

**PENGARUH BERAT $KMnO_4$ DAN WAKTU OKSIDASI DI METODE
HUMMERS PADA MEMBRAN RGO/GO *BILAYER* DENGAN
METODE VAKUM FILTRASI UNTUK APLIKASI MATERIAL
PENGHANTAR LISTRIK**

SKRIPSI

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



Oleh :
Muhammad Irwansyah
3334160016

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH BERAT KMnO_4 DAN WAKTU OKSIDASI DI METODE
HUMMERS PADA MEMBRAN RGO/GO *BILAYER* DENGAN
METODE VAKUM FILTRASI UNTUK APLIKASI MATERIAL
PENGHANTAR LISTRIK**

SKRIPSI

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

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I



Adhitya Trenggono. ST., M.Sc.
NIP. 197804102003121001

Pembimbing II



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

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH BERAT $KMnO_4$ DAN WAKTU OKSIDASI DI METODE
HUMMERS PADA MEMBRAN RGO/GO *BILAYER* DENGAN
METODE VAKUM FILTRASI UNTUK APLIKASI MATERIAL
PENGHANTAR LISTRIK**

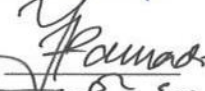
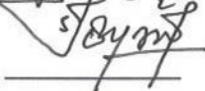
SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh:

Muhammad Irwansyah

3334160016

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal 22 Juli 2022

	Susunan Dewan Penguji	Tanda Tangan
Penguji I	: <u>Adhitya Trenggono, S.T., M. Sc</u>	
Penguji II	: <u>Yus Rama Denny M, M.Si., Ph.D</u>	
Penguji III (Ketua Sidang)	: <u>Suryana, ST., M. Si</u>	

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

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Adhitya Trenggono, ST., M.Sc.
NIP. 197804102003121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut:

Judul : PENGARUH BERAT $KMnO_4$ DAN WAKTU OKSIDASI
DI METODE HUMMERS PADA MEMBRAN RGO/GO
BILAYER DENGAN METODE VAKUM FILTRASI
UNTUK APLIKASI MATERIAL PENGHANTAR
LISTRIK

Nama Mahasiswa : Muhammad Irwansyah

NIM : 3334160016

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi tersebut diatas adalah benar- benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar pernyataan.

Cilegon, Juli 2022



Muhammad Irwansyah
NIM. 3334160016

ABSTRAK

Penggunaan limbah untuk digunakan kembali menjadi bahan baku merupakan salah satu upaya untuk pencegahan pencemaran lingkungan. Selain itu pada perkembangan jaman yang terus berjalan, penggunaan teknologi mengalami inovasi yang sangat cepat, sehingga hal ini dikembangkan untuk menjadi material maju yang terbaru. Grafena oksida merupakan zat antara dalam sintesis kimia grafena sebelum gugus fungsional oksigen dihilangkan. Oleh karena itu, grafena oksida dan grafena oksida tereduksi memiliki sifat untuk potensi aplikasi baru. Belakangan ini, grafena oksida dan grafena oksida tereduksi berpotensi untuk digunakan pada aplikasi modern seperti sensor, sel surya, *transistors circuits interconnects memory*, dan *conductive inks*. Material grafit yang disintesis sebagai grafena berpotensi dalam penyerapan gelombang elektromagnetik yang baik, serta memiliki sifat konduktivitas dan mekanik yang lebih menjamin. Pada penelitian ini berhasil dilakukan pembuatan membran rGO/GO *bilayer* dengan metode deposisi vakum filtrasi menggunakan variasi berat KMnO_4 sebesar 6 gr, 8 gr, dan 10 gr, serta variasi waktu oksidasi sebesar 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Membran rGO/GO *bilayer* yang terbentuk memiliki permukaan yang halus. Membran rGO/GO yang dihasilkan memiliki nilai konduktivitas terbesar yaitu $66,046 \text{ m}^{\text{S}}/\text{m}$ pada berat KMnO_4 10 gr serta waktu oksidasi 2 jam. Pengujian konduktivitas juga menunjukkan bahwa dari penelitian ini semakin homogen dan stabil suspensi rGO maka nilai konduktivitas yang diperoleh akan meningkat. Karakterisasi raman digunakan dalam penelitian ini, tujuan utamanya adalah untuk mempelajari karakteristik elektronik dan komposisi grafena. membran GO/rGO hasil sintesis menghasilkan puncak difraksi 2θ untuk GO pada rentang $9,04^\circ - 11,56^\circ$ dan untuk rGO pada rentang $23,05^\circ - 23,42^\circ$.

Kata Kunci: Grafena, Membran, Filtrasi, Listrik, Hummers

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat yang diberikan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Berat KMnO_4 dan Waktu Oksidasi Di Metode Hummers Pada Membran *rGO/GO Bilayer* Dengan Metode Vakum Filtrasi Untuk Aplikasi Material Penghantar Listrik”. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Adhitya Trenggono, ST., M.Sc., selaku ketua jurusan Teknik Metalurgi dan selaku Koordinator Skripsi, serta sebagai Pembimbing I dan bapak Yus Rama Denny M., S.Si., M.Si., Ph. D sebagai Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta motivasi sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua yang selalu memberi dukungan dan do’a kepada Penulis.
3. Kinanti Ambarwati, S.Pd. yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama penelitian.
4. Serta teman-teman Metalurgi 2016, Himamet Untirta, dan PM3I.

Sekian dari penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pihak lain yang membacanya.

Cilegon, Juli 2022



Muhammad Iwansyah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karbon.....	6
2.2 Grafena	7
2.2.1 Struktur Grafena	8
2.2.1 Sifat Grafena	9

2.3	Grafena Oksida.....	11
2.3.1	Struktur Grafena Oksida	12
2.4	Grafena Oksida Tereduksi	14
2.5	Sintesis Grafena	15
2.5.1	<i>Micromechanical Cleavage</i>	15
2.5.2	<i>Electrochemical Exfoliation</i>	16
2.5.3	<i>Exfoliation Graphite Oxide</i>	16
2.5.4	<i>Arc Discharge</i>	16
2.5.5	<i>Unzipping Carbon Nanotube</i>	16
2.5.6	<i>Epitaxial Growth On Silicon Carbide</i>	17
2.5.7	<i>Chemical Vapor Deposition (CVD)</i>	17
2.5.8	<i>Mischellaneous Method</i>	17
2.6	Vakum Filtrasi.....	18
2.7	Karakterisasi Grafena.....	19
2.7.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	19
2.7.2	<i>Raman Specroscopy</i>	20
2.7.3	<i>Four Point Probe (FPP)</i>	22
BAB III	METODE PENELITIAN	25
3.1	Diagram Alir	25
3.2	Alat dan Bahan	27
3.2.1	Alat.....	27
3.2.2	Bahan.....	27
3.3	Prosedur Penelitian.....	28

3.3.1 Pembuatan Grafena Oksida.....	28
3.3.2 Sintesis Grafena Oksida Tereduksi	29
3.3.3 Pembuatan Membra <i>Bilayer</i>	30
3.3.4 Karakterisasi.....	31
3.3.4.1 <i>Four Point Probe</i> (FPP)	31
3.3.4.2 Raman Spectroscopy.....	31
3.3.4.3 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil dan Pembahasan.....	33
4.2 Karakterisasi <i>Four Point Probe</i> (FPP)	34
4.3 Karakterisasi Raman Spectroscopy	40
4.3 Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN	54
LAMPIRAN B DATA HASIL PENELITIAN	57
LAMPIRAN C DATA HASIL PENELITIAN	59

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai Hasil Pengujian FPP.....	34
Tabel 4.2 Data Pengujian Raman Spectroscopy	40
Tabel B.1 Nilai Hasil Pengujian FPP	58
Tabel B.2 Data Pengujian Raman Spectroscopy	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jumlah total publikasi ilmiah grafena.....	7
Gambar 2.2 Kisi Honey Comb.....	8
Gambar 2.3 Struktur Hexagonal Grafena.....	9
Gambar 2.4 Sintesis Grafit menjadi Grafena	11
Gambar 2.5 Skematik struktur Grafena Oksida.....	12
Gambar 2.6 Skematik grafena oksida tereduksi.....	14
Gambar 2.7 Vakum filtrasi.....	18
Gambar 2.8 Skematik Raman Spectroscopy.....	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Percobaan.....	26
Gambar 3.2 Serbuk Grafena Oksida.....	29
Gambar 3.3 Grafena Oksida Tereeduksi.....	30
Gambar 4.1 Pengaruh Waktu Oksidasi Terhadap Penambahan KMnO ₄ 6 gram.....	30
Gambar 4.2 Pengaruh Waktu Oksidasi Terhadap Penambahan KMnO ₄ 8 gram	35
Gambar 4.3 Pengaruh Waktu Oksidasi Terhadap Penambahan KMnO ₄ 10 gram.....	36
Gambar 4.4 Pengaruh Penambahan KMnO ₄ Pada Waktu Oksidasi 2 jam.....	37
Gambar 4.5 Pengaruh Penambahan KMnO ₄ Pada Waktu Oksidasi 3 jam.....	38
Gambar 4.6 Pengaruh Penambahan KMnO ₄ Pada Waktu Oksidasi 4 jam.....	39
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Raman pada: (a) Penambahan KMnO ₄ 6 gram Dengan Waktu Oksidasi 2 jam, (b) Penambahan KMnO ₄ 8 gram Dengan Waktu Oksidasi 2 jam, (c) Penambahan KMnO ₄ 10 gram Dengan Waktu Oksidasi 2 jam, (d) Penambahan KMnO ₄ 10 gram Dengan Waktu Oksidasi 4 jam, dan (e) Membran GO Standar.....	42
Gambar 4.8 Pola Difraksi XRD pada: (a) Penambahan KMnO ₄ 6 gram Dengan Waktu Oksidasi 2 jam, (b) Penambahan KMnO ₄ 8 gram Dengan Waktu Oksidasi 2 jam, (c) Penambahan KMnO ₄ 10 gram Dengan Waktu Oksidasi 2	

jam, dan (d) Membran GO Standar	46
Gambar C.1 Air Deionisasi	60
Gambar C.2 Asam Fosfat	60
Gambar C.3 Asam Klorida	60
Gambar C.4 Asam Sulfat	60
Gambar C.5 Cawan Krusibel	60
Gambar C.6 Corong	60
Gambar C.7 Gelas Beker	61
Gambar C.8 Gelas Ukur	61
Gambar C.9 Grafit	61
Gambar C.10 Hidrazin Monohidrat	61
Gambar C.11 Hidrogen Peroksida	61
Gambar C.12 Kalium Permanganat	61
Gambar C.13 Kertas Lakmus	61
Gambar C.14 Kertas Saring	61
Gambar C.15 <i>Magnetic Stirrer</i>	62
Gambar C.16 Minyak	62
Gambar C.17 Neraca Digital	62
Gambar C.18 Oven	62
Gambar C.19 Pipet Tetes	62
Gambar C.20 Vakum Filtrasi	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan limbah untuk digunakan kembali menjadi bahan baku merupakan salah satu upaya untuk pencegahan pencemaran lingkungan. Selain itu pada perkembangan jaman yang terus berjalan, penggunaan teknologi mengalami inovasi yang sangat cepat, sehingga hal ini dikembangkan untuk menjadi material maju yang terbarukan. Penerapan teknologi rekayasa material pada saat ini semakin bervariasi hal ini disebabkan oleh kebutuhan manusia yang sangat beraneka ragam. Oleh karena itu manusia dituntut untuk semakin kreatif dan produktif terutama dalam bidang pengembangan teknologi rekayasa material. Tujuan utama dalam rekayasa material yaitu merekayasa permukaan suatu material agar diperoleh material baru yang mempunyai sifat lebih baik dari sifat material sebelumnya. Salah satu sifat yang harus dimiliki oleh material dalam penelitian ini adalah ramah lingkungan dan mengutamakan “*smart green industries*”.

Grafena terbentuk dari satu lapisan atom karbon dua dimensi dengan struktur sarang lebah heksagonal yang terdiri dari dua sub-kisi setara atom karbon yang terikat bersama dengan ikatan. Struktur grafena menunjukkan sifat mekanik, listrik, dan termal yang baik. Sebagai hasil dari sifat-sifat tersebut, graphene memiliki potensi untuk digunakan dalam persiapan bahan elektroda dan tinta konduktif;

dengan demikian, grafena dapat digunakan secara luas dalam film konduktif transparan.

Grafena oksida merupakan zat antara dalam sintesis kimia grafena sebelum gugus fungsional oksigen dihilangkan. Oleh karena itu, grafena oksida dan grafena oksida tereduksi memiliki sifat untuk potensi aplikasi baru. Belakangan ini, grafena oksida dan grafena oksida tereduksi berpotensi untuk digunakan pada aplikasi modern seperti sensor, sel surya, *transistors circuits interconnects memory*, dan *conductive inks* (Saqib dkk, 2015).

Penelitian sebelumnya (Jinxing wang, 2015), 1 gram grafit dicampur dengan 92mL H₂SO₄ dan 24mL HNO₃ dalam gelas beker 500mL di dalam wadah *ice bath* kemudian diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer*, selanjutnya menambahkan KMnO₄ 6 gram, kemudian pengadukan di dalam wadah *ice bath* selama 2 jam. Dilanjutkan dengan pengadukan pada suhu 35°C selama 30 menit, Penambahan 92mL akuades perlahan dengan pengadukan suhu 85°C selama 30 menit. Kemudian mendinginkan larutan sampai dengan suhu ruang, selanjutnya menambahkan 10mL H₂O₂ dan diaduk selama 30 menit lalu diamati terjadi perubahan warna menjadi coklat muda. Endapan dicuci dengan 1L akuades dan dilanjutkan dengan larutan campuran 1:10 HCl:Akuades. Lalu endapan dipanaskan pada oven dengan suhu 60°C selama 6,5 jam untuk mendapatkan serbuk grafena oksida. Kemudian ditambahkan larutan hidrazin monohidrat (N₂H₄) untuk menghasilkan grafena oksida tereduksi (rGO).

1.2 Identifikasi Masalah

Sisa limbah grafit pada tungku busur listrik *electric arc furnace* hasil produksi peleburan baja masih belum maksimal untuk dimanfaatkan sebagai material baru, maka dari itu dijadikan bahan baku sintesis grafena. Sintesis grafena dengan menggunakan metode Hummers dilakukan untuk menghasilkan grafit yang tereduksi menjadi grafena oksida tereduksi, sehingga memiliki unsur karbon yang lebih tinggi untuk dijadikan sebagai material fungsional. Disisi lain berat KMnO_4 dan waktu lamanya oksidasi mempengaruhi grafena yang dihasilkan.

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini antara lain yaitu:

1. Memanfaatkan limbah elektroda *electric arc furnace* sebagai bentuk dari produk terbarukan.
2. Melakukan pengujian konduktivitas membran dengan *Four Point Probe* (FPP).
3. Mengetahui *deffect* dengan menggunakan *Raman Spectroscopy*
4. Mengetahui struktur kristal yang terbentuk dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD).
5. Memperoleh hasil optimum dari grafena hasil pengaruh penambahan KMnO_4 dan waktu oksidasi menggunakan metode *Hummers*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Grafit didapatkan dari sisa limbah elektroda *electric arc furnace*

peleburan baja.

2. Grafit serbuk diperoleh dari reduksi ukuran dari pengerjaan *crushing* dan *grinding* limbah elektroda *electric arc furnace*.
3. Grafena oksida yang digunakan didapatkan dari sintetis menggunakan modifikasi metode Hummers.
4. Parameter penelitian terdiri dari variabel tetap dan variabel bebas.

Variabel tetap sebagai berikut:

Suspensi rGO = 4 ml; PAA = 1 mg; Hidrazin monohidrat = 0.1 ml

Variabel bebas penelitian ini yaitu berat KMnO_4 dan waktu oksidasi dengan uraian sebagai berikut:

Berat KMnO_4 : 6; 8; dan 10 gram.

Waktu oksidasi : 2; 4; dan 8 jam.

5. Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan *Four Point Probe* (FPP), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Raman Spectroscopy*.
6. Penelitian dilakukan di Laboratorium Material Fungsional dan Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Metalurgi FT. Untirta.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi lima bab dan daftar pustaka. Bab I menjelaskan mengenai latar belakang, identifikasi masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan penelitian mengenai proses sintesis grafena dengan menggunakan metode Hummers. Bab II menjelaskan mengenai teori-teori dasar yang mendukung penelitian ini sekaligus sebagai acuan dalam analisis dan

pembahasan. Bab III menjelaskan mengenai metode penelitian yang berisi tentang diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, prosedur dan metode penelitian yang dilakukan. Bab IV menjelaskan hasil-hasil yang didapat dari penelitian serta analisis lebih lanjut terhadap hasil-hasil tersebut. Bab V menjelaskan kesimpulan dari hasil serta saran-saran untuk perbaikan atau aspek lain yang perlu dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- M.H. Nazaré, A.J. Neves (Eds.) 2000., *Properties, Growth and Applications of Diamond, Institution of Engineering and Technology*.
- Khalid, A., Ambri, M., & Ali, A. 2017. *Graphene Growth at Low Temperatures using RF-Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition* (Pertumbuhan Grafen pada Suhu Rendah menggunakan Pemendapan Wap Kimia secara 48 Peningkatan RF-Plasma). *Sains Malaysiana*, 46(7), 1111–1117. <https://doi.org/10.17576/jsm-2017-4607-14>
- Sophie Charpentier, dkk 2020. *Graphene Research and Advanced.*, SIO Grafen Finland.
- K.S. Kim, Y. Zhao, H. Jang, et al., *Large-scale pattern growth of graphene films for stretchable transparent electrodes*, *Nature* 457 (7230) (2009) 706–710.
- Y.W. Son, M.L. Cohen, S.G. Louie, *Half-metallic graphene nanoribbons*, *Nature* 444 (7117) (2006) 347–349
- Wiley, 2017. *Graphene Oxide and Fundamental Application*. Department of Chemistry and Chemical Engineering, Chalmers University of Technology, Sweden.
- S. Ray, 2014. Applications of Graphene and Graphene-Oxide based Nanomaterials.
- S. Liu, Kaiwen Hu, Marta Cerruti, Francois Barthelat, 2019. Ultra-stiff graphene oxide paper prepared by directed-flow vacuum filtration. S0008-6223(19)31131-5.
- Ying Tian, dkk, 2021. Bilayer and three dimensional conductive network composed by SnCl₂ reduced rGO with CNTs and GO applied in transparent conductive films. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89305-1>
- Toasin, 2016. The green reduction of graphene oxide. Shahjalal University of Science and Technology.
- Thakur, 2012. Green reduction of graphene oxide by aqueous phytoextracts. Advanced Polymer and Nanomaterial Laboratory, Department of

- Chemical Sciences, Tezpur University, Tezpur 784028, India.
- Coleman, dkk. 2012. *Graphene synthesis: relationship to applications*. Nanosclae 5-38. DOI:10.1039/cn2r3269a.
- Isaac Childres, 2013. Raman Spectroscopy of Graphene and Related Materials. Department of Physics, Purdue University, West Lafayette, IN, US
- Cornillault J. 1972. *Particle Size Analyzer*. APPLIED OPTICS / Vol. 11, No. 2.
- D'Spiza F & Kadish K. 2014. *HANDBOOK OF CARBON NANO MATERIALS Volume 5: Graphene — Fundamental Properties*. World Scientific Publishing ISBN 978-981-4566-72-8.
- D'Spiza F & Kadish K. 2014. *Handbook of Carbon Nano Materials Volume 6 Graphene – Energy and Sensor Applications*. World Scientific Publishing ISBN 978-981-4566-73-5.
- Deriyana R, dkk. 2015. *VARIASI PENAMBAHAN Fe₃O₄ PADA PADUAN PANi/Fe₃O₄ SEBAGAI BAHAN PENYERAP GELOMBANG MIKRO*. Jurnal Fisika. Volume 04 Nomor 01 Tahun 2015, hal 1-5.
- Ding S, dkk. 2019. *Preparation and adsorption property of graphene oxide by using waste graphite from diamond synthesis industry*. Materials Chemistry and Physics 221 (2019) 47-57.
- Enoki T & Ando T. 2014. *PHYSICS AND CHEMISTRY GRAPHENE, Graphene to Nanographene*. Taylor & Francis Group, LLC. ISBN-3:978-981-4241-49-6.
- Fang Ye, dkk. 2018. *Broadband Microwave Absorbing Composites with a Multi-Scale Layered Structure Based on Reduced Graphene Oxide Film as the Frequency S elective Surface*. Materials MDPI. September 2018.
- Feng, Xinliang, dkk. 2014. *Exfoliation of Graphite into Graphene in Aqueous Solutions of Inorganic Salts*. Journal of The American Chemical Society (JACS).
- Hanifah M, dkk. 2015. *Synthesis of Graphene Oxide Nanosheets via Modified Hummers' Method and Its Physicochemical Properties*. Jurnal Teknologi. Malaysia.
- Hidayat A, dkk. 2018. *SINTESIS OKSIDA GRAFENA TEREDUKSI (rGO) DARI ARANG TEMPURUNG KELAPA (Cocos nucifera)*. Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung. al-Kimiya, Vol.

5, No. 2 (68- 73).

- Hou Y, dkk. 2019. *High-quality preparation of graphene oxide via the Hummers' method: Understanding the roles of the intercalator, oxidant, and graphite particlesize*. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.09.231>.
- Jinxing Wang, 2015. *Synthesis of free-standing reduced graphene oxide membranes with different thicknesses and comparison of their electrochemical performance as anodes for lithium-ion batteries*
- Hu Y, dkk. 2015. *Effects of Oxidation on the Defect of Reduced Graphene Oxides in Graphene Preparation*. *Journal of Colloid and Interface Science*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2015.02.059>
- Hummers W dan Offeman R. 1957. *Preparation of Graphitic Oxide*. 25 September 1957.
- Kudin, 2008. KN, Ozbas B, Schniepp HC, Prud'homme RK, Aksay IA, Car R. *Raman spectra of graphite oxide and functionalized graphene sheets*. *Nano Letters* 2008;8: 36e41.
- Olofinjana B, dkk. 2016. *Synthesis and Characterization of Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Thin Films Deposited by Spray Pyrolysis Method*. Scientific Research Publishing Inc.
- Y Gong, 2015. *Influence of graphene microstructures on electrochemical performance for supercapacitors Influence of graphene microstructures on electrochemical performance for supercapacitors*.
- Jia-Nan Ma , 2019. *Laser Programmable Patterning of RGO/GO Janus Paper for Multiresponsive Actuators*.
- Kumar L, dkk. 2017. *Synthesis of Graphene Oxide (GO) by Modified Hummers Method and Its Thermal Reduction to Obtain Reduced Graphene Oxide (rGO)**. *Graphene* 1-18. <http://dx.doi.org/10.4236/graphene.2017.61001>