sampel *Exfoliated Graphite* akibat radiasi gelombang mikro pada metode *Electrochemical Exfoliation*?

2. Bagaimana perubahan sifat listrik (konduktivitas dan kapasitansi) material *Exfoliated Graphite* akibat radiasi gelombang mikro pada metode *Electrochemical Exfoliation*?
3. Bagaimana morfologi dari material *Exfoliated Graphite* yang disintesis menggunakan metode *Electrochemical Exfoliation* dengan penambahan radiasi gelombang mikro?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui ukuran kristal, jarak antar lapisan, gugus fungsi dan energi gap sampel *Exfoliated Graphite* akibat radiasi gelombang mikro pada metode *Electrochemical Exfoliation*.
2. Mengetahui perubahan sifat listrik (konduktivitas dan kapasitansi) material *Exfoliated Graphite* akibat radiasi gelombang mikro pada metode *Electrochemical Exfoliation*.
3. Mengetahui morfologi dari material *Exfoliated Graphite* yang disintesis menggunakan metode *Electrochemical Exfoliation* dengan penambahan radiasi gelombang mikro.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Sampel yang digunakan berasal dari *Graphite Sheet* komersial.
2. Sintesis *Exfoliated Graphite* menggunakan metode *Electrochemical Exfoliation*.
3. Sampel diradiasikan dengan gelombang mikro selama 0, 20, 25, 30 dan 35 menit.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

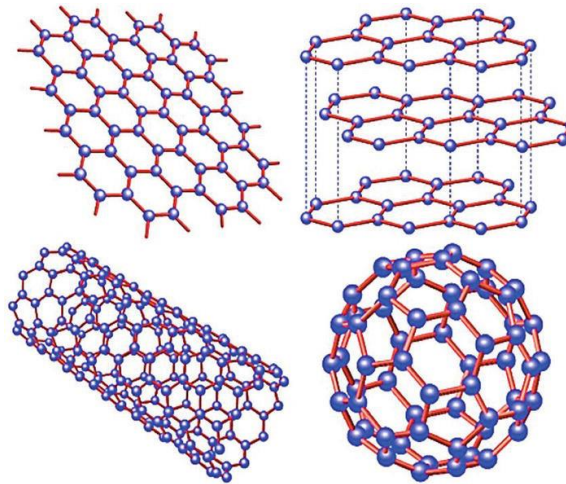
1. Memberikan informasi mengenai perubahan yang terjadi pada sifat listrik dari material *Exfoliated Graphite* akibat radiasi gelombang mikro pada metode *Electrochemical Exfoliation*.
2. Menjadi referensi bagi para peneliti untuk dijadikan acuan pada penelitian selanjutnya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Grafena

Grafena merupakan kelompok bahan karbon dua dimensi yang memiliki berbagai keunggulan. Atom grafena tersusun membentuk jaringan segi enam seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 (Olabi, et al., 2020).



Gambar 2.1. Grafena dan turunannya (Obodo, et al., 2019)).

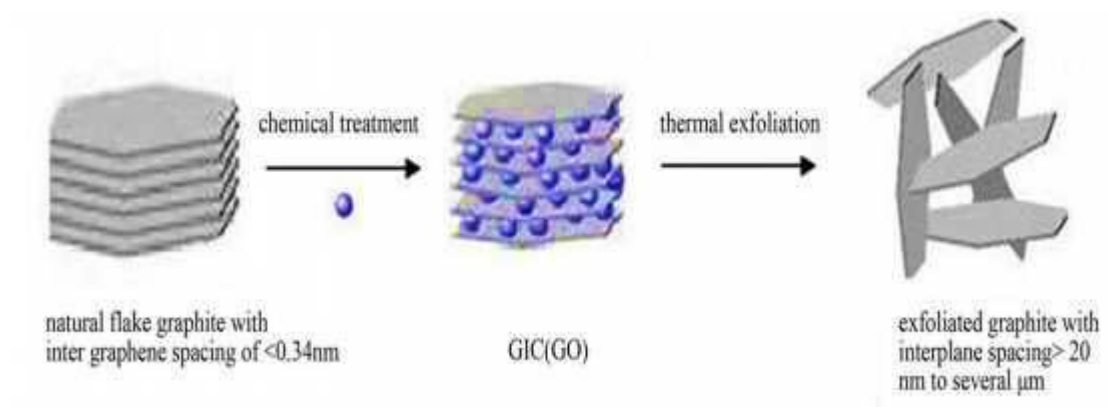
Grafena terbentuk dengan kerangka lapisan atom menyerupai sarang lebah dengan dua sub-kisi atom karbon ekuivalen yang dihubungkan bersama melalui ikatan karbon-karbon sigma (σ) dengan panjang 0,142 nm. Sebagai lembaran tunggal 2D planar karbon hibridisasi sp^2 , grafena menjadi blok bangunan dasar alotrop karbon lainnya seperti fullerene (0D), CNT (1D) dan grafit (3D). (Lee, et al., 2018).

Secara mikroskopis grafena memiliki struktur kristal yang sangat stabil. Fakta ini kemudian menjadikan Graphene menjadi sebagai material dengan konduktivitas yang tinggi. Struktur yang unik dari *Graphene* memberikan kelebihan seperti mobilitas pembawa elektron yang tinggi ($\sim 10,000 \text{ cm}^2/\text{V s}$),

Transparansi optic yang baik (97.7%), dan luas permukaan sangat baik ~ 3000 W/mK (Zhang, et al., 2012.)

2.2 *Exfoliated Graphite* (EG)

Exfoliated Graphite (EG) merupakan material yang mirip dengan grafena yang terbentuk ketika lapisan grafit bertumpuk mengalami pemisahan ikatan secara parsial (Chung, 2015). Meskipun material yang dihasilkan tidak setipis grafena, namun bahan ini dianggap bagus karena sifatnya menyerupai grafena dan lebih mudah diproduksi serta dapat diskalakan industri (Cai, et al., 2012).



Gambar 2.2. Skema Ilustrasi Sintesis Grafit Eksfoliasi (Aisyah, 2018)

Grafit eksfoliasi merupakan material yang menjanjikan untuk sejumlah penelitian baru. Diantara aplikasi yang berkembang saat ini yaitu, sebagai plat untuk sel bahan bakar, pelindung EMI, peredam getaran, dan juga sebagai peningkat sifat penginderaan pada sensor kimia. Hal itu semua dipengaruhi oleh sifat grafit eksfoliasi yang fleksibel (Lee,2002).

Grafit eksfoliasi akhir-akhir ini juga dikembangkan dalam bidang elektronik. Dalam aplikasi ini, diperlukan material dengan luas permukaan yang besar dan sifat elektrokimia yang sangat baik. Keunggulan ini membuatnya cocok untuk aplikasi yang membutuhkan output daya tinggi dan proses pengisian cepat

(Abdillah, et al., 2021). Grafit menunjukkan struktur kristal berlapis yang memiliki lapisan karbon dengan jarak sebesar 0,335 nm. Terdapat gaya Van Der Waals yang sangat lemah di dalam lapisan karbon, sehingga memungkinkan atom, molekul, dan ion untuk menyisip antara lapisan grafit membentuk Grafit Interkalasi (GIC). Meskipun material yang dihasilkan tidak setipis grafena, namun bahan ini dianggap bagus karena sifatnya menyerupai grafena dan lebih mudah diproduksi serta dapat diskalakan industri (Bian et al., 2011).

2.3 Sintesis Grafena (EG)

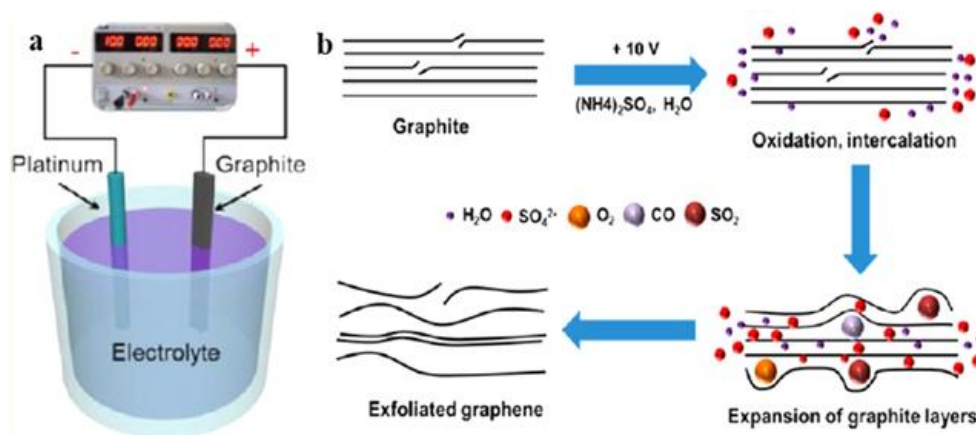
2.3.1 *Chemical Exfoliation*

Teknik ini dianggap sebagai pendekatan terbaik untuk sintesis *Graphene*. Komposit polimer, bahan penyimpan energi umumnya menggunakan metode kimia untuk memproduksi *Graphene*. Sejarah produksi *Graphene* berasal dari tahun 1860-an. Pengelupasan kimia melibatkan dua tahap utama, yang pertama ialah dengan mengurangi gaya antar lapisan van der Waals sehingga dapat meningkatkan jarak antar lapisan. Grafena kemudian dikelupas melalui pemanasan yang sangat cepat (Charlier, et al., 2008).

Dalam metode ini digunakan gelombang ultrasonik dengan bantuan surfaktan digunakan untuk melarutkan *Graphite*. *Chemical Exfoliation* cukup sering digunakan dikarenakan adanya penggunaan gelombang ultrasonik memberikan energi untuk proses pengelupasan *Graphene*. Selain itu metode ini juga dipengaruhi oleh pemilihan pelarut, amplitudo dan waktu sonikasi (Whisnuwijaya, 2017).

2.3.2 Electrochemical Exfoliation

Pengelupasan grafit secara elektrokimia adalah cara yang mudah dengan memanfaatkan elektrolisis air dan evolusi gas. Berdasarkan tegangan biasanya, proses *Electrochemical Exfoliation* dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu pengelupasan katodik dan pengelupasan anodik. Terlepas dari perolehan hasil yang kurang maksimal, pengelupasan anodik menjadi metode yang banyak diminati karena menggunakan larutan elektrolit yang lebih murah dibandingkan pengelupasan katodik. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi pengelupasan anodik adalah dengan melakukan *pre-treatment* sederhana sebelum proses elektrokimia dengan cara membenamkan prekursor grafit dalam larutan asam sulfat pekat (H_2SO_4) dan H_2O_2 . Penggunaan H_2O_2 dan H_2SO_4 untuk merenggangkan jarak lapisan pada grafit (Abdillah, et al., 2021).



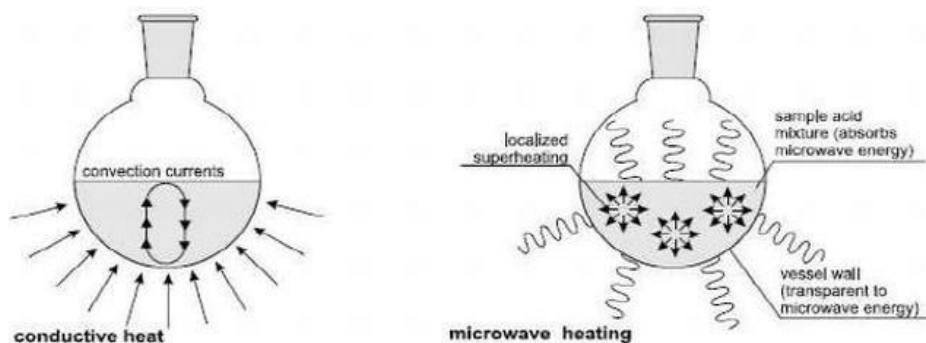
Gambar 2.3. perangkat pengelupasan anodik dan mekanisme pengelupasan elektrokimia dengan pengelupasan anodik (Le Li, et al, 2020).

Gambar 2.3 merepresentasikan mekanisme pengelupasan secara elektrokimia. Berdasarkan gambar dapat diamati bahwa proses pengelupasan secara elektrokimia terjadi dalam tiga tahapan. Pertama pemberian tegangan akan menyebabkan H_2O tereduksi menghasilkan OH^- . OH^- yang terbentuk selanjutnya

berperan sebagai nukleofil yang kuat untuk menyerang tiap batas butir dan tepi lapisan grafit. Nukleofil merupakan senyawa kimia yang berkaitan dengan respon yang memberikan pasangan elektron guna membentuk ikatan kimia. Pada tahap selanjutnya terjadinya oksidasi akan menyebabkan perluasan lapisan grafit sehingga memfasilitasi interkalasi oleh ion sulfat SO_4^{2-} kedalam lapisan grafit. Terakhir reduksi anion SO_4^{2-} dan oksidasi H_2O_2 akan menghasilkan spesies gas seperti SO_2 , O_2 dll. Spesies gas ini yang selanjutnya akan berperan dalam menyerang lapisan grafit yang terikat lemah hingga menghasilkan grafit terkelupas (*Exfoliated Graphite*) (Parvez, et.al, 2014).

2.4 Gelombang Mikro

Radiasi gelombang mikro adalah bentuk radiasi elektromagnetik non-pengion dengan frekuensi 300 MHz hingga 300 GHz dengan panjang gelombang 1 mm hingga 1 m. Dalam konteks ini, pemanfaatan gelombang mikro dapat dianggap sebagai pendekatan yang ramah lingkungan serta menawarkan pemanasan homogen dengan dan lingkungan pertumbuhan yang mengarah pada pembentukan nanopartikel dengan ukuran seragam (Jha, 2021).



Gambar 2.4 Proses pemanasan konduktif dan radiasi gelombang (Jehad, et al., 2020)

Gambar 2.4 menunjukkan perbandingan proses pemanasan secara konduktif dan radiasi gelombang mikro. Pemanasan secara konduktif adalah jenis transfer panas yang terjadi secara konduksi dimana dalam prosesnya panas mengalir dari suatu benda ke benda lainnya. Dalam proses ini energi internal menyebar saat atom dan molekul yang bergetar cepat akan berinteraksi dengan partikel disebelahnya. Secara makroskopis, konduksi panas adalah perambatan energi internal tanpa gerakan makroskopik (perpindahan material sumber panas) (A. Toth, et al., 2017).

Radiasi gelombang mikro memanfaatkan perpindahan panas secara radiasi dimana transfer panas terjadi melalui pancaran tanpa membutuhkan zat perantara. Proses iradiasi gelombang mikro menyebabkan molekul menjadi panas. Dipol listrik, yaitu muatan positif parsial di satu ujung dan muatan negatif parsial di ujung lainnya, berputar ketika mereka mencoba menyelaraskan diri dengan medan listrik bolak-balik gelombang mikro. Molekul yang berputar menabrak molekul lain dan menggerakkannya, sehingga terjadi dispersi energi. Energi ini, tersebar sebagai rotasi molekul, getaran dan translasi dalam padatan dan cairan yang menyebabkan terjadinya kenaikan suhu (Jha, 2021). Radiasi gelombang mikro pada proses *Electrochemical* berperan penting untuk menghemat energi, serta meningkatkan efisiensi waktu karna panas akan secara maksimal mengenai sampel sehingga energi tidak terbuang kelingungan. Hal ini dikarenakan Iradiasi gelombang mikro mampu menembus substrat dan menghasilkan panas secara internal dalam molekulnya (Jehad, et al., 2020).

Pemanasan dengan memanfaatkan proses radiasi telah diisyaratkan dalam Al-Quran. salah satunya dapat ditemukan dalam surah Yunus ayat 5:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ

Artinya: “Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya, dan Dialah yang menetapkan tempat-tempat orbitnya, agar kamu mengetahui bilangan tahun, dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesarannya) kepada orang-orang yang mengetahui” (Q.S. Yunus : 5).

Pada ayat ini, matahari disebut dengan sebutan dhiya’ dan bulan dengan sebutan nur. Hal ini untuk membedakan sifat cahaya yang dipancarkan oleh kedua benda ini. melalui ayat ini Allah menyebutkan perbedaan antara matahari dan bulan. Matahari disebut diya’ karena memiliki sinar sendiri. Sinar ini sedemikian kuat, sehingga menjadi sumber panas, sumber tenaga, dan sumber kehidupan bagi semua makhluk. Dalam ilmu pengetahuan, disebutkan bahwa cahaya matahari berasal dari reaksi nuklir yang menghasilkan panas sangat tinggi dan cahaya yang terang benderang. Sedang bulan disebut sebagai nur, karena pada hakikatnya sinarnya bukan berasal dari dirinya, melainkan dari sinar matahari yang kemudian. Proses transfer panas dari matahari ke bumi inilah yang merupakan salah satu contoh proses radiasi yang dapat kita rasakan secara langsung,

Radiasi gelombang mikro pada proses pengelupasan *Eletrochemical* sendiri memiliki peranan penting untuk menghemat energi, serta meningkatkan efisiensi waktu. Hal ini dikarenakan Iradiasi gelombang mikro mampu menembus substrat dan menghasilkan panas secara internal dalam molekulnya. Selanjutnya sepanjang pemanasan berlangsung, gas yang dihasilkan dari agen interkalasi akan menekan lapisan grafit sehingga membantu terjadinya ekspansi atau perluasan (Jehad, et al., 2020).

2.5 Sifat Listrik

2.5.1 Konduktivitas

Konduktivitas listrik (σ) merupakan nilai kemampuan suatu material dalam menghantarkan arus listrik. Beda potensial listrik pada ujung-ujung sebuah konduktor menyebabkan muatan berpindah dan kemudian menghasilkan arus listrik (Pertiwi, et al., 2015).

Nilai konduktivitas listrik dari suatu material dipengaruhi oleh dari sifat material tersebut. Nilai konduktivitas dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1) (Fenny, 2019):

$$\sigma_{AC} = G(\omega)\left(\frac{L}{A}\right) \quad (2.1)$$

Dimana σ , G , L (cm) dan A (cm²) masing-masing adalah konduktivitas listrik (S/cm), konduktansi (S), ketebalan (cm) dan luas permukaan (cm²) dengan $G(\omega)$ adalah $1/R$, R adalah resistansi dari data LCR.

2.5.2 Kapasitansi

Kapasitansi adalah ukuran jumlah muatan listrik yang disimpan untuk sebuah potensial listrik. Satuan kapasitansi adalah Coloumb per volt atau Farads (F). Kapasitansi dapat diukur menggunakan persamaan 2.2 (Callister, 2014):

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.2)$$

Dimana A merupakan area dari lempengan, dan d adalah jarak dari dua lempengan. Parameter ε_0 merupakan permitivitas vakum yang memiliki nilai konstanta $8,85 \times 10^{-12}$.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis eksperimen, yaitu dilakukan pembuatan *Exfoliated Graphite* dari *Graphite Sheet* yang disintesis menggunakan metode *Electrochemical Exfoliation* serta ditambahkan dengan radiasi gelombang mikro dengan variasi waktu 0, 20, 25, 30, dan 35 menit. Langkah selanjutnya, dilakukan karakterisasi pada sampel dengan menggunakan LCR meter, XRD, SEM FTIR dan UV-Vis.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data dimulai pada bulan Februari – April 2022, bertempat di Laboratorium Riset Material Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Gelas Beaker
2. Gelas Ukur
3. Cawan Petri
4. Neraca Digital
5. Kabel Aligator
6. *Ultrasonic Bath*
7. Elektroda *Graphite*
8. *Power Supply* DC

9. Oven
10. *Microwave*
11. Multimeter
12. Pinset
13. Pipet Hisap
14. Spatula
15. Vial
16. *Hot Plate*
17. *Magnetic Stirrer*

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. *Graphite Sheet*
2. Ammonium Sulfat ((NH₄)₂SO₄)
3. Asam Sulfat (H₂SO₄) 98%
4. Hidrogen Peroksida (H₂O₂) 50%
5. Ethanol / Alkohol
6. N-Methyl-2-Pyrrolidone (NMP)
7. Polyvilidene Fluoride (PVDF)
8. DI Water

3.3.3 Alat Karakterisasi

Alat-Alat yang digunakan pada saat karakterisasi adalah:

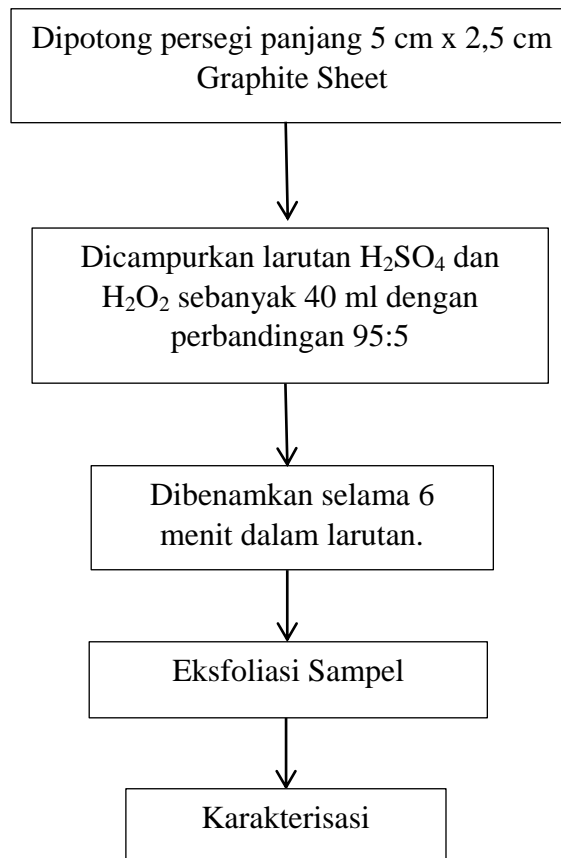
1. LCR Meter
2. Difraktometer Sinar-X (XRD)
3. Scanning Electron Microscopy (SEM)

4. UV-Vis

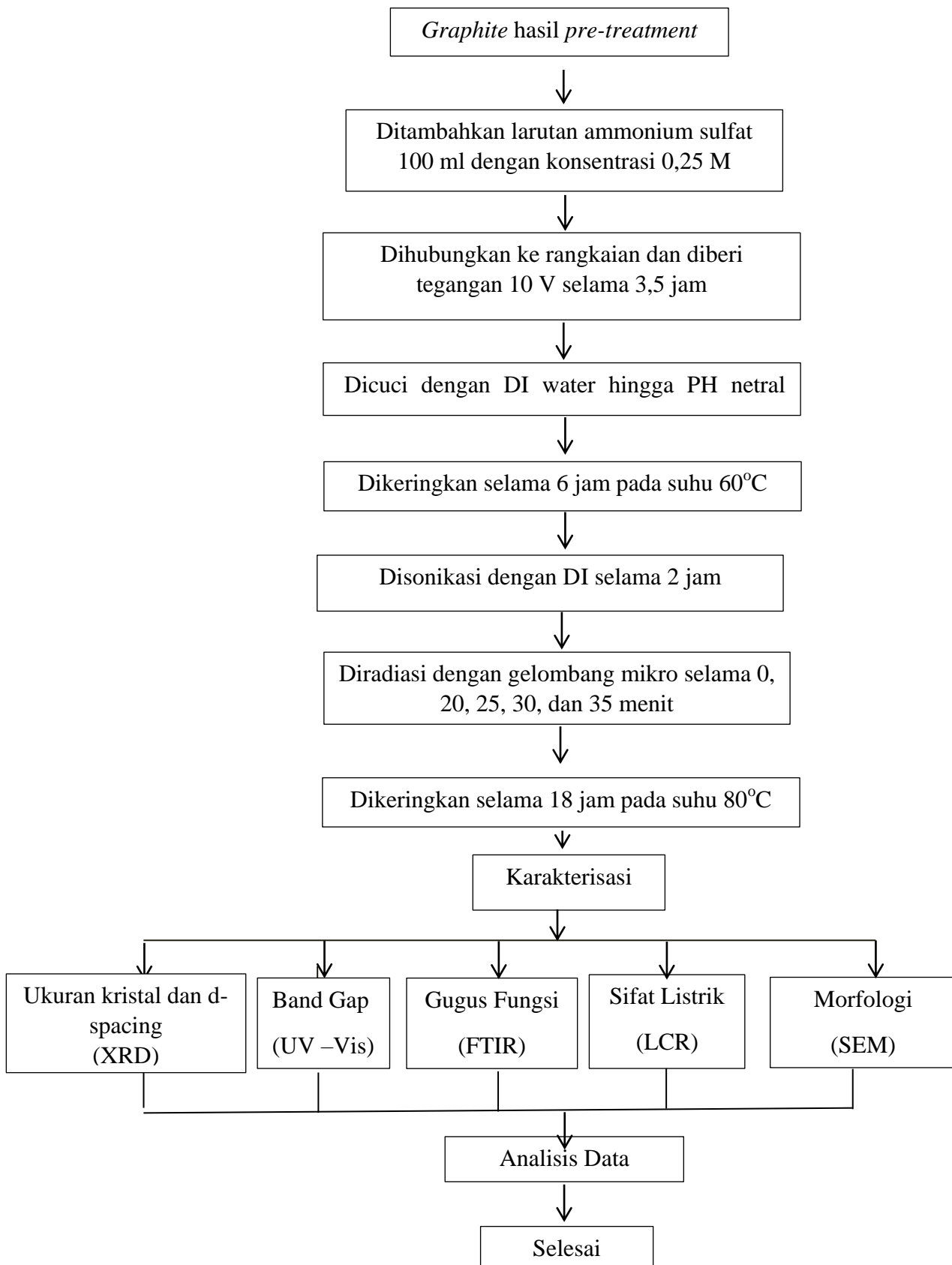
5. FTIR

3.4 Diagram Alir Penelitian

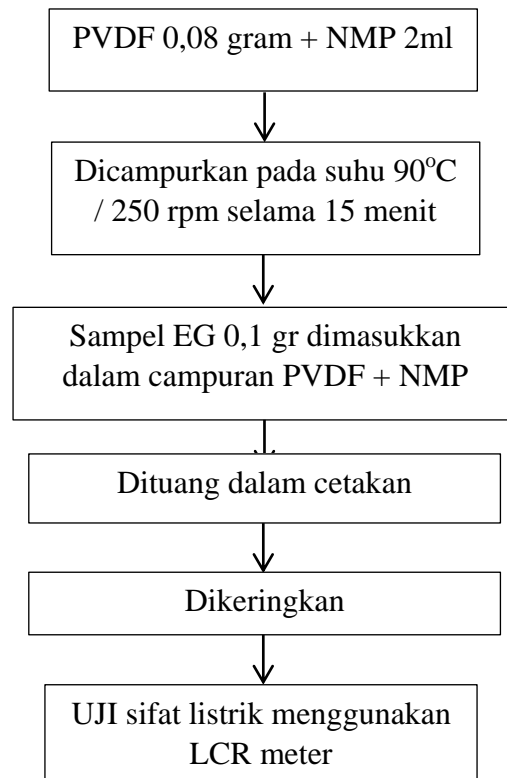
3.4.1 Proses Pre-Treatment *Exfoliated Graphite*



3.4.2 Proses Eksfoliasi



3.4.3 Karakterisasi Sifat Listrik



3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dimulai dari proses pre-treatment pada *Graphite Sheet* yang dibeli secara komersial untuk kemudian dieksfoliasi menggunakan metode *Electrochemical Exfoliation*, selanjutnya diradiasikan dengan gelombang mikro. Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui sifat listrik dari sampel setelah diradiasi dengan gelombang mikro.

3.5.1 Proses Pembuatan *Exfoliated Graphite*

3.5.1.1 *Pre-Treatment Graphite Sheet* (Abdillah, et al., 2021).

1. Dipotong lembaran grafit dengan ukuran kira-kira 5,5 cm x 2,5 cm.
2. Dicampurkan asam sulfat (H_2SO_4) 98% dengan larutan hidrogen peroksida (H_2O_2) 50% dengan fraksi volume $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$ 95:5.

3. Direndam grafit dalam larutan $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$ selama 6 menit dengan menyisakan sekitar 1,5 cm bagian yang tidak terendam untuk penjepit alligator.
4. Dipindahkan lembaran grafit secara hati-hati ke tempat yang berbeda untuk proses *Electrochemical Exfoliation*.

3.5.1.2 Pembuatan EG dengan *Electrochemical Exfoliation* (Abdillah, et al., 2021).

1. Disiapkan 100 ml larutan elektrolit Ammonium Sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) dengan konsentrasi 0,25 M.
2. Dihubungkan lembaran grafit yang telah diberi *pre-treatment* pada kutub positif, dan elektroda grafit pada kutub negatif *power supply* DC.
3. Dimasukkan elektroda dalam larutan Ammonium Sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) dan dipastikan agar tidak tercelup secara keseluruhan.
4. Disambungkan power supply DC ke sumber listrik.
5. Diberikan bias potensial a konstan 10 V selama 3,5 jam pada elektroda.
6. Dicuci grafit terkelupas berulang kali menggunakan *aquades* sampai pH 7.0 tercapai.
7. Dikeringkan sampel dalam oven pada suhu 60°C selama 6 jam.
8. Didispersikan produk dalam DI water (1mg/1ml) menggunakan ultrasonikator bath selama dua jam.
9. Didiamkan sampel selama ± 24 jam untuk memisahkan partikel yang tidak terdispersi.
10. Dimasukkan kedalam microwave untuk diradiasi dengan varisasi waktu 0, 20, 25, 30 dan 35 menit.
11. Dikeringkan sampel dalam oven pada suhu 80°C selama 18 jam

12. Sampel diberi nama sesuai variasi waktu yang digunakan.

3.5.2 Preparasi Sampel EG untuk Karakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis (Dewi, 2019).

1. Dimasukkan 20 mg sampel bubuk ke dalam vial yang berisi 20 ml *DI water*.
2. Disonikasi selama 1 jam untuk melarutkan bubuk EG secara sempurna dalam *DI water*.
3. Didiamkan selama 24 jam agar serbuk sampel dalam *DI water* mengendap.
4. Dimasukkan kedalam wadah sampel menggunakan pipet tetes untuk pengujian lebih lanjut menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

3.5.3 Preparasi Sampel Untuk Karakterisasi menggunakan LCR Meter (Cahyani, 2019).

1. Ditimbang PVDF sebanyak 0,08 gram untuk kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass dan dilarutkan dengan 2 ml NMP.
2. Dipanaskan pada temperature 90° dengan kecepatan 250 rpm selama 15 menit.
3. Ditambahkan pada serbuk EG 0,1 gram secara sedikit demi sedikit hingga padu.
4. Dituang didalam cetakan berbentuk lingkaran hingga menjadi pelet.
5. Dikeringkan selama 1 jam.
6. Pengujian Menggunakan LCR meter.

3.6 Karakterisasi dan Rancangan Perhitungan

3.6.1 X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian pola difraksi dilakukan menggunakan sampel sebanyak 1 gram. Setelah pengujian, dilakukan analisis data XRD menggunakan aplikasi Origin

untuk mengetahui Ukuran kristal (D) dan jarak antar lapisan (d) yang kemudian dihitung menggunakan persamaan (Callister, 2014):

$$D = \frac{0,9 \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (3.1)$$

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \quad (3.2)$$

Tabel 3.1 Struktur kristal sampel

No	Sampel	FWHM	2θ	d (jarak antara lapisan)	D (Ukuran Kristal)
1	EG Tanpa Radiasi MW (EG MW-0)				
2	Radiasi MW 20 menit (EG MW-20)				
3	Radiasi MW 25 menit (EG MW-25)				
4	Radiasi MW 30 menit (EG MW-30)				
5	Radiasi MW 35 menit (EG MW-35)				

3.6.2 Spektrofotometry Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Hasil karakterisasi menggunakan FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada sampel dengan menampilkan grafik transmitansi dan nilai panjang gelombang kemudian dicocokkan dengan hasil penelitian dari jurnal referensi.

3.6.3 *Spektrofotometry Ultra Violet-Visible*

Spektrofotometri UV-Vis dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui nilai energi gap dari sampel, adapun rancangan percobaan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis adalah spektrum absorpsi dan panjang gelombang.
2. Data panjang gelombang (λ) digunakan untuk mencari photon energi ($h\nu$) dengan menggunakan persamaan (Kazmi, 2017):

$$h\nu = \frac{1240}{\lambda} \quad (3.3)$$

3. Data absorbansi (A) untuk mengetahui nilai α pada persamaan (Kazmi, 2017):

$$\alpha = 2.303 \times A \quad (3.4)$$

4. Data α dan $h\nu$ kemudian dimasukkan kedalam persamaan energi gap direct (Kazmi et al, 2017):

$$(\alpha h\nu)^2 \quad (3.5)$$

5. Kemudian dibuat plot grafik hubungan $h\nu$ dan $(\alpha h\nu)^2$ untuk energi gap direct.

3.6.4 *Inductance, Capacitance and Resistance-Meter (LCR-Meter)*

Pengujian menggunakan LCR meter dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui sifat listrik (konduktivitas dan kapasitansi) dari sampel. Uji sifat listrik dilakukan dengan LCR meter kemudian konduktivitas dapat dihitung dengan rumus (Fenny, 2019):

$$\sigma_{AC} = G \left(\frac{L}{A} \right) \quad (3.6)$$

Dimana σ , G , L dan A masing-masing adalah konduktivitas listrik (S/cm), konduktansi (S), ketebalan (cm) dan luas permukaan (cm^2) dengan G adalah $1/R$,

R adalah resistansi dari data LCR-Meter. Sedangkan nilai kapasitansi dapat diperoleh dari data hasil pengujian LCR.

3.6.5 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Hasil dari karakterisasi menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) berupa gambar morfologi sampel dengan beberapa perbesaran. Hasil diamati dan dibandingkan dengan hasil penelitian dari jurnal sebelumnya. Pada penelitian ini sampel yang akan diuji merupakan sampel dengan nilai konduktivitas tertinggi.

3.7. Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa data uji fisis dan kelistrikan. Struktur Kristal, gugus fungsi, energi gap serta morfologi dihasilkan dari pengujian secara fisis. Hasil pengujian menggunakan SEM yang dianalisis melalui perbandingan dengan gambar morfologi pada jurnal referensi.

Ukuran kristal dihitung dengan persamaan 3.1. Jarak antar lapisan pada sampel EG diperoleh dengan perhitungan menggunakan persamaan 3.2. Nilai FWHM diperoleh dengan melakukan plot data hasil uji menggunakan XRD kedalam aplikasi origin. Pengujian FTIR dilakukan untuk analisis gugus fungsi sampel dengan cara pengolahan data menggunakan aplikasi origin sehingga diperoleh grafik FTIR kemudian puncak-puncak pada grafik dibandingkan dengan literatur dan diperoleh gugus fungsi sampel tersebut.

Uji sifat listrik dilakukan menggunakan LCR Meter. Dengan alat tersebut didapatkan nilai resistivitas (R) dan Kapasitansi (C). Nilai resistivitas digunakan untuk menghitung konduktivitas listrik menggunakan persamaan 3.6. Nilai yang diperoleh kemudian dibandingkan untuk diketahui perubahan sifat listrik material

tersebut akibat radiasi gelombang mikro yang mengenainya. Sifat listrik terbaik ditunjukkan oleh sampel dengan nilai konduktivitas listrik tertinggi. Energi gap hasil perhitungan dari data pengujian menggunakan UV-Vis menjadi pendukung nilai konduktivitas, dimana secara teori semakin kecil nilai energi gap maka nilai konduktivitas semakin besar.

BAB IV

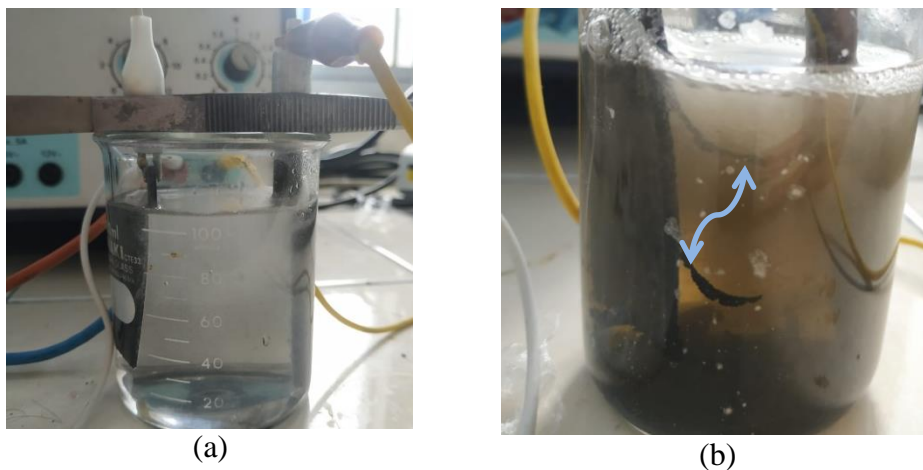
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan sifat listrik pada material *Exfoliated Graphite* (EG) terhadap radiasi gelombang mikro pada metode *Electrochemical Exfoliation*. Untuk mengetahui sifat fisis pada sampel, dilakukan beberapa karakterisasi seperti karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui ukuran kristal dan jarak antara lapisan kristal dari sampel. Pengujian menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) berfungsi untuk mengetahui gugus fungsi pada sampel. *Ultra Violet-Visible* (UV-Vis) digunakan untuk mengetahui nilai energi gap masing-masing sampel. Pengujian sifat listrik dilakukan menggunakan perangkat *Inductancy, Capacitancy and Resistancy-Meter* (LCR-Meter). Terakhir untuk mengetahui morfologi sampel digunakan perangkat *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

4.1.1 Sintesis EG dengan Metode Electrochemical Exfoliation

Sintesis diawali dengan tahapan *pre-treatment* sebagai ekspansi awal oleh O₂ yang mengisi rongga antar lapisan grafit, dan mengubah grafit menjadi bahan higroskopis sehingga diharapkan pengelupasan pada tahap *Electrochemical* akan berjalan maksimal (Abdillah, et al., 2021). Pada tahapan *Electrochemical* akan terjadi pengelupasan secara anodik dengan merangkai prekursor grafit pada sumbu positif seperti yang ditampilkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rangkaian elektrokimia (a) 10 menit (b) 2,5 jam

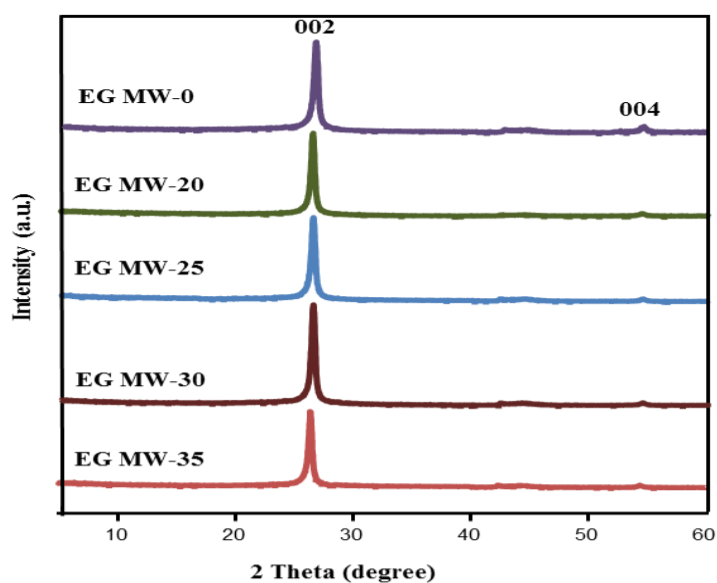
Perluasan lapisan grafit akan memfasilitasi interkalasi oleh ion sulfat SO_4^{2-} kedalam lapisan grafit. Terakhir reduksi anion SO_4^{2-} dan oksidasi H_2O akan menghasilkan gas seperti SO_2 dan O_2 . Gas-gas yang dihasilkan selama proses *Electrochemical* selanjutnya akan berperan dalam menyerang Gaya Van der Waals pada *interlayer* sehingga diperoleh lembaran grafit terkelupas sebagaimana yang ditunjukkan oleh gambar 4.1 (b).

Penambahan radiasi gelombang mikro pada metode ini akan memberikan efek panas yang mampu mereduksi oksigen serta menghasilkan gas hasil penguapan yang akan membantu mendorong keluar lapisan *graphite* (Murugan, 2021). Proses pemanasan berbantuan radiasi gelombang mikro melibatkan rotasi dipol. Dipol listrik, yaitu muatan positif parsial di satu ujung dan muatan negatif parsial di ujung lainnya. Dalam proses radiasi, dipol akan terus berputar untuk menyelaraskan diri dengan medan listrik bolak-balik gelombang mikro. Molekul yang berputar menabrak molekul lain dan menggerakkannya, sehingga terjadi dispersi energi. Energi ini, tersebar sebagai rotasi molekul, getaran dan translasi dalam padatan dan cairan menyebabkan terjadinya kenaikan suhu (Jha, 2021). gelombang mikro tidak bekerja maksimal pada semua molekul melainkan akan

sangat efektif bagi pelarut polar yang terdiri dari gugus fungsi O-H. Gelombang mikro memiliki panjang gelombang dan frekuensi yang mendekati frekuensi resonansi molekul air. Oleh sebab itu sampel yang disintesis menggunakan pelarut berupa air diharapkan mampu menyerap gelombang mikro secara maksimal. Seiring dengan pemanasan sampel akan terjadi pemutusan ikatan antara karbon dengan gugus fungsi yang mengandung oksigen. Sehingga diharapkan Semakin lama proses radiasi material *exfoliated graphite* dengan karakteristik rendah oksigen akan semakin banyak terbentuk.

4.1.2 Ukuran Kristal dan *d*-Spacing dari EG

Pengujian sampel EG dilakukan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) di Laboratorium Teknik Material Metalurgi ITS (Institut Teknologi Sepuluh November). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran kristal dan jarak antar lapisan sampel EG. Pola difraksi yang diperoleh ditampilkan seperti gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik difraksi sampel EG

Gambar 4.2 menunjukkan pola difraksi dengan puncak tajam disekitar $2\theta = 26^\circ$, dan puncak kecil yang muncul pada sekitar $2\theta = 54^\circ$ masing-masing sesuai dengan indeks bidang (002) dan (004) (Radon, 2017). Puncak-puncak ini merupakan ciri khas dari karbon grafit yang tersusun atas struktur heksagonal (Valapa, et al., 2017). Posisi tiap puncak masing-masing sampel dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Posisi puncak sampel EG

Sampel	Peak Position (deg)	FWHM (rad)	D(nm)	d-spacing (Å)
EG MW-0	26,4	0,53	15,39	3,37
EG MW-20	26,34	0,47	17,35	3,38
EG MW-25	26,38	0,51	15,99	3,37
EG MW-30	26,38	0,47	17,36	3,37
EG MW-35	26,34	0,48	16,99	3,38

Terlihat bahwa puncak grafit bergeser ke kiri menuju 2θ dengan nilai yang lebih rendah yaitu dari $2\theta = 26,4^\circ$ untuk sampel tanpa radiasi, kemudian bergeser kekiri hingga $2\theta = 26,34^\circ$ setelah diberikan radiasi gelombang mikro. Pergeseran ini juga dikenal sebagai tanda perluasan jarak antar lapisan grafit (*d-spacing*) (Abdillah, et al., 2021). Hal ini sejalan dengan hasil perhitungan menggunakan persamaan 4.1 yang dikenal sebagai Hukum Bragg (Callister, 2014).

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \quad (4.1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai *d-spacing* untuk sampel EG MW-0, EG MW-25, dan EG MW 30 sebesar $3,37 \text{ \AA}$ sedangkan untuk sampel EG MW-20 dan EG MW-35 diperoleh nilai *d* sebesar $3,38 \text{ \AA}$.

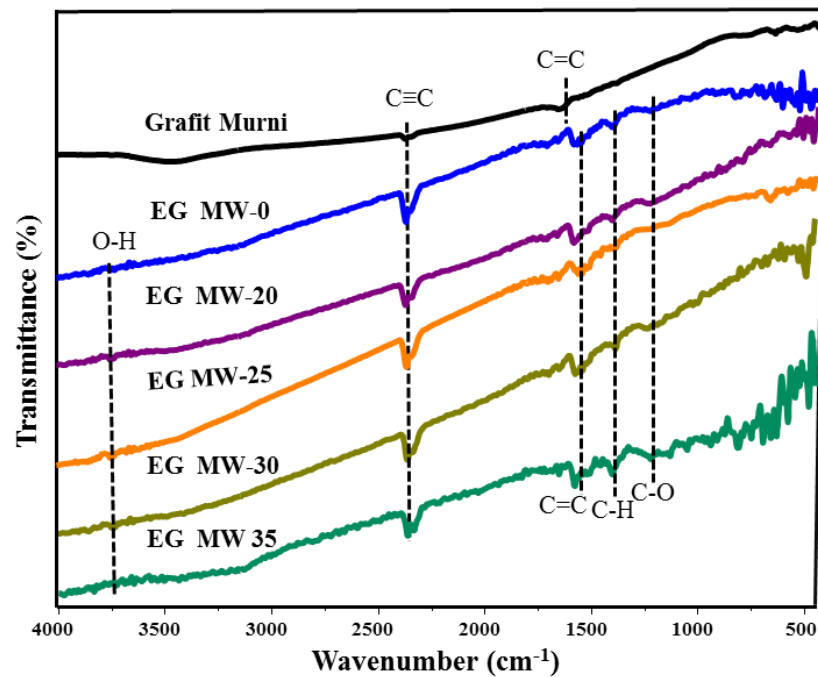
Hasil difraksi juga dapat dimanfaatkan untuk mengetahui ukuran kristal (D) melalui analisis lebih lanjut menggunakan *software* Origin yang bertujuan untuk memperoleh nilai FWHM. FWHM (*Full Half Maximum*) ialah lebar setengah puncak difraksi. Nilai FWHM kemudian disubstitusikan pada persamaan 4.2.

$$D = \frac{0,9 \lambda}{\beta \cos\theta} \quad (4.2)$$

Hasil perhitungan ukuran kristal (D) dapat dilihat pada tabel 4.1. secara garis besar terlihat bahwa nilai D meningkat dibandingkan dengan EG tanpa radiasi gelombang. Perubahan ini berkaitan dengan efek dari pemanasan oleh gelombang mikro menghasilkan gas uap air dengan energi yang cukup untuk mendorong lapisan grafit (Murugan, 2021). Seiring bertambahnya waktu radiasi kristal grafit akan bergerak secara acak saling menjauh kemudian mendekat kembali dan kembali menjauh. Hal ini kemudian menyebabkan perubahan susunan kristal menjadi fluktuatif terhadap pertambahan durasi waktu radiasi gelombang mikro. Pola yang serupa juga dilaporkan oleh Moosa (2021) bahwa bertambahnya lama waktu radiasi gelombang mikro menunjukkan perubahan yang fluktuatif terhadap ukuran kristal.

4.1.3 Gugus Fungsi Sampel EG

Pengujian sampel EG menggunakan FTIR yang terdapat di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas Saintek UIN Maliki Malang. Data yang dihasilkan dari pengujian ini adalah nilai transmittansi dan *wavenumber* yang kemudian diplot dalam bentuk grafik sebagaimana pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Grafik FTIR sampel

Teramati pada gambar 4.3 bahwa sampel graphite yang disintesis dengan metode *Electrochemical Exfoliation* menunjukkan banyak lembah baru yang mengindikasikan sampel telah mengalami oksidasi. Secara keseluruhan teramati bahwa sampel EG pada seluruh variasi perlakuan memiliki lembah yang serupa satu sama lain. Sehingga gugus fungsi yang teridentifikasi pada sampel EG sama untuk semua variasi perlakuan. Posisi puncak masing masing sampel dapat diamati pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Gugus fungsi sampel EG

Sampel	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Nama Senyawa
Grafit	2358	C≡C	Alkena
	1648	C=C	Aromatik
EG MW-0	3650	O-H	Hidroksil
	2362	C≡C	Alkena
	1568	C=C	Aromatik
	1300	C-H	Karboksil

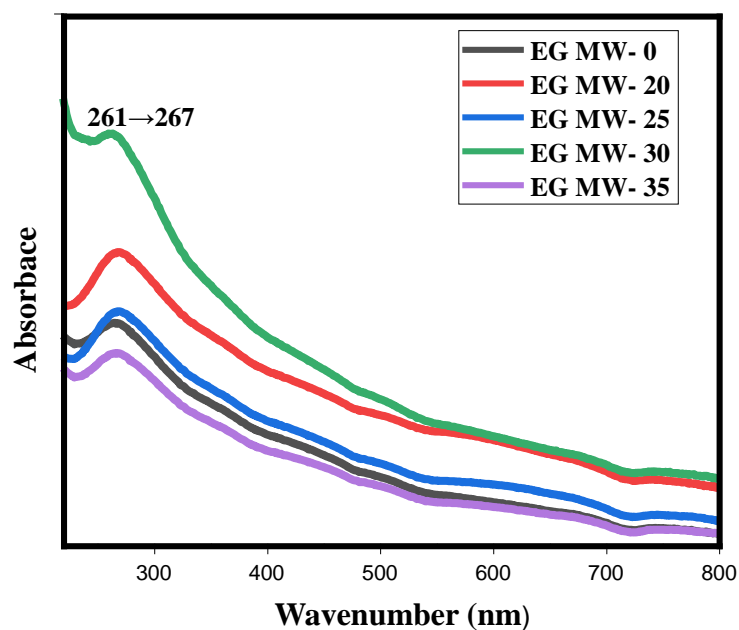
	1200	C-O	Epoksi
EG MW-20	3653	O-H	Hidroksil
	2364	C≡C	Alkena
	1570	C=C	Aromatik
	1350	C-H	Karboksil
	1222	C-O	Epoksi
EG MW-25	3657	O-H	Hidroksil
	2366	C≡C	Alkena
	1570	C=C	Aromatik
	1350	C-H	karboksil
	1222	C-O	Epoksi
EG MW-30	3720	O-H	Hidroksil
	2366	C≡C	Alkena
	1600	C=C	Aromatik
	1388	C-H	karboksil
	1234	C-O	Epoksi
EG MW-35	3720	O-H	Hidroksil
	2366	C≡C	Alkena
	1600	C=C	Aromatik
	1400	C-H	karboksil
	1260	C-O	Epoksi

Tabel 4.2 lembah pada semua variasi perlakuan yang seragam pada sekitar $3300-3700\text{ cm}^{-1}$, $\sim 2360\text{ cm}^{-1}$, $1650-1566\text{ cm}^{-1}$, $1400-1300\text{ cm}^{-1}$, $1180-1260\text{ cm}^{-1}$, yang mengindikasikan keberadaan gugus fungsi O-H, C≡C, C=C, C-H, C-O. Gugus fungsi tersebut serupa dengan sampel EG yang dilaporkan oleh Abdillah (2021). Keberadaan oksigen kemungkinan besar disebabkan oleh pengaruh pre-treatment dan proses *Electrochemical Exfoliation*. Larutan Hidrogen Peroksida dan Asam sulfat akan berperan sebagai oksidan yang menyebabkan difusi O_2

kepermukaan karbon (Adrian, 2020). Selanjutnya ekspansi gas seperti SO_2 dan O_2 selama berlangsungnya pengelupasan elektrokimia juga memberikan peranan besar terkait keberadaan gugus fungsi oksigen dalam sampel. Adanya regangan C–O pada EG menunjukkan bahwa prekursor *Graphite* telah teroksidasi oleh H_2O (Nifas, et al., 2019). Peregangan hidroksil (OH) sedang dan tajam sekitar $3400\text{--}3700\text{ cm}^{-1}$, yang sesuai dengan getaran molekul air yang teradsorpsi (H_2O) dalam sampel akhir. Adanya lembah pada sekitar $1500\text{--}1648\text{ cm}^{-1}$ disebabkan oleh getaran peregangan C=C yang mengindikasikan bahwa atom karbon semua sampel masih terkemas rapat dalam struktur heksagonal (Lan, et al., 2019).

4.1.4 Nilai Energi gap Sampel EG

Pengujian sampel EG menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia UIN Malang. Data yang dihasilkan dari pengujian ini adalah nilai absorbansi dan panjang gelombang. Hasil uji Spektrofotometer UV-Vis diolah untuk mencari nilai energi gap masing-masing sampel. Hasil uji masing-masing sampel sebagaimana yang ditampilkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. grafik serapan UV-Vis

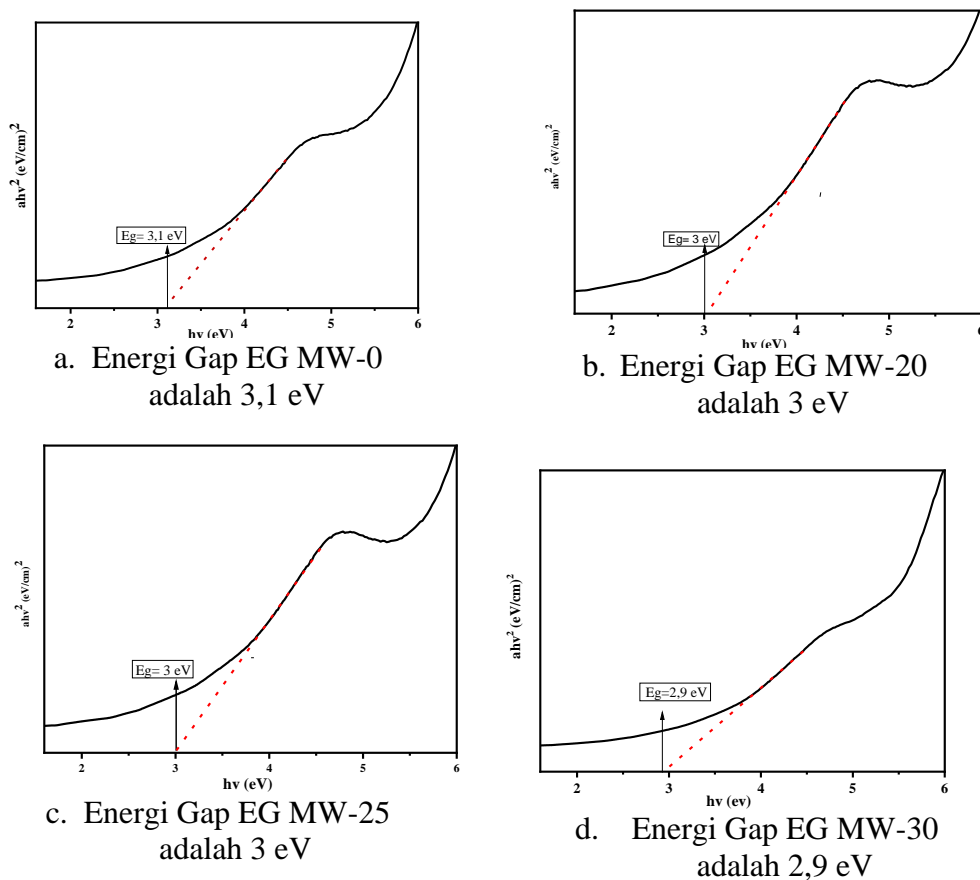
Gambar. 4.3 menunjukkan sampel EG memiliki puncak serapan sekitar 261→ 267 nm dikaitkan dengan transisi elektronik dari tingkat energi $\pi \rightarrow \pi^*$ disebabkan oleh adanya gugus fungsi C=C (Abozed, et al. 2021). Nilai energi gap dapat ditentukan dengan menarik garis linier dari ujung kurva koefisien absorpsi yang berpotongan dengan sumbu x. Titik perpotongan tersebut menyatakan lebar energi gap dari sampel.

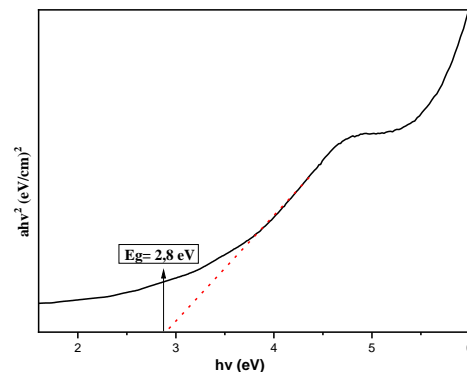
Metode *Tauc plot* yaitu metode penentuan celah optik dengan melihat grafik linear hubungan E (eV) pada sumbu- x dan $(\alpha h\nu)^2$ pada sumbu-y. Dengan,

$$E \text{ (eV)} = h\nu \text{ atau } h\frac{c}{\lambda} \quad (4.3)$$

$h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s dan $c = 3 \times 10^8$ m/s

Hasil perhitungan kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.4





e. Energi Gap EG MW-35
adalah 2,8 eV

Gambar 4. 4 Grafik nilai energi gap sampel EG

Gambar 4.4 menunjukkan nilai energi gap untuk EG tanpa radiasi gelombang mikro (MW-0) dan EG dengan variasi waktu radiasi gelombang mikro dengan nilai energi gap sebagaimana pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Nilai energi gap sampel EG

No.	Sampel	Energi gap(eV)
1.	EG MW-0	3,1
2.	EG MW-20	3
3.	EG MW-25	3
4.	EG MW-30	2,9
5.	EG MW-35	2,8

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai energi gap mengalami perubahan setelah diberikan radiasi gelombang mikro. Nilai energi gap menurun dari 3,1 eV untuk EG MW-0 menjadi 2,8 eV pada EG MW-35.

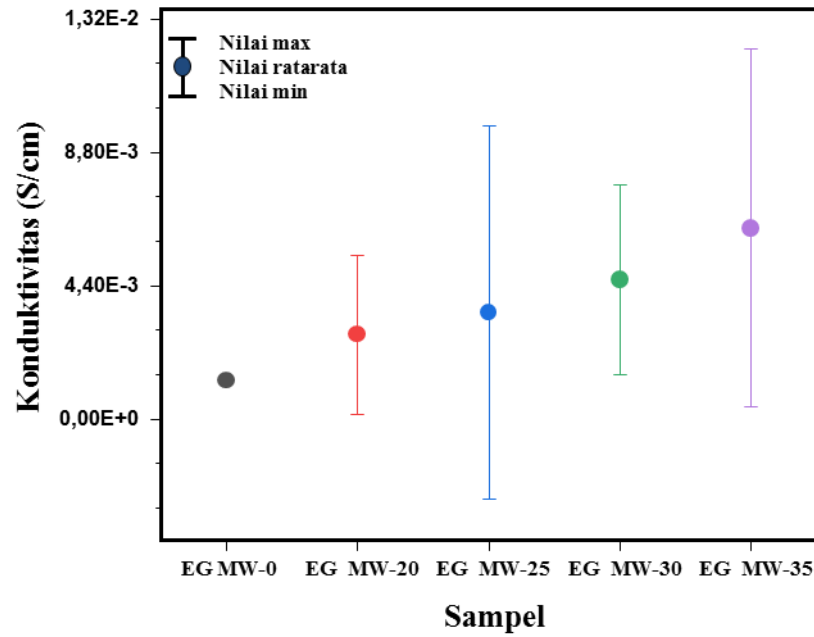
4.1.5 Sifat listrik sampel EG

Sifat listrik diukur menggunakan LCR–Meter Hioki 3532-50 LCR HiTESTER dengan bantuan HIOKI L2001 PINGKER PROBE. dengan memberikan input nilai frekuensi dari 600 KHz. Konduktivitas listrik diperoleh dengan memasukkan nilai hambatan yang didapat dari uji LCR Meter pada persamaan 4.3.

$$\sigma_{ac} = G(\omega) \left(\frac{L}{A} \right) \quad (4.4)$$

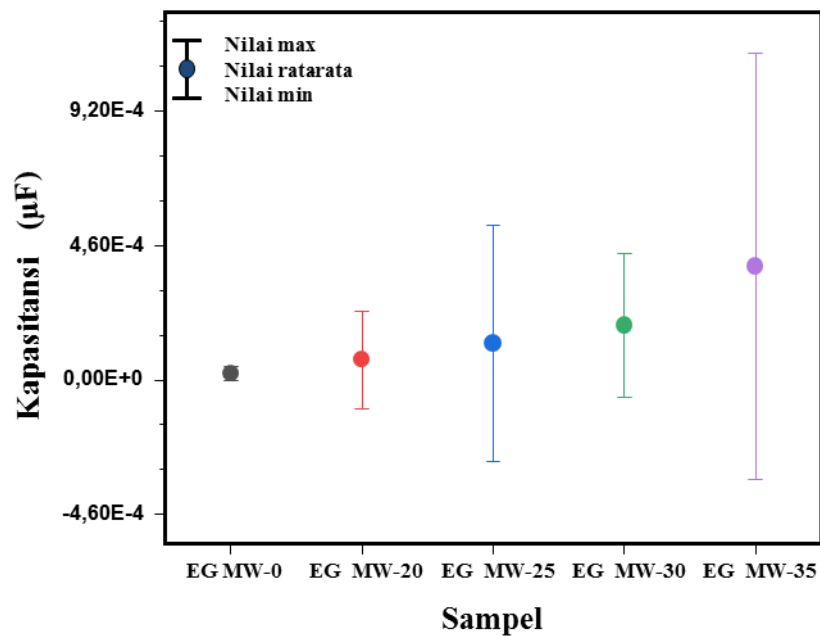
$$G(\omega) = \frac{1}{R} \quad (4.5)$$

Dimana σ , G , L , A dan R masing-masing adalah konduktivitas listrik (S/cm), konduktansi (S), ketebalan (cm) dan luas permukaan (cm²), hambatan (Ω). Hasil perhitungan konduktivitas kemudian direpresentasikan seperti gambar 4.5.



Gambar 4.5 Nilai konduktivitas dari sampel EG

Selanjutnya nilai kapasitansi yang diperoleh dari hasil pengujian menggunakan LCR-Meter diplot dalam grafik sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Nilai kapasitansi sampel EG

Secara lebih jelasnya nilai rata-rata dari konduktivitas dan kapasitansi sebagaimana yang disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai rata-rata dari konduktivitas dan kapasitansi sampel EG

Sampel	Konduktivitas (S/cm)	Kapasitansi (μF)
EG MW-0	$1,2 \times 10^{-3} \pm 1,3 \times 10^{-5}$	$0,2 \times 10^{-4} \pm 9,8 \times 10^{-6}$
EG MW-20	$(2,7 \pm 1) 10^{-3}$	$0,6 \times 10^{-4} \pm 6,74 \times 10^{-5}$
EG MW-25	$(3,5 \pm 2,4) 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-4} \pm 1,6 \times 10^{-4}$
EG MW-30	$(4,5 \pm 1,2) 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-4} \pm 9,9 \times 10^{-5}$
EG MW-35	$(6,2 \pm 2,3) 10^{-3}$	$3,8 \times 10^{-4} \pm 2,9 \times 10^{-4}$

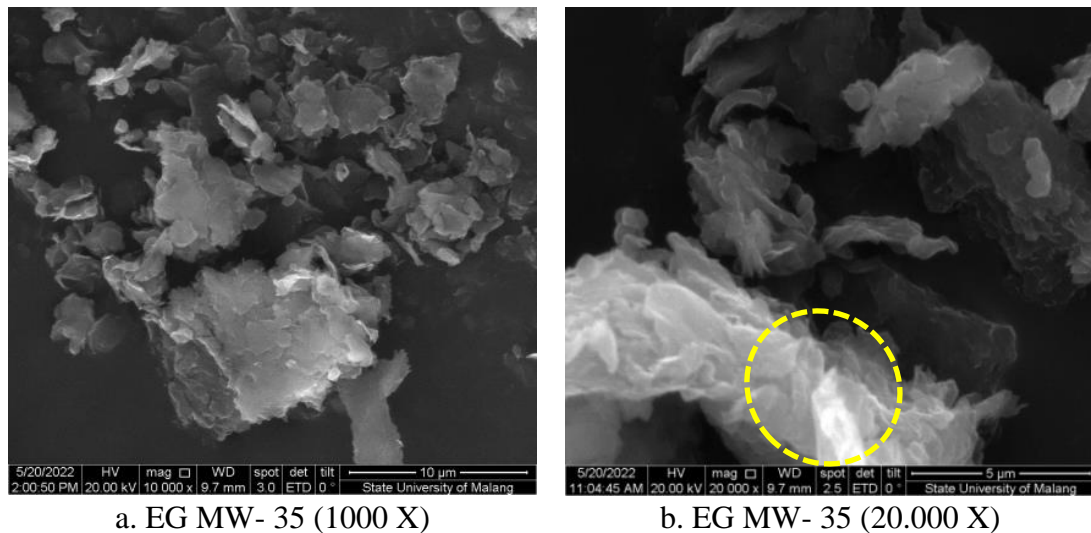
Tabel 4.4 menunjukkan nilai rata-rata dari konduktivitas dan kapasitansi yang meningkat seiring dengan bertambahnya waktu radiasi gelombang mikro. Hal ini disebabkan oleh pemanasan selama proses radiasi berlangsung. Molekul yang berputar menabrak molekul lain sehingga ion-ion bermuatan berdekatan dengan molekul tak bermuatan. Molekul yang tidak bermuatan menjadi bermuatan karena pengaruh partikel bermuatan lainnya disebut dipol. Proses inilah yang dinamakan induksi dipol. Semakin banyak dipol-dipol yang terbentuk maka akan semakin banyak partikel bermuatan dalam sampel yang dapat mempengaruhi daya hantar listrik. Kemampuan suatu sampel dalam menghantarkan listrik disebut konduktivitas. Sehingga, dapat dikatakan bahwa jika muatan dalam sampel semakin banyak maka, semakin besar pula nilai konduktivitasnya (Yanti, 2019). sedangkan hubungan konduktivitas dan kapasitansi dapat dipahami melalui persamaan 4.6 (Hong, 2015).

$$C = \frac{\sigma A}{R \omega^2 L} \quad (4.7)$$

Dengan C , σ , ω , A , l dan R berturut-turut adalah kapasitansi listrik, konduktivitas listrik (S/cm), frekuensi sudut ($2\pi f$) (rad/dt), luas penampang sampel (cm^2), tebal sampel (cm) dan resistansi uji.

4.1.6 Morfologi dari EG MW-35

Karakterisasi menggunakan SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi sampel EG yang terbentuk. Morfologi sampel pada perbesaran 1000 dan 20.000 kali sebagaimana yang ditampilkan oleh gambar 4.7.



Gambar 4.7 Morfologi MW-35 berdasarkan pengujian dengan SEM

Interlayer EG merupakan komponen berukuran nano yang dapat bergerak saling menjauh satu sama lain sehingga luas permukaan dan ukuran pori meningkat (Reyna, 2020). Gambar 4.7 menunjukkan morfologi sampel pada perlakuan radiasi gelombang mikro selama 35 menit. Munculnya permukaan yang terlihat transparan mengindikasikan terbentuknya lapisan tipis yang merupakan karakteristik terbentuknya EG.

4.2 Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan yang terjadi terhadap material *Exfoliated Graphite* (EG) akibat pemanasan berbantuan radiasi gelombang mikro pada metode *Electrochemical Exfoliation*. Analisis dilakukan pada 5 variasi waktu radiasi gelombang mikro yaitu 0, 20, 25, 30, dan 35 menit. Masing-masing diwakili kode berturut-turut EG MW-0, EG MW-20, EG MW-25, EG MW-30, dan EG MW-35.

Karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) bertujuan untuk mengetahui ukuran kristal dan jarak antar lapisan sampel EG. Pengujian ini dilakukan dengan range sudut 2θ antara 5° - 60° dan panjang gelombang sebesar $1,54 \text{ \AA}$. Selain itu Difraksi sinar-X juga penting dilakukan untuk mengetahui apakah prekursor *Graphite* telah terkelupas menjadi EG. Hasil pengujian sampel EG menggunakan XRD sebagaimana yang ditampilkan pada gambar 4.2. Dari gambar tersebut dapat diamati bahwa grafik pola difraksi dengan puncak tajam yang seragam pada 2θ di sekitar 26° . Pola grafik difraksi sinar X pada sampel menunjukkan penurunan intensitas seiring dengan peningkatan waktu radiasi gelombang mikro. Hal ini mengindikasikan semakin rendahnya jumlah lapisan grafit sehingga dapat diasumsikan bahwa proses pengelupasan grafit berhasil dilakukan. Hasil perhitungan *d-spacing* dan ukuran kristal (D) dapat dilihat pada tabel 4.1. secara garis besar dapat diamati bahwa graphite mengalami peningkatan ukuran yang kemungkinan disebabkan oleh ekspansi gas selama proses pemanasan oleh gelombang mikro (Murugan, 2021). Reyna (2020) menjelaskan bahwa ekspansi perluasan graphite akan menyebabkan kerapatan menurun dan luas permukaan meningkat hal ini akan berdampak baik karena material memiliki ruang yang lebih untuk menyimpan elektron.

Karakterisasi dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam sampel. Pemberian radiasi gelombang mikro pada sampel bertujuan untuk mereduksi oksidan yang berekspansi selama proses elektrokimia. Hadirnya gugus fungsi yang mengandung oksigen seperti senyawa epoksi Tabel 4.2 lembah pada semua variasi perlakuan yang seragam pada sekitar $3300\text{-}3700\text{ cm}^{-1}$, $\sim 2360\text{ cm}^{-1}$, $1650\text{-}1566\text{ cm}^{-1}$, $1400\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$, $1180\text{-}1260\text{ cm}^{-1}$, yang mengindikasikan keberadaan gugus fungsi O-H, C \equiv C, C=C, C-H, C-O. Gugus fungsi tersebut serupa dengan sampel EG yang dilaporkan oleh Abdillah (2021). Hal yang perlu diperhatikan ialah lembah lembah pada panjang gelombang sekitar 3700 cm^{-1} yang merupakan ciri khas dari ikatan OH. Melemahnya lembah ini dapat disebabkan oleh semakin berkurangnya kandungan dari oksigen pada EG setelah diradiasikan dengan mikrowave selama 35 menit karena umumnya oksigen memberikan ikatan kuat yang ditandai dengan lembah yang dalam pada spektrum FTIR (Yanti, 2019). Pengurangan gugus fungsi oksigen merupakan pertanda baik bagi sifat listrik sampel, karena oksigen berlebihan akan mengganggu transpor elektron dalam bahan (Abdillah, 2021).

Pengetahuan tentang nilai energi gap sangat perlu didapatkan untuk mengetahui seberapa besar energi yang diperlukan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi. Semakin kecil nilai energi gap suatu sampel maka material tersebut semakin bagus sifat listriknya. Kecilnya celah pita akan memudahkan elektron untuk berpindah dari pita valensi ke pita konduksi. Banyaknya jumlah elektron yang berpindah ke pita konduksi maka akan memperbanyak terjadinya arus listrik yang mengakibatkan besarnya konduktivitas material tersebut (Yanti, 2019).

Hasil perhitungan energi gap yang ditunjukkan oleh gambar 4.4 terlihat mengalami penurunan setelah diberikan paparan radiasi gelombang mikro dari 3,1 eV untuk sampel MW-0 menjadi 2,8 eV pada sampel MW-35. Penyempitan celah pita dapat dijelaskan oleh keadaan cacat akibat oksigen di sekitar pita valensi. Ketika konsentrasi oksigen berkurang seiring dengan pemanasan oleh radiasi gelombang mikro maka tekanan parsial oksigen juga berkurang dan menyebabkan penyempitan celah pita. Semakin banyak kekosongan oksigen maka semakin kecil celah pitanya (Liu, . Et al, 2013).

Hasil karakterisasi menggunakan LCR-Meter menunjukkan bahwa EG dengan paparan gelombang mikro berhasil meningkatkan nilai konduktivitas listrik dan kapasitansi dari sampel EG. Pada gambar 4.5 teramati bahwa nilai rata-rata konduktivitas untuk sampel tanpa radiasi gelombang mikro (EG MW-0) adalah $1,2 \times 10^{-3}$ S/cm mengalami peningkatan $6,2 \times 10^{-3}$ S/cm setelah diradiasikan selama 35 menit. Nilai konduktivitas listrik mengindikasikan sampel merupakan kategori semikonduktor. Konduktivitas listrik semikonduktor berada pada rentang 10^{-8} - 10^3 S/cm (Callister, 2007). Peningkatan nilai konduktivitas setelah paparan gelombang mikro kemungkinan besar disebabkan oleh adanya gerak antar molekul ketika dikenai radiasi, Molekul yang berputar menabrak molekul lain sehingga ion-ion bermuatan berdekatan dengan molekul tak bermuatan. Molekul yang tidak bermuatan menjadi bermuatan karena pengaruh partikel bermuatan lainnya disebut dipol. Proses inilah yang dinamakan induksi dipol. Semakin banyak dipol-dipol yang terbentuk maka akan semakin banyak partikel bermuatan dalam sampel yang dapat mempengaruhi daya hantar listrik. Kemampuan suatu sampel dalam menghantarkan listrik disebut konduktivitas. Sehingga, dapat dikatakan bahwa jika muatan dalam sampel semakin banyak

maka, semakin besar pula nilai konduktivitasnya (Yanti, 2019). Nilai kapasitansi yang diperoleh melalui data LCR-meter teramati mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu radiasi gelombang mikro. Kapasitansi sampel EG MW-0, EG MW-20, EG MW-25, EG MW-30, EG MW-35 berturut-turut $0,2 \times 10^{-4} \mu\text{F}$, $0,6 \times 10^{-4} \mu\text{F}$, $1,2 \times 10^{-4} \mu\text{F}$, $1,8 \times 10^{-4} \mu\text{F}$, $3,8 \times 10^{-4} \mu\text{F}$. Peningkatan nilai kapasitansi kemungkinan besar disebabkan adanya pemanasan yang cepat oleh radiasi gelombang sehingga uap air hasil penguapan memiliki energi yang cukup dalam menekan keluar lapisan grafit sehingga meningkatkan jarak antar lapisan (Murugan, 2021).

Peningkatan kapasitansi yang sebanding dengan konduktivitas sesuai dengan harapan, karena perlakuan eksfoliasi kerap kali menyebabkan cacat dan menurunkan konduktivitasnya. Kondisi ini dapat menjadi rekomendasi kriteria elektroda yang baik yaitu memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi dengan konduktivitas yang relatif tinggi. Konduktivitas listrik pada elektroda harus dipilih yang optimal sehingga tidak mengurangi kontribusi elektroda sebagai penyimpan muatan maupun sebagai elektroda konduktif. Namun penggunaan konduktor seperti logam juga tidak direkomendasikan karena menyebabkan elektroda tidak dapat menyimpan muatan ion-ion elektrolit (Iro., et al, 2016). Faktor penting yang mempengaruhi kinerja elektrokimia adalah luas permukaan spesifik, bentuk dan struktur pori, distribusi ukuran pori, fungsionalitas permukaan dan konduktivitas listrik. Memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi dalam kasus bahan karbon, menghasilkan kemampuan tinggi untuk akumulasi muatan pada antarmuka elektroda dan elektrolit (Abimanyu., et al, 2021).

4.3 Aplikasi Gelombang Mikro pada Sintesis Material *Exfoliated Graphite* (EG) dalam Perspektif Islam.

Sebagai seorang saintis muslim tentu telah menjadi kewajiban untuk terus membaca dan mencari pelajaran dari segala apa yang berada di muka bumi tak terkecuali dengan keberadaan gelombang mikro yang telah banyak dikembangkan oleh peneliti, dimana usaha tersebut sejalan dengan firman Allah dalam Q.S Al-Nahl ayat 13 yang berbunyi:

وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ وَالنُّجُومَ مُسَخَّرَاتٍ بِأَمْرِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ
(١٢) وَمَا ذَرَأَ لَكُمْ فِي الْأَرْضِ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَذَّكَّرُونَ (١٣)

Artinya : Dan Dia menundukkan malam dan siang, matahari dan bulan untuk kalian. Dan bintang-bintang itu ditundukkan (untuk kalian) dengan perintah-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memahaminya(12). Dan Dia (menundukkan pula) apa yang Dia ciptakan untuk kamu di bumi ini dengan berlain-lainan macamnya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang mengambil pelajaran”.

Dalam tafsir ibnu katsir dijelaskan bahwa melalui ayat ini Allah SWT ingin mengingatkan hambaNya bahwa segala apa yang berada di muka bumi baik benda langit, kekayaan alam termasuk berbagai fenomena seperti adanya cahaya dan sinar untuk menerangi di kegelapan dan gelombang elektromagnetik yang dapat digunakan sebagai radar, kesemuanya merupakan bagian dari karunia dan kekuasaan yang berada dibawah kendali-Nya. kalimat dalam ayat ke-13 “ وَمَا ذَرَأَ لَكُمْ ” *وَمَا ذَرَأَ لَكُمْ ”* memberikan penegasan bahwa berbagai cipataan-Nya yang beraneka ragam tersebut tunduk dan berjalan dimuka bumi mengikuti ketetapan yang telah diatur oleh Allah SWT. Masing-masing beredar di garis edarnya yang telah ditetapkan oleh Allah Swt. Masing-masing darinya bergerak dengan gerakan yang telah ditentukan, tidak bertambah, tidak pula berkurang dari apa yang telah ditetapkan untuknya. Dalam hal ini kita wajib meyakini bahwa segala penciptaan tersebut memiliki tujuan serta manfaat bagi kehidupan manusia. Akan tetapi

dalam ayat ini juga disinggung bahwa *ibroh* dari ciptaan-Nya hanya mampu didapatkan bagi kaum yang mau memahami (*ya'qilun*) dan serta mengingat-ngiat kebesaran Allah (*yadzakkarun*)

Lafadz *ya'qilun* merupakan kata kerja (*fi'il*) yang berasal dari kata bahasa arab 'aql (عقل) yang berarti akal, fikiran. Dalam bahasa Indonesia, akal berarti alat berpikir, daya pikir (untuk mengerti, pikiran, ingatan). Akal adalah daya pikir dalam diri manusia dan salah satu daya jiwa yang mengandung arti berfikir, memahami, dan mengerti. Manusia berdasarkan akalnya dapat dibagi kepada empat tingkatan, yaitu, pertama: manusia yang mampu memahami kekuasaan dan kemampuan Allah juga tentang janji dan ancamannya. Kedua, Manusia yang dapat memahami semua kebesaran dan kebenaran Tuhan, tetapi mereka menentangNya demi merenggut kenikmatan dunia. Ketiga, manusia yang mengingkari kebenaran dan tidak bersedia mendekatinya. Mereka menentang kebenaran tersebut, bahkan mengira berada di pihak yang benar padahal mereka berada di ujung kesesatan. Keempat, adalah manusia yang sanggup memahami kebesaran Tuhan sebagai Zat Yang Maha Tunggal dalam mengelola alam raya ini. Golongan ini meyakini bahwa keberhasilan hidup hanya dapat dicapai dengan berpegang teguh pada keimanan terhadap-Nya (Zein, 2017).

Lafadz *Yadzakkarun* mengandung makna mendalam bahwa bukti dan kekuasaan-Nya yang nyata serta agung hanya dapat dipahami bagi kaum yang memikirkan tentang Allah dan memahami bukti-bukti nyata yang telah ditunjukkan oleh-Nya sehingga dengan nikmat tersebut ia mampu mensyukurinya dengan memanfaatkannya semaksimal mungkin (Dr. Abdullah, et al., 2003).

Berdasarkan uraian-uraian sebelumnya dapat dipahami bahwa serangkaian proses eksperimen serta analisis data merupakan suatu upaya mengamalkan

perintah Allah SWT dalam mensyukuri nikmatnya dengan memanfaatkan secara maksimal indra serta akal yang diberikan untuk mencari *ibrah* dari ciptaan-Nya khususnya terkait keberadaan gelombang mikro serta manfaat yang mungkin dapat diambil guna pengembangan *properties* dari EG.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang didapatkan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengujian menggunakan XRD menunjukkan sampel EG setelah diradiasikan dengan gelombang mikro selama 35 menit mengalami peningkatan *d-spacing* dari 3,37 Å menjadi 3,38 Å dengan ukuran kristal sebesar 16,99 nm. Karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan semua sampel EG mengandung gugus fungsi O-H, C≡C, C=C, C-H, dan C-O. Energi gap terkecil adalah 2,8 eV ditunjukkan oleh sampel dengan lama radiasi gelombang mikro selama 35 menit.
2. Penambahan radiasi gelombang mikro menunjukkan peningkatan nilai konduktivitas dan kapasitansi. Nilai rata-rata konduktivitas dan kapasitansi tertinggi sebesar $6,2 \times 10^{-3}$ S/cm dan $3,8 \times 10^{-4}$ μF ditunjukkan oleh sampel dengan durasi radiasi gelombang mikro selama 35 menit. Hal ini dikaitkan dengan pemanasan dengan radiasi gelombang mikro yang membantu mereduksi oksigen serta memaksimalkan ekspansi lapisan grafit.
3. Morfologi sampel pada perlakuan radiasi gelombang mikro selama 35 menit menunjukkan struktur lapisan tipis yang merupakan karakteristik terbentuknya EG.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan melakukan variasi daya *microwave*. Sehingga pengaruh dari pemanasan dengan bantuan radiasi gelombang mikro dapat dipelajari secara lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Oktaviardi Bityasmawan, Octavia Floweri, dan Tirta Rona Mayangsari. "Effect of H₂SO₄/H₂O₂ Pre-treatment on Electrochemical Properties of *Exfoliated Graphite* prepared by an Electro-Exfoliation Method." RSC Advances, no. 11 (2021): 10881–10890.
- Abozed M. "Preparation, characterization, and nonlinear optical properties of Graphene oxide thin film doped with low chirality metallic SWCNTs". Egypt : Journal Material research and technology, 2021. - Vol. 1 2.
- Aisyah, Nur. "Pengaruh Konsentrasi Grafit Eksfoliasi Dan Pengikat Silang Glutaraldehyd, Trisodium Sitrat, Dan Sodium Tripolifosfat Terhadap Konduktivitas Dan Karakteristik Film Kitosan." Skripsi. Medan: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas, 2018.
- Cahyani, Feny Fefiyanti Marta. "Pengaruh Variasi Konsentrasi HCl Terhadap Karakteristik Material rGO (Reduced Graphene Oxide) dari Bulu Ayam dengan Metode Chemical Exfoliation." Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Malang, Malang, 2019.
- Cai Minzhen and Thorpe Danil. "Methods of Graphite exfoliation". Journal Of Material Chemistry. 2012. Vol. 22. - pp. 24992-25002.
- Callister, William D. *Materials Science and Engineering: An Introduction: 9th Edition*. USA: Wiley, 2014.
- Charlier J.C. and Eklund P.C. "Electron and Phonon Properties of Graphene: Their Relationship with Carbon Nanotubes". Carbon Nanotubes. - 2008. - Vol. 111. - pp. 673-709.
- Chung D. D. L." A review of *Exfoliated Graphite*". J Mater Sci. - 2015. - 1 : Vol. 51. - pp. 554-568.
- Departemen Agama. *Al-Quran dan Tafsirnya: Jilid*. Jakarta : Lentera Abadi, 2010.
- Dewi, Rindu Laksmi. "Pengaruh Variasi Konsentrasi H₂SO₄ terhadap Karakteristik Material Graphene Oksida Tereduksi (rGO) dari Bulu Ayam dengan Metode Chemichal Exfoliation." Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Malang, Malang, 2019.
- Dr. Abdullah and Dr. Abdurrahman. *Tassir Ibnu Katsir (jilid 5)*. Bogor : Pustaka Imam Syafi'i, 2003.

- Geim A.K and Novoselov. "The Rise Of Graphene". Nature Materials. 2007. Vol. 6. pp. 183-191.
- Hong, X., & Chung, D. D. L. "Exfoliated graphite with relative dielectric constant reaching 360, obtained by exfoliation of acid-intercalated graphite flakes without subsequent removal of the residual acidity". Carbon. 2015. 91, 1–10. doi:10.1016/j.carbon.2015.04.042.
- Hossaina, Shaikh T dan Wang, "Electrochemical Exfoliation of Graphite: Effect of Temperature". Electrochimica Acta. 2016.
- Jehad, Ala K, Kema Kocabas, dan Metin Yurddaskal. "A comparative study for producing few layer Graphene sheets via electrochemical and microwave assisted exfoliation from Graphite powder." Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2020.
- Jha, Anjali. "Microwave Assisted Synthesis of Organic Compounds and Nanomaterials." Nanofibers - Synthesis, Properties and Applications. 2021.
- Johal Sukhraaj. "Chemical Exfoliation of Graphene and Other 2D-Materials" .Thesis. Faculty of Engineering and Physical Science ; University of Manchester. - Manchester : 2013.
- Kazmi, S.A. "Electrical and Optical Properties of Graphene TiO₂ Nanocomposites and its applications in Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)." Journal of Alloy and Compounds. 2017: 659-665.
- Kurt Vahit. "Optimization of Graphene Synthesis by *Electrochemical Exfoliation* of Graphene". Metallurgical and Materials Engineering. Middle East Technical University. Ankara. 2019.
- Lan Ruijia, Su Wenbin and Jitai Li. "Preparation and Catalytic Performance of Expanded Graphite for Oxidation of Organic Pollutant" . MDPL. China. 2019.
- Le Li, Dan Zhang, Jianping Deng, dan Junfei Fang. "Review—Preparation and Application of Graphene-Based Hybrid Materials through Electrochemical Exfoliation.". The Electrochemical Society. 2020.
- Lee, X, B Hiew, dan i Lai. "Review on Graphene and its derivatives: Synthesis methods and potential industrial implementation". Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engi. 2018.

- Liu Fei, Wang Chaojun and Sui Xiao. "Synthesis of Graphene Materials by Electrochemical Exfoliation: Recent Progress and Future Potential (Review)". Carbon Energy. 2019.
- Liu, H., Zeng, F., Lin, Y., Wang, G., & Pan, F. "Correlation of oxygen vacancy variations to band gap changes in epitaxial ZnO thin films". Applied Physics Letters. 2013. 102(18), 181908. doi:10.1063/1.4804613.
- Murugan a, Preethika. Nagarajan Ramila D. Govindasamy, Mani b and Ashok K. Sundramoorthy. "Recent trends in the applications of thermally expanded graphite for energy storage and sensors – a review". Nanoscale Adv. India. 2021.
- N. Liu F, Luo H and Wu Y. "One-Step Ionic-Liquid-Assisted Electrochemical Synthesis of Ionic-Liquid-Functionalized Graphene Sheets Directly from Graphite". Adv. Funct. Mater. 2008.
- Nifas Galen Noel G and Forteza Rex S Synthesis of Activated Carbon/Chitosan Composites and Expanded Graphite for Symmetric Supercapacitor". Pampanga : J Material Sci Eng. 2019.
- Obodo Raphael Mmaduka, Ahmad Ishaq and Ifea Fabian. "Introductory Chapter: Graphene and Its Applications". IntechOpen. 2019.
- Olabi, A.G, Mohammad Ali Abdelkareem, Tabbi Wilberforce d, dan Enas Taha Sayed. "Application of Graphene in energy storage device – A review." Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2020.
- Owen T. *Fundamental of Modern UV-Visible Spectroscopy*. Berlin : Agilent Technologies, 2000.
- Parvez K. and Wu Z. S. Exfoliation of Graphite into Graphene in Aqueous Solutions of Inorganic Salts. *J.Am. Chem. Soc.* - 2014. - 136 : Vol. 16. - pp. 6083-6091.
- Pertiwi, P. K, dan T Oktafiana. "Uji Konduktivitas Listrik pada CaCO₃ dan Arang Kayu dengan Metode Four Point Probe." Fisika Laboratorium - Lab Material, 2015: 1-5.
- Pumera M., dan Ambrosi A. "Chemistry." A European Journal, 2015: 435-435.
- Reyna, R., Espinoza-Andaluz, M., & Rigail, A. (2020). Size oriented morphological properties of expanded graphite. 2020 IEEE ANDESCON. doi:10.1109/andescon50619.2020.9272164 .

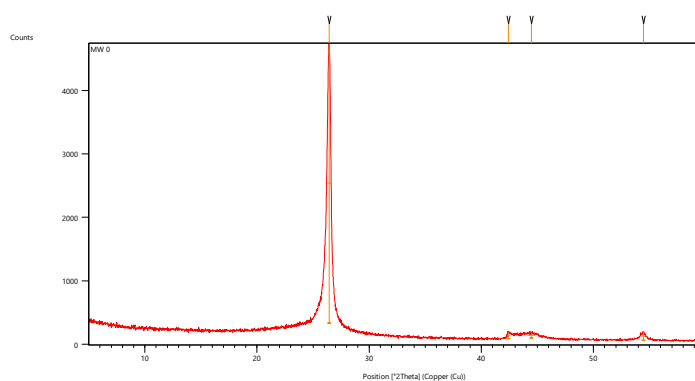
- Song Xingfu, Zhao Jingchai and Li Yunzhao. "Thermal Decomposition Mechanism of Ammonium Sulfate Catalyzed by Ferric Oxide". *Front. Chem. Sci. Eng.* - 2013. - 2 : Vol. 7. - pp. 210-217.
- Valapa Ravi Babu , Pugazhenth G and Katiya Vimal. "Effect of Graphene content on the properties of poly(lactic acid)". *Nanocomposites*. 2017.
- Vishwakarma Vinitha and Uthaman Sudha. "Environmental Impact of Sustainable Green Concrete". *Smart Nanoconcretes and Cement-Based Materials*. 2020. Vol. 9. - pp. 241-255.
- Whisnuwijaya dan Rikho I "Preparasi dan Sintesis Graphene Oxide dengan Metode Liquid Sonication Exfoliation dan Random Collision Marbles Shaking dengan Bahan Dasar Graphite Limbah Baterai Zinc-Carbon Berdasarkan Uji Spektrofotometer UV-Vis". Skripsi: Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta. 2017.
- Zein Arifin "The Interest Of Qur'an About The Acts (A Thematic's Review)". *Aceh : Jurnal At-Tibyan*, 2017. - Vol. 2.
- Zhang, Teng, Qingzhon Xue, Shuai Zhang, dan Mingdong D. " Theoretical approaches to graphene and graphene-based materials." (*Nano Today*), no. 7 (2012.).
- Z. S. Iro, C. Subramani dan S. Dash, "A Brief Review on Electrode Materials for Supercapacitor," *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 11, p. 7, 2016.

LAMPIRAN

Lampiran Grafik karakterisasi Menggunakan XRD

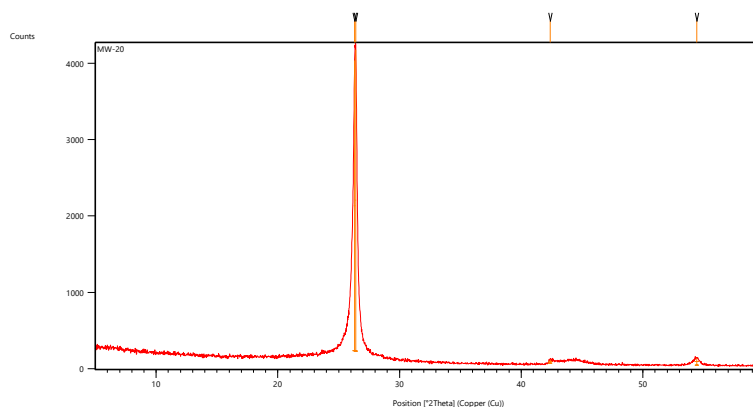
Raw Data Origin	XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis	Gonio
Start Position [$^{\circ}2\text{Th.}$]	5.0084
End Position [$^{\circ}2\text{Th.}$]	59.9864
Step Size [$^{\circ}2\text{Th.}$]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1600
Scan Type	Continuous
PSD Mode	Scanning
PSD Length [$^{\circ}2\text{Th.}$]	2.12
Offset [$^{\circ}2\text{Th.}$]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size [$^{\circ}$]	1.0000
Specimen Length [mm]	10.00
Measurement Temperature [$^{\circ}\text{C}$]	25.00
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [\AA]	1.54060
K-Alpha2 [\AA]	1.54443
K-Beta [\AA]	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractionmeter Type	0000000011119014
Diffractionmeter Number	0
Goniometer Radius [mm]	240.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	No

1. EG MW-0



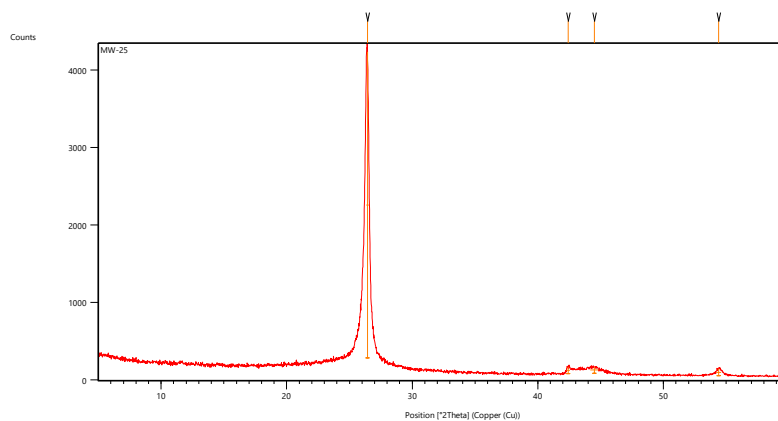
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
26.4230	4432.57	0.3346	3.37322	100.00
42.4173	98.16	0.2676	2.13104	2.21
44.4683	81.75	0.6691	2.03740	1.84
54.4761	123.66	0.4015	1.68441	2.79

2. EG MW-20



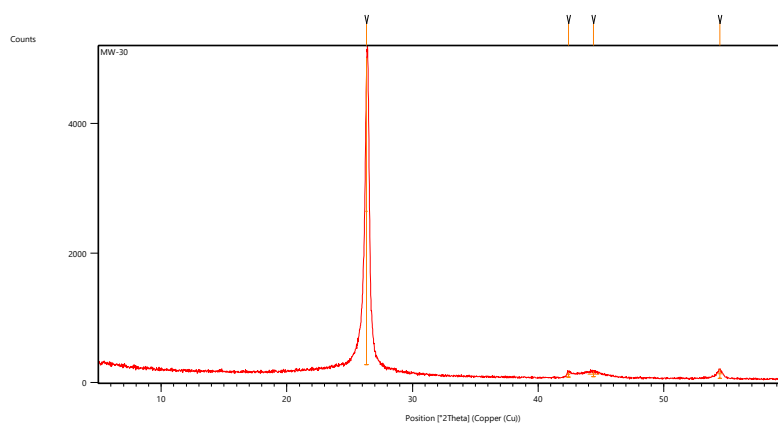
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
26.3087	3802.18	0.1224	3.38482	96.33
26.4057	3946.84	0.0836	3.37540	100.00
42.3892	47.99	0.3346	2.13239	1.22
54.4189	94.04	0.4015	1.68605	2.38

3. EG MW-25



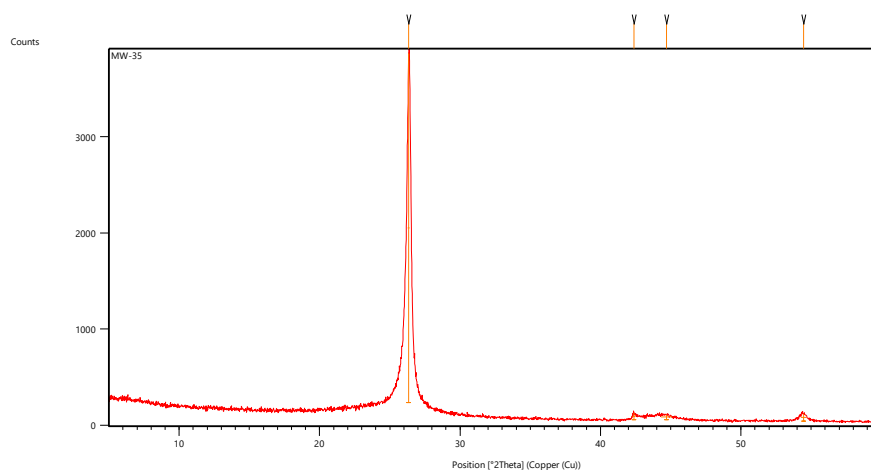
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
26.4302	3959.04	0.2175	3.37232	100.00
42.4133	82.49	0.2676	2.13123	2.08
44.4925	77.56	0.6691	2.03635	1.96
54.3879	88.94	0.4015	1.68694	2.25

4. EG MW-30



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
26.3449	4738.09	0.2175	3.38304	100.00
42.4128	80.71	0.2676	2.13126	1.70
44.4180	80.81	0.9368	2.03959	1.71
54.4653	146.23	0.4015	1.68472	3.09

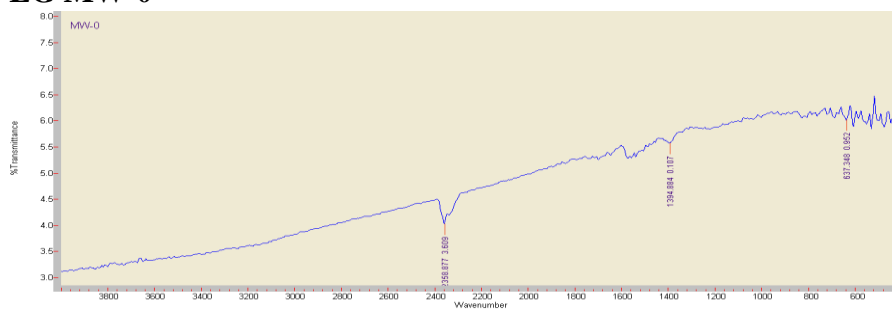
5. EG MW-35



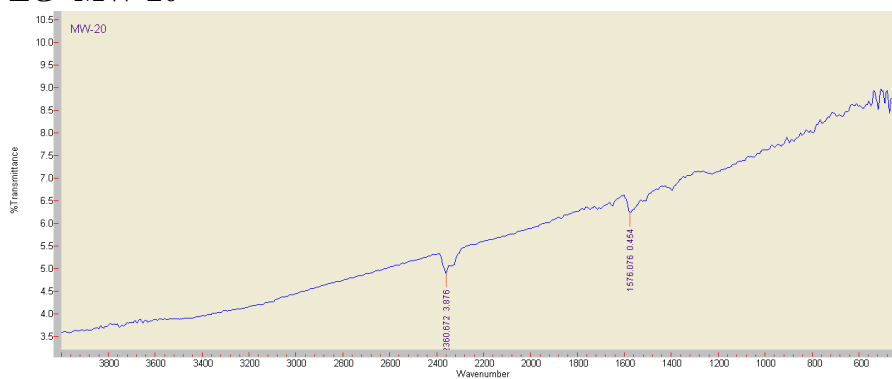
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
26.3478	3637.29	0.1506	3.38267	100.00
42.3836	67.49	0.2007	2.13266	1.86
44.6985	53.13	0.8029	2.02744	1.46
54.4741	78.06	0.4015	1.68447	2.15

Lampiran Grafik karakterisasi Menggunakan FTIR

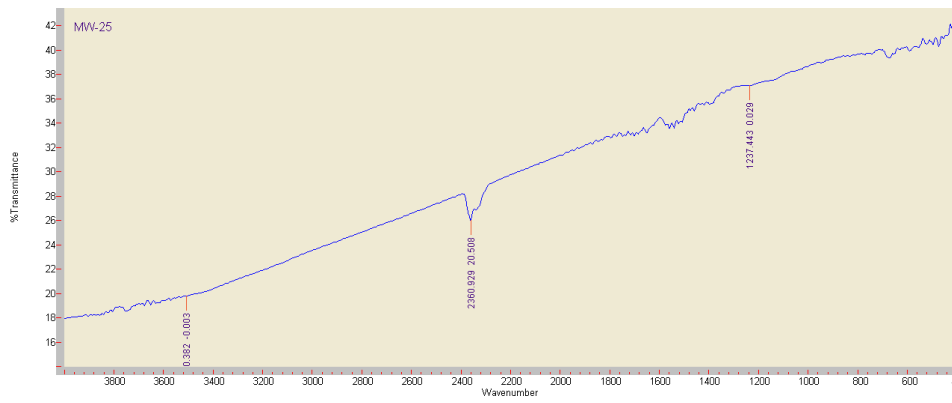
1. EG MW-0



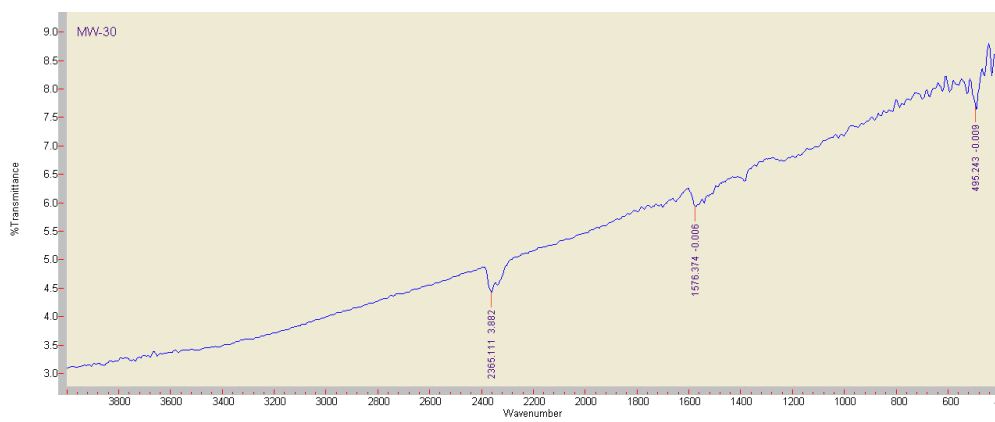
2. EG-MW-20



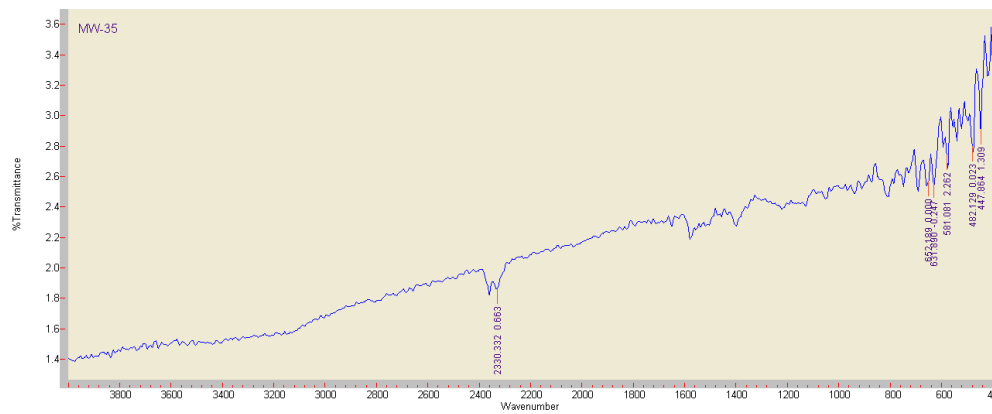
3. EG MW-25



4. EG MW-30



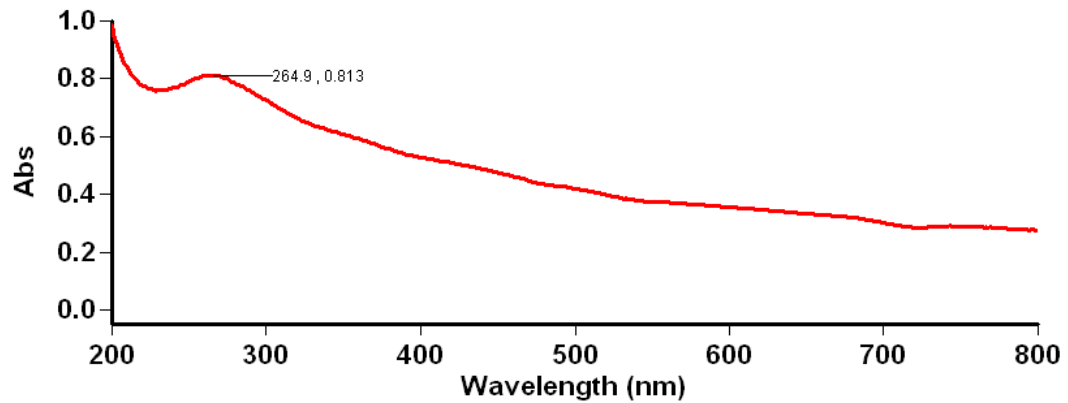
5. EG MW-35



Lampiran Grafik karakterisasi Menggunakan UV-Vis

1. Lamdha Maks MW-0

Tanggal Analisa : 18 Maret 2022



Scan Analysis Report

Sample Name: MW-0

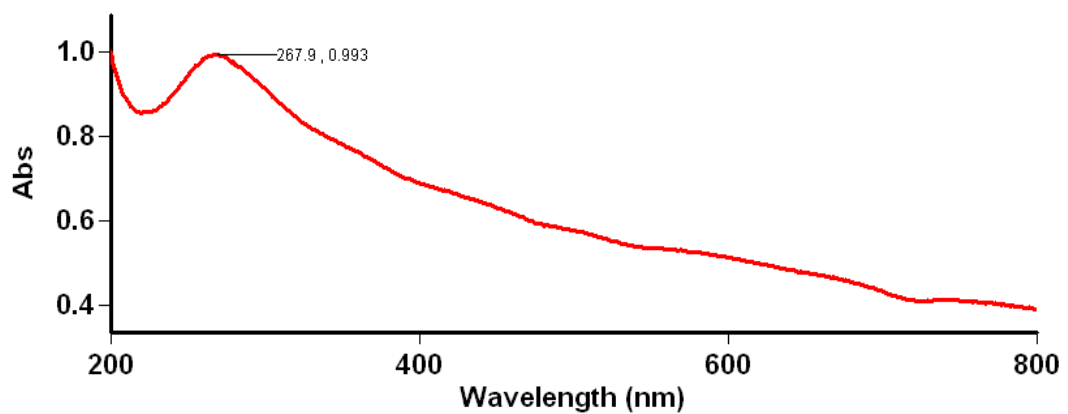
Peak Table

Peak Style	Peaks
Peak Threshold	0.0100
Range	800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	Abs
264.9	0.813

2. Lamdha Maks MW-20

Tanggal Analisa : 18 Maret 2022



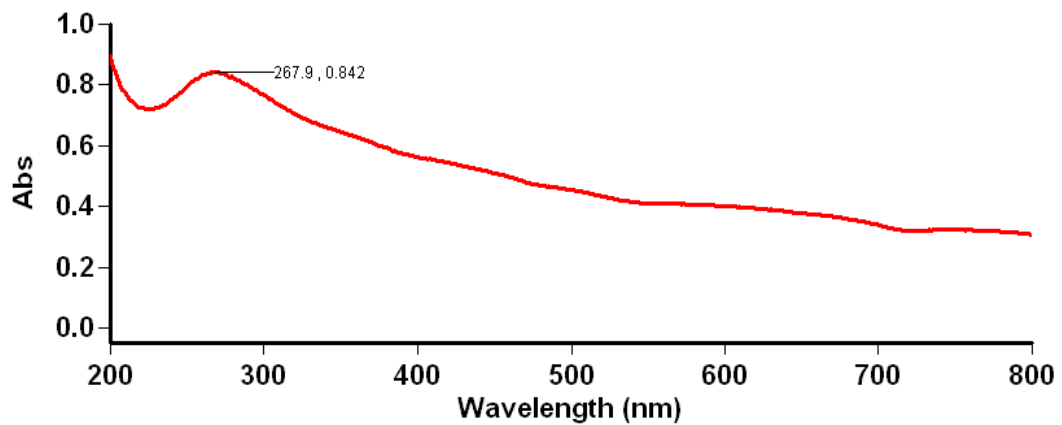
Scan Analysis Report

3. Sample Name: MW-20

Wavelength (nm)	Abs
267.9	0.993

Lamdha Maks MW-25

Tanggal Analisa : 18 Maret 2022



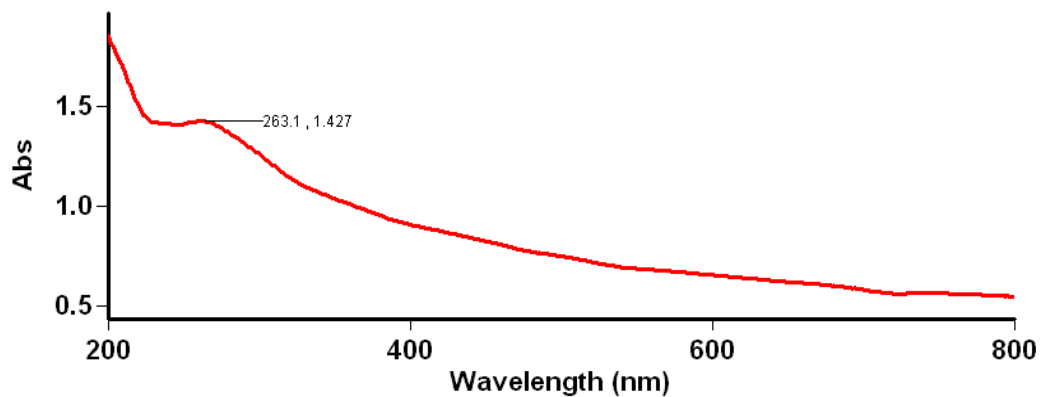
Scan Analysis Report

4. Sample Name: MW-25

Wavelength (nm)	Abs
267.9	0.842

Lamdha Maks MW-30

Tanggal Analisa : 18 Maret 2022



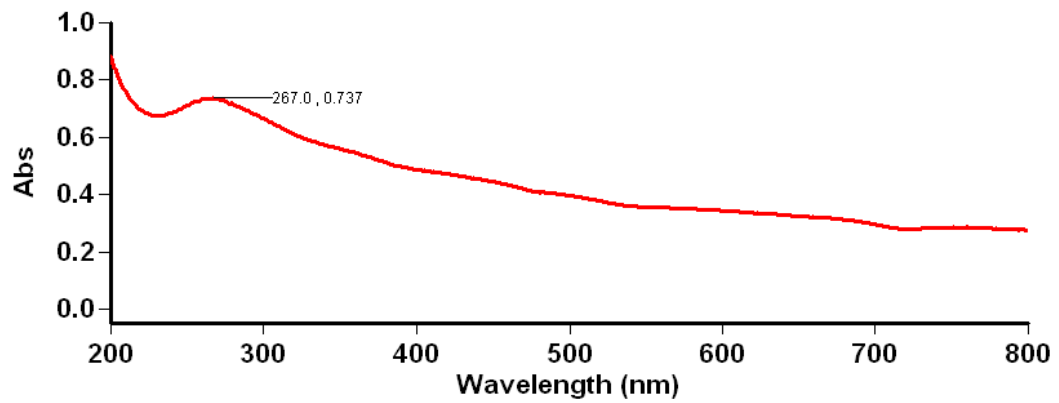
Scan Analysis Report

5. Sample Name: MW-30

Wavelength (nm)	Abs
263.1	1.427

Lamdha Maks MW-35

Tanggal Analisa : 18 Maret 2022



Scan Analysis Report

Sample Name: MW-35

Wavelength (nm)	Abs
267.0	0.737

Tabel karakterisasi Menggunakan LCR-Meter pada $f= 700$ KHz

Sampel	R (Ω)	C (μ F)	L (cm)	A (cm^2)	σ
EG MW-0	124,290	2,933000E-05	0,1	1,57	0,00126317
	124,060	1,025500E-05	0,1	1,57	0,00126552
	121,970	2,410800E-05	0,1	1,57	0,0012872
EG MW-20	39,497	0,000146	0,1	1,57	0,00397499
	80,897	2,08E-05	0,1	1,57	0,00194074
	63,508	4,05E-05	0,1	1,57	0,00247213
EG MW-25	25,43	3,11E-04	0,1	1,57	0,00617381
	50,016	5,06E-05	0,1	1,57	0,003139
	123,4	1,346000E-05	0,1	1,57	0,00127229
EG MW-30	28,988	2,578200E-04	0,1	1,57	0,00541603
	30,047	2,298800E-04	0,1	1,57	0,00522515
	49,938	7,354000E-05	0,1	1,57	0,0031439
EG MW-35	18,12	6,891200E-04	0,1	1,57	0,00866446
	40,1	1,020000E-04	0,1	1,57	0,00391521
	24,854	3,760000E-04	0,1	1,57	0,00631689