

Pengaruh Perbedaan Anoda pada Sintesis Graphene Menggunakan Reaktor Elektrokimia Termomodifikasi Solenoida

Isnanda Nuriskasari[#], Devi Handaya, Agus Edy Pramono

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. DR. G. A. Siwabessy, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia
[#]isnanda.nuriskasari@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Graphene merupakan salah satu jenis material baru yang memiliki sifat elektrik, termal, magnetik, optikal, mekanik, dan kimiawi yang istimewa. Metode sintesis *graphene* yang saat ini sedang dikembangkan adalah melalui teknik pengelupasan lapisan secara elektrokimia karena memiliki kelebihan proses pembuatan yang cepat, ramah lingkungan, dan biaya yang rendah dalam proses produksinya, serta nilai kecacatan material yang dihasilkan rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan anoda dalam sintesis *graphene* menggunakan metode pengelupasan lapisan elektroda grafit secara elektrokimia. Anoda yang divariasikan dalam penelitian ini adalah elektroda grafit komersial dan elektroda grafit buatan yang berupa komposit grafit-Phenol Formaldehid (grafit-PF). Katoda dalam penelitian ini merupakan variabel tetap yaitu menggunakan grafit komersial. Hasil penelitian ini adalah elektroda komposit grafit-PF dapat bertindak sebagai anoda dalam proses sintesis *graphene* dengan metode pengelupasan lapisan elektroda grafit secara elektrokimia, meskipun *graphene* yang dihasilkan lebih rendah jika dibandingkan dengan penggunaan elektroda grafit komersial sebagai anoda. Arus 5A dari *power supply* yang terhubung pada elektroda grafit memperlihatkan hasil yang paling baik. Penggunaan reaktor termomodifikasi solenoida dapat meningkatkan berat *graphene* yang terbentuk.

Kata kunci: *graphene*, grafit, elektrokimia, solenoida

Abstract

Graphene is a new type of material that has excellent electrical, thermal, magnetic, optical, mechanical and chemical properties. The *graphene* synthesis method that is currently being developed is through electrochemical peeling technique because it has the advantages of a fast manufacturing process, environmentally friendly, and low cost in the production process, as well as low value of the resulting material defects. This study aims to determine the effect of different anodes in the synthesis of *graphene* using the electrochemical stripping method of the graphite electrode layer. The anodes that were varied in this study were a commercial graphite electrode and an artificial graphite electrode in the form of a graphite-Phenol Formaldehyde (graphite-PF) composite. The cathode in this study is a fixed variable using commercial graphite. The result of this research is that the Graphite-PF composite electrode can act as an anode in the *graphene* synthesis process by electrochemically stripping the graphite electrode layer, although the resulting *graphene* is lower than the use of commercial graphite electrodes as anode. The 5A current from the power supply connected to the graphite electrode shows the best results. The use of a solenoid modified reactor can increase the weight of the *graphene* formed.

Keywords: *graphene*, graphite, electrochemical, solenoid

I. PENDAHULUAN

Graphene merupakan alotrop karbon dalam bentuk lembaran tipis yang tidak lebih tebal dari sebuah atom dengan ikatan sp^2 dan tersusun dalam kisi heksagonal. Konjugasi elektron π dalam

graphene menghasilkan sifat elektrik, termal, magnetik, optikal, mekanik, dan kimiawi yang istimewa [1], [2]. Oleh karena itu, banyak ilmuwan melakukan penelitian terhadap material *graphene* untuk diaplikasikan dalam bidang energi, salah satunya untuk menyimpan energi seperti baterai, sel

surya, serta superkapasitor [3]. *Graphene* merupakan material yang potensial sebagai salah satu penyusun superkapasitor karena memiliki keunggulan berupa lembaran yang tipis (skala nanopartikel), tetapi memiliki kekuatan dan konduktivitas listrik dan termal yang tinggi [4]. Konduktivitas termal *graphene* lima kali lebih besar dibanding tembaga, namun berat material *graphene* empat kali lebih rendah dari tembaga dan konduktivitas elektrik dari *graphene* pun setara dengan tembaga. Superkapasitor adalah perangkat yang dapat menyimpan energi lebih besar daripada kapasitas dielektrik konvensional, melalui proses akumulasi muatan elektrostatis pada antarmuka elektroda/elektrolit (elektrokimia kapasitor lapis ganda) dan atau melalui reaksi redoks yang sangat cepat, sehingga *graphene* merupakan material potensial yang tepat sebagai elektroda pada superkapasitor karena memiliki konduktivitas elektrik yang sangat baik [5].

Saat ini sedang dikembangkan metode sintesis *graphene* yang lebih ramah lingkungan yaitu metode pengelupasan lapisan secara elektrokimia. Metode ini memiliki kelebihan dari segi proses pembuatan yang cepat, ramah lingkungan, dan biaya yang rendah dalam proses produksinya [6]. Metode ini menghasilkan serpihan *graphene* yang lebih kecil nilai cacatnya karena pengelupasan lapisan grafit secara elektrokimia membutuhkan intensitas agitasi yang lebih rendah untuk *disperse* *graphene* dibandingkan dengan metode fasa cair lainnya [7]. Sintesis *graphene* melalui metode pengelupasan lapisan secara elektrokimia memerlukan 3 komponen yaitu, larutan elektrolit, elektroda sekaligus sumber karbon, dan arus listrik.

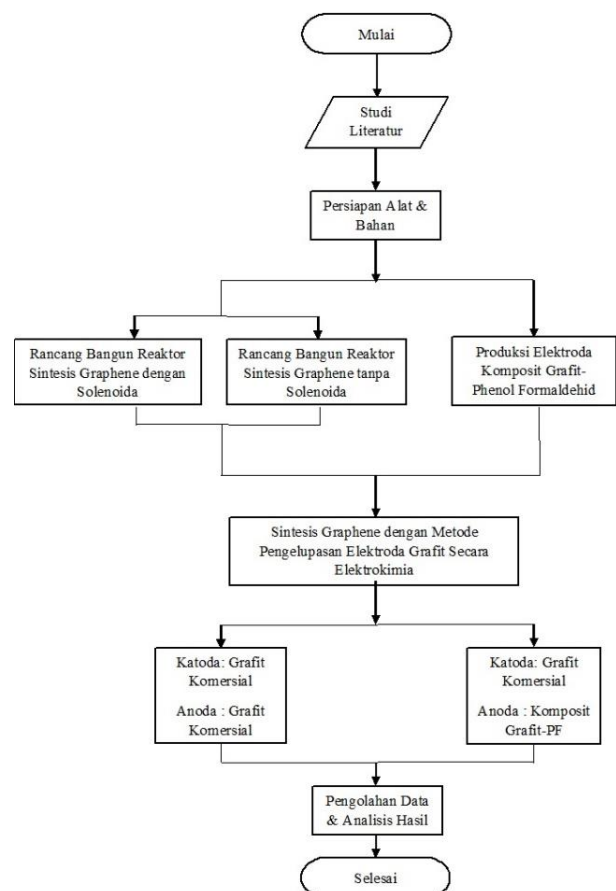
Berdasarkan hasil studi literatur, peneliti umumnya menggunakan grafit komersial sebagai elektroda. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan anoda dalam sintesis *graphene* menggunakan metode pengelupasan lapisan elektroda grafit secara elektrokimia. Anoda yang divariasikan dalam penelitian ini adalah elektroda grafit komersial dan elektroda grafit buatan yang berupa komposisi grafit-Phenol Formaldehid (grafit-PF). Adapun katoda dalam penelitian ini merupakan variabel tetap yaitu menggunakan grafit komersial. Pada penelitian ini juga dilakukan rancang bangun reaktor elektrokimia sintesis *graphene* termodifikasi solenoida sebagai salah satu upaya optimalisasi proses sintesis *graphene* secara elektrokimia.

II. METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kaca dengan dimensi 10 cm x 10 cm x 20

cm, kawat nikel sebagai solenoida, *power supply* 30 V 5A, aki 12 V 3,5 AH, *styrofoam*, cetakan untuk memproduksi komposit grafit, serbuk grafit, serbuk Phenol Formaldehida (PF), elektroda grafit komersial, alat tes konduktivitas, H_2SO_4 1M, *aquades*, *beaker glass*, timbangan analitik, corong, dan kertas saring *whatman*.

Pada penelitian ini dibandingkan kinerja elektroda komposit grafit PF dan grafit komersial sebagai anoda pada proses sintesis *graphene* menggunakan metode pengelupasan lapisan elektroda grafit secara elektrokimia dengan reaktor yang termodifikasi solenoida. Adapun katoda yang digunakan adalah grafit komersial. *Output* pengukuran pada pengujian ini berupa berat *graphene* yang dihasilkan (g). Variabel bebas yang ada pada penelitian ini adalah jenis reaktor elektrokimia (tanpa menggunakan solenoida yang dibandingkan dengan menggunakan solenoida), jenis anoda (grafit komersial yang dibandingkan dengan komposit grafit PF), dan arus yang dipilih secara acak dengan nilai 1A, 3A, dan 5A. Adapun variabel tetap dalam penelitian ini adalah waktu reaksi yaitu 1 jam, katoda yang digunakan yaitu grafit komersial, dan konsentrasi larutan elektrolit yaitu H_2SO_4 1M. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah rancang bangun reaktor elektrokimia sebagai tempat terjadinya proses sintesis *graphene*. Wadah reaktor merupakan material kaca yang memiliki dimensi 10 cm x 10 cm x 20 cm. Wadah tersebut mampu menampung volume larutan sebesar 1,5 liter. Dua buah *styrofoam* berukuran 3 cm x 10 cm x 2 cm dilubangi di bagian tengah berfungsi sebagai penyangga elektroda dengan diameter lubang sebesar 10 mm. Untuk reaktor tanpa solenoida, maka hanya terdiri atas *power supply* yang terhubung pada katoda (kutub negatif) dan anoda (kutub positif), katoda dan anoda yang tercelup dalam larutan elektrolit H_2SO_4 1M sepanjang 5 cm dan disangga oleh *styrofoam*. Sedangkan, untuk reaktor dengan solenoida terdapat tambahan lilitan kawat nikel sebagai solenoida yang tercelup dalam larutan elektrolit dan terhubung dengan aki. Gambar 2 menunjukkan desain reaktor tanpa solenoida, sedangkan Gambar 3 menunjukkan design reaktor dengan solenoida.

Berikut merupakan nama komponen yang terdapat pada Gambar 2 dan Gambar 3:

1. Elektroda
2. *Styrofoam*
3. *Power supply*
4. Aki atau baterai

Langkah selanjutnya adalah produksi komposit grafit dengan komposisi serbuk grafit 90% dan PF 10%. Komposit grafit-PF ini dibuat dengan teknik *hot compaction* yaitu campuran grafit-PF dengan

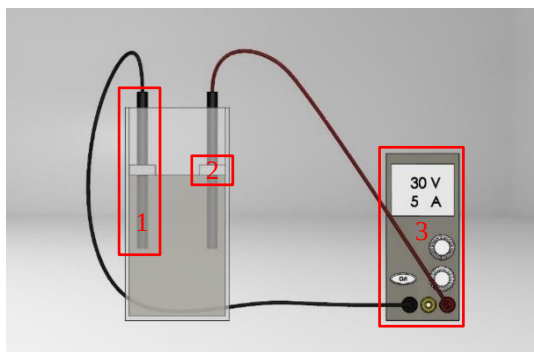
perbandingan 90%:10% dimasukkan ke dalam cetakan, lalu cetakan di beri tekanan 200 bar pada temperatur 120°C. Proses *hot compaction* ini bertujuan untuk memadatkan komposit grafit sesuai dengan bentuk cetakan. Setelah proses *hot compaction*, elektroda komposit grafit dikeluarkan dari cetakan. Gambar 4 menunjukkan proses *hot compaction*, Gambar 5 menunjukkan elektroda grafit yang akan dilepaskan dari cetakan, dan Gambar 6 menunjukkan elektroda komposit grafit-PF yang telah dilepaskan dari cetakan.



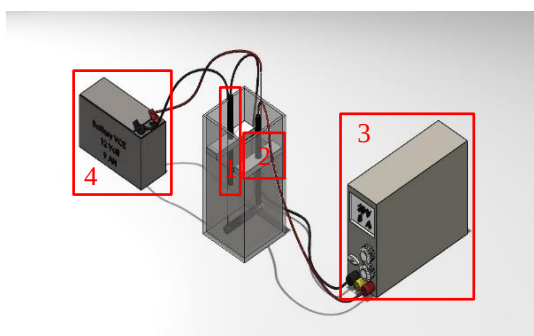
Gambar 4. Teknik *hot compaction* pada proses produksi komposit grafit-PF



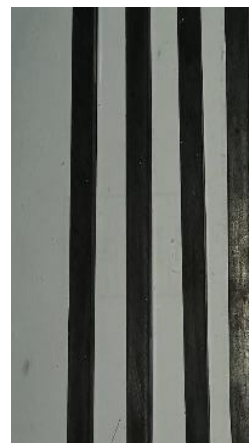
Gambar 5. Komposit grafit-PF yang akan dilepaskan dari cetakan



Gambar 2. Desain reaktor tanpa solenoida



Gambar 3. Desain reaktor dengan solenoid



Gambar 6. Elektroda komposit grafit-PF

Selanjutnya adalah sintesis *graphene* menggunakan anoda komposit grafit-PF yang dibandingkan dengan menggunakan anoda grafit komersial untuk mengetahui pengaruh perbedaan anoda pada proses sintesis *graphene* secara elektrokimia. Proses sintesis berlangsung selama 1 jam, dengan larutan elektrolit H_2SO_4 1M, dan variasi arus *power supply* 1A, 3A, dan 5A.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

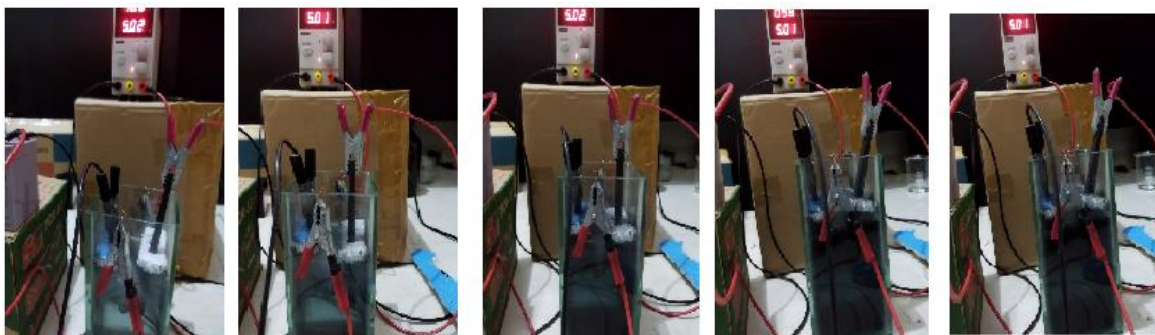
A. Pengaruh Penggunaan Reaktor Elektrokimia Termodifikasi Solenoida Terhadap Proses Sintesis *Graphene*

Pada percobaan ini digunakan solenoida dengan jumlah lilitan sebanyak 20 kali. Solenoida terbuat dari bahan nikel dengan ketebalan 1 mm. Sebuah aki 3,5 AH dipasangkan ke solenoida. Untuk mengetahui pengaruh solenoida terhadap produksi *graphene* dengan metode pengelupasan lapisan elektroda grafit secara elektrokimia, maka percobaan dilakukan pada reaktor yang termodifikasi solenoida dan tanpa menggunakan solenoida. Pada percobaan ini digunakan katoda dan anoda berupa grafit komersial.

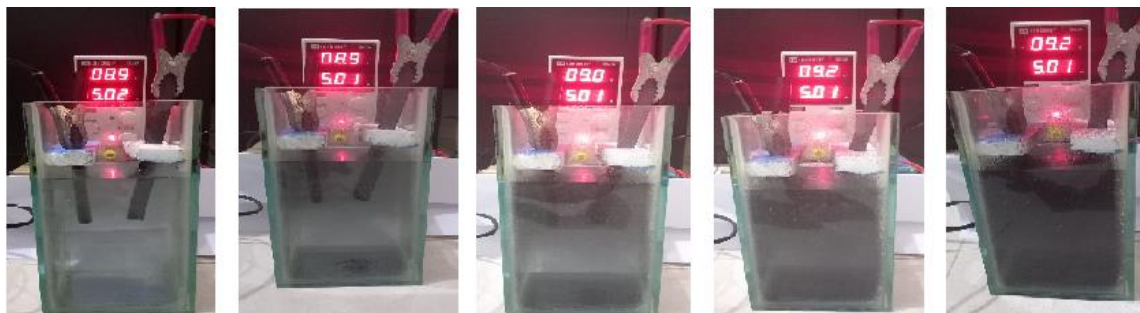
Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan sintesis *graphene* menggunakan solenoida dan tanpa menggunakan solenoida. Gambar diurutkan dari kiri ke kanan berdasarkan durasi waktu yakni 0

menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Berdasarkan pengamatan, *graphene* yang dihasilkan pada reaktor termodifikasi solenoida lebih banyak, ditunjukkan oleh warna larutan yang lebih hitam dan pekat dibandingkan pada reaktor tanpa solenoida. Hal ini membuktikan bahwa solenoida mempercepat proses pengelupasan lapisan elektroda grafit. Data kuantitatif terkait pengaruh penggunaan reaktor termodifikasi solenoida terhadap berat *graphene* yang dihasilkan selama 1 jam proses elektrokimia tersaji pada Gambar 9. GK merupakan grafit komersial, sehingga GK-GK artinya adalah katoda dan anodanya berupa grafit komersial. TS artinya Tanpa Solenoida, dan S artinya dengan Solenoida.

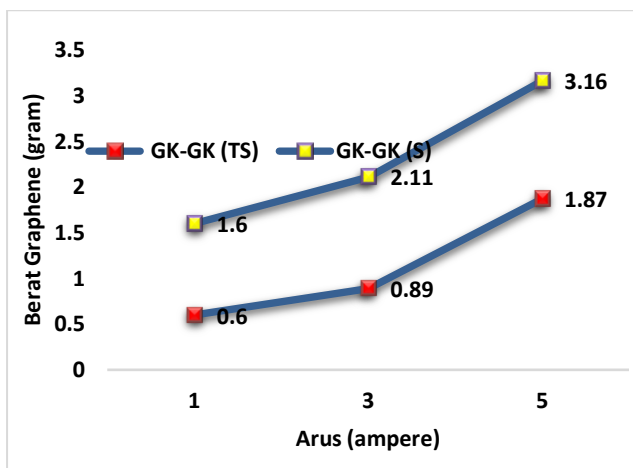
Gambar 9 menunjukkan terdapat dua percobaan sintesis *graphene*, yaitu GK-GK (TS) artinya katoda dan anodanya adalah grafit komersial dan berlangsung pada reaktor tanpa solenoida, GK-GK (S) artinya katoda dan anodanya adalah grafit komersial dan berlangsung pada reaktor dengan solenoida. Berdasarkan data yang tersaji pada Gambar 9, terlihat bahwa penggunaan solenoida meningkatkan berat *graphene* yang dihasilkan, pada GK-GK (TS) arus 1A diperoleh *graphene* 0,6 g, sedangkan pada GK-GK (S) arus 1A diperoleh *graphene* 1,6 g. Terjadi peningkatan 100% berat *graphene* yang dihasilkan jika menggunakan reaktor elektrokimia yang termodifikasi solenoida.



Gambar 7. Sintesis *graphene* pada reaktor elektrokimia termodifikasi solenoida dengan arus 5A



Gambar 8. Sintesis *graphene* pada reaktor elektrokimia tanpa solenoida dengan arus 5A



Gambar 9. Pengaruh solenoida terhadap berat *graphene*

Solenoida terhubung pada aki, sehingga kuat arus yang mengalir sepanjang solenoida akan menghasilkan panas. Panas tersebut mempercepat proses pengelupasan lapisan elektroda grafit menjadi *graphene* [8]. Solenoida digunakan sebagai pemanas induksi yang membantu meningkatkan suhu larutan elektrolit. Solenoida adalah kumparan yang terbuat dari lilitan kabel yang akan menimbulkan arus listrik apabila terjadi perubahan medan magnet di sekitar solenoida. Arus listrik yang timbul dari hasil gerakan magnet disebut arus induksi, arus induksi tersebut akan meningkat apabila perubahan gaya magnet yang masuk dalam kumparan semakin cepat dan jumlah lilitan kawat pada kumparan juga semakin besar [9]. Hal yang sebaliknya pun terjadi, yaitu apabila solenoida diberi aliran arus listrik maka akan menimbulkan medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan akan menyebabkan peningkatan suhu di sekitar solenoida, sehingga jika diaplikasikan pada sel elektrokimia pengelupasan lapisan grafit maka penggunaan solenoida akan meningkatkan laju reaksi pembentukan *graphene* [8].

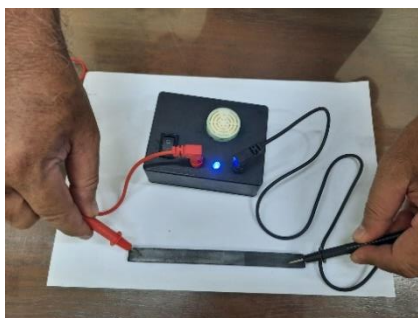
Solenoida hanya mempercepat proses pengelupasan elektroda grafit. Adapun faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan produksi *graphene* dengan metode elektrokimia ini adalah kuat arus yang mengalir melalui *power supply* ke batang elektroda (anoda dan katoda). Adapun mekanisme pembentukan *graphene* dengan metode elektrokimia adalah grafit yang berperan sebagai anoda adalah sumber karbon yang akan mengalami pengelupasan akibat serangan kation dan anion yang berasal dari larutan elektrolit pada reaksi elektrokimia dengan memecahkan ikatan *van der Waals* pada molekul grafit sehingga membentuk *graphene* [10].

B. Pengaruh Perbedaan Anoda Pada Sintesis *Graphene* menggunakan Reaktor Termodifikasi Solenoida

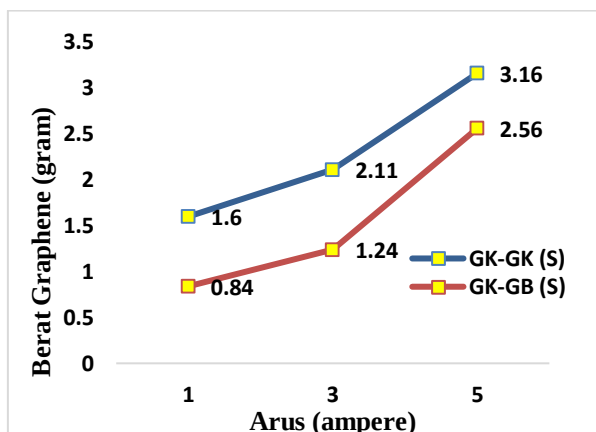
Hasil percobaan pada Gambar 9 menunjukkan bahwa penggunaan reaktor elektrokimia termodifikasi *graphene* meningkatkan laju reaksi pembentukan *graphene*. Oleh sebab itu, pada pengujian pengaruh perbedaan anoda digunakan reaktor termodifikasi solenoida. Terdapat dua variasi katoda-anoda dalam percobaan ini, yaitu GK-GK yang artinya katoda dan anodanya adalah grafit komersial, dan GK-GB yang artinya adalah katodanya berupa grafit komersial dan anodanya berupa grafit buatan yaitu komposit grafit-PF. Uji coba sintesis *graphene* dilakukan selama 1 jam dengan variasi arus yang mengalir melalui power supply dan terhubung ke elektroda sebesar 1A, 3A, dan 5A.

Uji konduktivitas terhadap elektroda grafit buatan yaitu komposit grafit-PF dengan komposisi 90% grafit dan 10% PF yang telah diproduksi menggunakan teknik *hot compaction* dilakukan sebelum elektroda komposit grafit ini digunakan sebagai anoda dalam proses sintesis *graphene*. Gambar 10 menunjukkan elektroda grafit-PF yang dilakukan uji konduktivitas listrik. Gambar 10 menunjukkan bahwa lampu indikator LED berhasil menyala dan *buzzer* mengeluarkan bunyi ketika dihubungkan dengan elektroda komposit grafit-PF. Hal ini artinya elektroda komposit grafit-PF merupakan material konduktor listrik dan dapat bertindak sebagai anoda pada proses sintesis *graphene* secara elektrokimia.

Gambar 12 menunjukkan data kuantitatif terhadap pengaruh perbedaan anoda terhadap berat *graphene*. Elektroda komposit grafit-PF dengan perbandingan 90% grafit dan 10% PF terbukti berhasil bertindak sebagai anoda dan menghasilkan *graphene*, meskipun lebih rendah dibandingkan penggunaan grafit komersial sebagai anoda pada arus 3A, terlihat bahwa jika menggunakan elektroda komersial sebagai anoda maka *graphene* yang dihasilkan sebesar 2,11 g, sedangkan jika menggunakan elektroda grafit buatan yaitu komposit grafit-PF hanya menghasilkan 1,24 g *graphene*. Gambar 12 juga menunjukkan bahwa semakin tinggi arus, maka berat *graphene* yang terbentuk juga semakin meningkat. Pada penelitian ini, arus yang terbaik adalah 5A dan proses sintesis *graphene* dilakukan pada reaktor termodifikasi solenoida.



Gambar 10. Uji konduktivitas listrik terhadap elektroda komposit grafit-PF



Gambar 11. Pengaruh perbedaan anoda terhadap berat graphene

IV. KESIMPULAN

Elektroda komposit grafit-PF memiliki kemampuan untuk menghantarkan listrik, hal ini dibuktikan melalui hasil uji konduktivitas elektroda yang dapat menyalakan lampu LED. Selanjutnya, elektroda komposit Grafit-PF dapat bertindak sebagai anoda dalam proses sintesis *graphene* dengan metode pengelupasan lapisan elektroda grafit secara elektrokimia, meskipun *graphene* yang dihasilkan lebih rendah jika dibandingkan dengan penggunaan elektroda grafit komersial sebagai anoda. Penggunaan arus 5A dari *power supply* yang terhubung pada elektroda grafit tampak menghasilkan laju reaksi yang paling baik. Hal tersebut dikarenakan bahwa semakin tinggi arus yang mengalir pada reaktor elektrokimia maka akan meningkatkan laju reaksi pembentukan *graphene*. Penggunaan reaktor termodifikasi solenoida dapat meningkatkan berat *graphene* yang terbentuk karena solenoida berperan sebagai pemanas induksi larutan elektrolit sehingga mempercepat laju reaksi pembentukan *graphene*. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu optimalisasi sintesis *graphene* jika menggunakan anoda berupa grafit buatan (komposit grafit-PF).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (UP2M) Politeknik Negeri Jakarta atas dana hibah pada skema Penelitian Dosen Pemula (nomor kontrak B.261/PL3.B/PN.003/2021).

REFERENSI

- [1] H. Hashimoto, Y. Muramatsu, Y. Nishina, and H. Asoh, "Bipolar anodic electrochemical exfoliation of graphite powders," *Electrochem. commun.*, vol. 104, no. April, p. 106475, 2019.
- [2] Z. Ren *et al.*, "Hybrid supercapacitor based on graphene and Ni/Ni(OH)₂ nanoparticles formed by a modified electrochemical exfoliation method," *Chem. Phys. Lett.*, vol. 760, no. September, p. 138019, 2020.
- [3] R. Singh and C. Charu Tripathi, "Electrochemical Exfoliation of Graphite into Graphene for Flexible Supercapacitor Application," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 1, pp. 1125–1130, 2018.
- [4] Y. Zhang, Y. Xu, J. Zhu, L. Li, X. Du, and X. Sun, *Electrochemically exfoliated high-yield graphene in ambient temperature molten salts and its application for flexible solid-state supercapacitors*, vol. 127. Elsevier Ltd, 2018.
- [5] H. Wan *et al.*, "Preparation of graphene sheets by electrochemical exfoliation of graphite in confined space and their application in transparent conductive films," *ACS Appl. Mater. Interfaces*, vol. 9, no. 39, pp. 34456–34466, 2017.
- [6] D. A. Ramadhan, C. Kurniawan, and F. W. Mahatmanti, "Indonesian Journal of Chemical Science Pengelupasan Lapisan Grafit secara Elektrokimia dalam Suasana Asam," vol. 8, no. 2, p. 6, 2019.
- [7] A. Mir and A. Shukla, "Electrochemical exfoliation of graphite to stage-III graphite bisulfate flakes in low concentration sulfuric acid solution: A novel synthesis route to completely trilayer graphene suspension," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 443, pp. 157–166, 2018.
- [8] O. L. Priyani, R. Prasetyowati, and I. Santoso, "Pengaruh Jumlah Lilitan Solenoida Elektrolisator Terhadap Absorbansi Optik Graphene Oxide (Go) Yang Disintesis Dari Bahan Pensil 2b," pp. 261–268.
- [9] Y. Kurniawan and Z. Zulkifli, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Menggunakan Solenoida Dengan Pemanfaatan Fluks Magnet," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 9–13, 2019.
- [10] F. Liu *et al.*, "Synthesis of graphene materials by electrochemical exfoliation: Recent progress and future potential," *Carbon Energy*, vol. 1, no. 2, pp. 173–199, 2019.