

**PENGARUH PERBEDAAN JENIS ELEKTROLIT DAN KONSENTRASI TERHADAP SINTESIS GRAPHENE SECARA ELEKTROKIMIA MENGGUNAKAN REAKTOR SOLENOIDA**

**THE EFFECT OF DIFFERENT TYPES OF ELECTROLYTES AND CONCENTRATION ON ELECTROCHEMICAL GRAPHENE SYNTHESIS USING SOLENOID REACTOR**

Isnanda Nuriskasari<sup>1)\*</sup>, Devi Handaya<sup>1)</sup>, Adila Syifa Prayogi<sup>1)</sup>, In In Mustopa<sup>1)</sup>,  
Tania Sonya Sihombing<sup>1)</sup>, Mochammad Tendi Noer Ramadhan<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,

Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia

\*email corresponding: [isnanda.nuriskasari@mesin.pnj.ac.id](mailto:isnanda.nuriskasari@mesin.pnj.ac.id)

---

*INFORMASI ARTIKEL*

Diperbaiki:  
Revised  
15/03/2023

Diterima:  
Accepted  
22/05/2023

Publikasi Online:  
Online-Published  
25/05/2023

---

*ABSTRAK*

Graphene berperan sebagai bahan baku utama pembuatan superkapasitor yang sangat dibutuhkan ketersediannya saat ini karena sifat konduktivitas listriknya sangat tinggi untuk perkembangan teknologi. Maka dari itu dilakukan penelitian untuk mempercepat proses produksi graphene dalam metode elektrokimia. Dalam prosesnya, metode ini membutuhkan beberapa komponen utama yaitu larutan elektrolit, elektroda, dan suplai listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis larutan elektrolit yang terdiri atas asam kuat yaitu Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ), dan Asam Klorida (HCl), serta asam lemah yaitu Asam Asetat ( $CH_3COOH$ ) pada sintesis graphene dengan metode elektrokimia serta pengaruh konsentrasi larutan elektrolit (0,5M; 1M; dan 1,5M). Variabel tetap yang digunakan berupa elektroda grafit komersial dengan reaktor yang digunakan merupakan reaktor yang termodifikasi solenoida dengan waktu reaksi selama 1 jam. Hasil penelitian ini adalah larutan elektrolit  $H_2SO_4$  (asam kuat) merupakan jenis larutan elektrolit yang sangat baik dalam proses sintesis graphene dengan metode elektrokimia dibandingkan dengan larutan HCl (asam kuat) dan larutan  $CH_3COOH$  (asam lemah), hal tersebut berdasarkan berat graphene yang diperoleh dari hasil sintesis dengan metode elektrokimia menggunakan larutan elektrolit  $H_2SO_4$  1M diperoleh graphene sebesar 0,53g, sedangkan dengan larutan HCl 1M diperoleh graphene sebesar 0,43g dan dengan larutan  $CH_3COOH$  1M diperoleh graphene sebesar 0,01g. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kekuatan asam suatu larutan elektrolit berpengaruh pada produksi graphene dengan metode elektrokimia, terkait dengan konsentrasi larutan elektrolit terbukti bahwa peningkatan konsentrasi larutan elektrolit akan meningkatkan produksi graphene dengan metode elektrokimia. Semakin tinggi kekuatan asam dan konsentrasi suatu larutan elektrolit maka daya hantar listrik larutan tersebut juga meningkat.

**Kata Kunci :** Graphene, Elektrolit, Elektrokimia, Konsentrasi, Asam

*ABSTRACT*

Graphene plays a significant role as the main raw material for supercapacitor production, which is highly demanded due to its high electrical conductivity for technological development. Therefore, research has been conducted to accelerate the production process of graphene in the electrochemical method. This method requires several main components, namely electrolyte solution, electrode, and power supply. This study aims to determine the effect of the type of electrolyte solution, consisting of strong acids namely Sulfuric Acid ( $H_2SO_4$ ) and Hydrochloric Acid (HCl), and weak acid namely Acetic Acid ( $CH_3COOH$ ) in graphene synthesis by electrochemical method, as well as the effect of electrolyte solution concentration (0.5M; 1M; and 1.5M). The fixed variables used are commercial graphite electrodes with a modified solenoid reactor used for a reaction time of 1 hour. The results showed that  $H_2SO_4$  electrolyte solution (strong acid) is an excellent type of electrolyte solution in the graphene synthesis process by electrochemical method compared to HCl (strong acid) and  $CH_3COOH$  (weak acid) solutions, based on the weight of graphene obtained

©2023 The Authors. Published by  
AUSTENIT (Indexed in SINTA)

doi:

10.53893/austenit.v15i1.6270

*from the synthesis result using 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> electrolyte solution, 0.53g of graphene was obtained, while using 1 M HCl solution, 0.43g of graphene was obtained and using 1M CH<sub>3</sub>COOH solution, only 0.01g of graphene was obtained. The results of this study indicate that the strength of the acid in an electrolyte solution affects the production of graphene by electrochemical method. Regarding the concentration of electrolyte solution, it has been proven that an increase in electrolyte solution concentration will increase graphene production by electrochemical method. The higher the strength of acid and concentration of an electrolyte solution, the higher the electrical conductivity of the solution.*

**Keywords :** Graphene, Electrolyte, Electrochemistry, Concentration, Acid

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kian meningkat, kebutuhan akan bahan dasar teknologi turut dibutuhkan, salah satunya graphene. Graphene adalah alotrop karbon yang berbentuk lembaran tipis yang tersusun dalam kisi heksagonal dari sebuah atom berikatan sp<sup>2</sup> (Hashimoto et al., 2019). Graphene dapat menjadi bahan baku utama dalam pembuatan superkapasitor karena berbentuk lembaran tipis berskala partikel yang sangat kecil (nano) dengan sifat konduktivitas listriknya sangat tinggi. Konduktivitas listrik pada graphene lima kali lebih besar daripada tembaga yang saat ini banyak digunakan, sedangkan berat materialnya empat kali lebih ringan dari pada berat material tembaga (Ren et al., 2020). Superkapasitor merupakan komponen penyimpan energi yang sangat baik yang sangat dibutuhkan dalam kemajuan zaman ini, sehingga zat penyusun superkapasitor yaitu graphene sangat cocok sebagai bahan utama yang sangat perlu dikembangkan guna meningkatkan produksi superkapasitor. Graphene dipilih sebagai bahan utama superkapasitor dikarenakan graphene memiliki potensi sebagai elektroda pada superkapasitor yang memerlukan konduktivitas listrik yang baik (Wang et al., 2017). Oleh karena itu, berbagai penelitian dilakukan untuk menghasilkan graphene agar dapat diaplikasikan dalam bidang energi, seperti baterai atau superkapasitor (Singh & Charu Tripathi, 2018).

Pada penelitian ini menerapkan metode sintesis graphene secara elektrokimia karena dinilai metodenya yang lebih ramah lingkungan. Kelebihan dari metode ini yaitu proses pembuatannya yang cepat, ramah lingkungan, dan minim biaya (Ramadhan et al., 2019). Terdapat 3 komponen utama yaitu larutan elektrolit, elektroda, dan suplai listrik. Larutan elektrolit yang digunakan umumnya larutan asam dan larutan garam, namun belum ada penelitian yang mengkaji tentang pengaruh jenis larutan elektrolit asam dan konsentrasi larutan elektrolit, dalam hal ini asam kuat dan asam lemah terhadap produksi sintesis graphene dengan metode elektrokimia.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jenis larutan elektrolit untuk sintesis graphene dengan metode elektrokimia yang terdiri atas asam kuat yaitu Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), dan Asam Klorida (HCl), serta asam lemah yaitu Asam

Asetat (CH<sub>3</sub>COOH) untuk memperoleh graphene secara elektrokimia serta pengaruh konsentrasi larutan elektrolit (0,5M; 1M; dan 1,5M). Konsentrasi adalah simbol kuantitatif dari komposisi larutan. Konsentrasi mendefinisikan jumlah zat terlarut dalam larutan dalam satuan volume zat terlarut. Satuan konsentrasi menggunakan satuan molaritas, dimana molaritas merupakan banyak mol zat terlarut dalam 1 liter larutan) dengan simbol (M) (Zidni, 2016). Sehingga perbedaan konsentrasi akan mempengaruhi reaksi dan keluaran yang dihasilkan.

Variabel tetap dalam penelitian ini adalah penggunaan elektroda grafit yang tersedia secara komersial, waktu reaksi 1 jam, dan reaktor dengan modifikasi solenoida, dimana pada penelitian sebelumnya (Nuriskasari et al., 2022) menunjukkan bahwa penggunaan reaktor yang termodifikasi solenoida dapat meningkatkan percepatan terbentuknya graphene. Sehingga, pengujian pada penelitian ini menggunakan reaktor termodifikasi solenoida.

## 2. METODE PENELITIAN

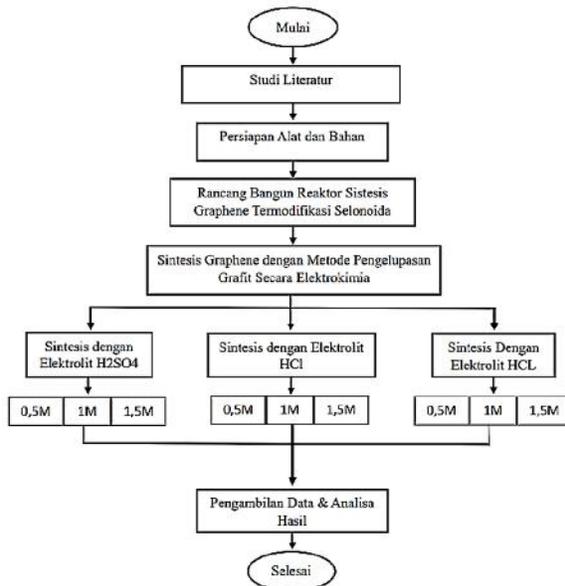
Metode pada penelitian ini menggunakan metode elektrokimia dalam proses sintesis graphene dengan fokus pengujiannya yaitu membandingkan kinerja jenis-jenis larutan elektrolit serta konsentrasi larutan elektrolit.

Peralatan dan bahan yang dibutuhkan yaitu reaktor kaca berdimensi 10cm x 10cm x 20cm, solenoida berbahan nikel, *power suplai* dengan kapasitas 30V 5A, Baterai/Aki 12V 3,5AH, styrofoam, elektroda grafit komersial, larutan elektrolit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, CH<sub>3</sub>COOH), aquades, gelas ukur, dan timbangan analitik.

Variabel bebas ialah jenis-jenis larutan elektrolit diantaranya larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, larutan HCl, dan larutan CH<sub>3</sub>COOH. serta besar konsentrasi dalam satuan molaritas diantaranya yaitu sebesar 0,5M; 1M; dan 1,5M. Variabel tetapnya, yaitu elektroda (anoda dan katoda) yang digunakan berupa grafit komersial dan waktu reaksi selama 1 jam.

*Output* pengukuran pada pengujian ini berupa berat graphene (g). *Output* ini digunakan untuk menunjukkan kinerja jenis larutan elektrolit serta konsentrasi larutan elektrolit mana yang

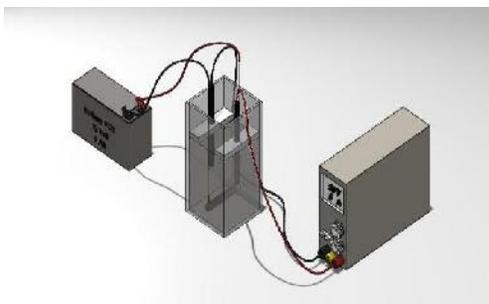
paling baik dan optimal dalam proses sintesis graphene menggunakan metode elektrokimia. Diagram alir penelitian tersaji pada pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Prosedur pertama yaitu melakukan studi literatur terkait pengembangan sintesis graphene, lalu menyiapkan alat dan bahan, diantaranya yaitu reaktor kaca berdimensi 10cm x 10cm x 20cm yang dilengkapi dengan lilitan kawat nikel sebagai solenoidanya yang terhubung dengan aki. Reaktor terhubung dengan *power suplai* yang mengalirkan arus listrik pada elektroda. Pada elektrolit dipasang elektroda, yang terdiri dari katoda dan anoda. Elektroda pada penelitian ini menggunakan elektroda grafit komersial. Elektroda terdiri dari anoda dan katoda (Arnoldi, 2012), elektroda dimasukkan ke dalam reaktor dengan disangga oleh styrofoam. Dua buah styrofoam berukuran 3cm x 10cm x 2cm.

Larutan elektrolit yang dibandingkan di penelitian ini yaitu  $H_2SO_4$ , HCl, dan  $CH_3COOH$ , elektrolit ini akan dibandingkan kinerjanya sehingga percobaan antara ketiganya dilakukan secara bergantian. Setiap elektrolit juga dicari pengaruh dari perbedaan konsentrasinya, adapun variasi konsentrasinya yaitu 0,5M; 1M; dan 1,5M.



**Gambar 2.** Desain Reaktor Termodifikasi Solenoida

Selanjutnya dilakukan percobaan untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis elektrolit serta konsentrasi elektrolit dengan waktu reaksi setiap variasi selama 1 jam, graphene yang dihasilkan setelah reaksi disaring, dikeringkan, dan ditimbang. Gambar 2 menunjukkan desain reactor yang digunakan dalam penelitian ini.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengaruh Jenis-Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Proses Sintesis Graphene

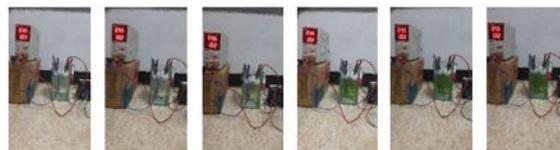
Terdapat tiga variasi larutan elektrolit dalam percobaan ini, yaitu larutan  $H_2SO_4$ , larutan HCl, dan larutan  $CH_3COOH$ . Uji coba pengaruh jenis larutan elektrolit terhadap sintesis graphene dilakukan selama 1 jam setiap jenisnya. Adapun konsentrasi setiap jenis larutan elektrolit tersebut adalah variable tetap yaitu 1M.

Percobaan pertama pada sintesis graphene menggunakan larutan elektrolit  $H_2SO_4$  1M, adapun proses selama sintesis graphene menggunakan larutan elektrolit  $H_2SO_4$  1M ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Sintesis Graphene menggunakan Larutan Elektrolit  $H_2SO_4$  1M

Percobaan kedua pada sintesis graphene menggunakan larutan elektrolit HCl 1M, adapun proses selama sintesis graphene menggunakan elektrolit HCl 1M ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Sintesis Graphene menggunakan Larutan Elektrolit HCl 1M

Percobaan ketiga pada sintesis graphene menggunakan larutan elektrolit  $CH_3COOH$  1M, adapun proses selama sintesis graphene menggunakan larutan elektrolit  $CH_3COOH$  1M ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Sintesis Graphene menggunakan Larutan Elektrolit  $CH_3COOH$  1M

Gambar 3, 4, dan 5 menunjukkan sintesis graphene secara berurutan menggunakan larutan  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ , dan  $CH_3COOH$ . Pengambilan gambar percobaan dilakukan secara berurutan setiap 10 menit sekali selama 1 jam dengan interval waktu pengambilan yakni 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit.

Berdasarkan hasil pengamatan secara kualitatif, sintesis graphene yang menggunakan larutan elektrolit  $H_2SO_4$  lebih banyak menghasilkan graphene, berdasarkan warna elektrolit pada reaktor yang lebih gelap daripada yang menggunakan larutan elektrolit  $HCl$  dan  $CH_3COOH$ . Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan larutan elektrolit  $H_2SO_4$  sangat baik dalam proses pengelupasan lapisan elektroda grafit menggunakan metode elektrokimia.

Pada proses sintesis graphene menggunakan elektrolit menghasilkan aroma yang khas dari setiap jenis elektrolitnya, adapun pada  $H_2SO_4$  bau nya tidak begitu menyengat, pada  $HCl$  menghasilkan bau yang sangat menyengat sesuai dengan sifat fisika dan kimia  $HCl$ , yaitu tidak berwarna, cairan berasap, bau tajam dan tidak sedap, sedangkan  $CH_3COOH$  menghasilkan bau yang tidak terlalu menyengat namun sangat khas dengan bau cuka nya.

Pengamatan pada komponen elektrikal yang ada pada lingkungan sintesis menunjukkan tidak ada reaksi signifikan pada saat sintesis menggunakan larutan elektrolit  $H_2SO_4$  dan  $CH_3COOH$ . Namun pada saat menggunakan elektrolit  $HCl$ , muncul dengan cepat karat pada komponen penjepit yang dapat menghambat arus dari *power suplai*. Korosi pada reaksi menggunakan  $HCl$  biasanya disebabkan karena adanya reaksi asam sulfat dari gas hidrogen klorida ( $HCl$ ) yang menjadi komponen utama penyebab terjadinya korosi (Sabyantoro et al., 2019).

Data kuantitatif berupa berat graphene sesudah proses sintesis graphene untuk mengetahui pengaruh perbedaan elektrolit terhadap *Output* sintesis graphene yang dihasilkan dari setiap larutan elektrolit selama 1 jam tersaji pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Pengaruh Perbedaan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Berat Graphene

Gambar 6 menunjukkan terdapat 3 percobaan sintesis graphene dengan larutan elektrolit yang berbeda yaitu  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ , dan  $CH_3COOH$  dengan konsentrasi yang sama yaitu 1 M dengan waktu reaksi selama 1 jam. Berdasarkan data yang tersaji pada Gambar 6, terlihat bahwa penggunaan larutan elektrolit  $H_2SO_4$  lebih baik daripada penggunaan elektrolit  $HCl$  dan  $CH_3COOH$ , dimana terlihat dari data berat graphene. 0,53 g graphene dihasilkan dengan menggunakan larutan elektrolit  $H_2SO_4$ , sedangkan dengan menggunakan larutan elektrolit  $HCl$  hanya menghasilkan 0,43 g graphene, dan menggunakan larutan elektrolit  $CH_3COOH$  hanya menghasilkan 0,01 g graphene. Berdasarkan data ini, maka larutan asam lemah seperti  $CH_3COOH$  yang digunakan pada penelitian ini kurang tepat jika digunakan sebagai larutan elektrolit untuk produksi graphene dengan metode elektrokimia.  $CH_3COOH$  adalah jenis asam lemah yang sulit mengalami ionisasi sehingga daya hantar listriknya lemah sekali. Adapun larutan asam kuat yang lebih tepat digunakan sebagai larutan elektrolit dalam produksi graphene dengan metode elektrokimia adalah larutan  $H_2SO_4$ .

Hasil tersebut dikarenakan daya hantar listrik suatu larutan elektrolit bergantung pada kemampuan ionisasi larutan elektrolit yang juga bergantung pada kekuatan asam larutan tersebut, Semakin tinggi kemampuan ionisasi larutan elektrolit, maka daya hantar listrik larutan tersebut juga akan meningkat, sehingga produksi graphene dengan metode elektrokimia juga meningkat. Kemampuan ionisasi  $H_2SO_4$  lebih baik dari  $HCl$  maupun  $CH_3COOH$ . Ketika terjadinya ionisasi  $H_2SO_4$  bereaksi menjadi  $H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$ , sehingga daya hantar listrik larutannya juga lebih baik dibandingkan 2 jenis larutan elektrolit lain yang digunakan dalam penelitian ini.

Kinerja elektrokimia bahan elektroda dievaluasi dengan metode voltametri siklik menggunakan dua elektroda serta larutan elektrolit 1 M  $H_2SO_4$ . Elektrolisis larutan  $H_2SO_4$  1 M menunjukkan kinerja elektrokimia yang lebih baik dan optimal daripada elektrolit jenis lain dengan kapasitas spesifik 152 F/g (Awitdrus et al., 2022).

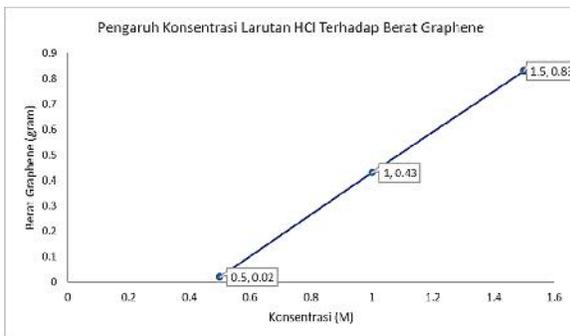
### 3.2. Pengaruh Konsentrasi (Molaritas) Elektrolit Terhadap Proses Sintesis Graphene



**Gambar 7.** Pengaruh konsentrasi Larutan  $H_2SO_4$  Terhadap Berat Graphene

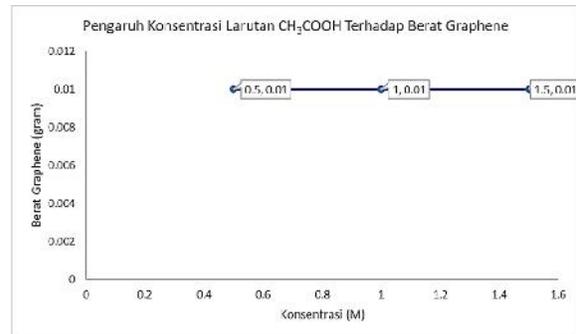
Gambar 7 menunjukkan grafit yang tergerus secara berurutan dari proses sintesis graphene menggunakan larutan elektrolit  $H_2SO_4$  dengan perbedaan konsentrasi diantaranya 0,5M, 1M, dan 1,5M. Dari data grafik menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan elektrolit  $H_2SO_4$  maka akan meningkatkan daya hantar listrik larutan pada proses sintesis graphene dengan metode elektrokimia sehingga graphene yang dihasilkan lebih banyak dan grafit semakin mudah tergerus.

Hasil ini sejalan (Awitdrus et al., 2022), yang menyatakan dari penelitiannya, bahwa perubahan konsentrasi larutan  $H_2SO_4$  mempengaruhi sifat kelistrikan sampel.  $H_2SO_4$  1,5M sebesar  $1,84 \times 10^{-4}$  S/m mempunyai konduktivitas paling tinggi pada eksfoliasi sampel karbon. Permittivitas nyata dan imajiner menunjukkan bahwa sampel menunjukkan beberapa bentuk muatan ruang/polarisasi antarmuka. Polarisasi tertinggi terjadi pada sampel yang dieksfoliasi dengan larutan  $H_2SO_4$  1,5M. Hal ini juga karena semakin banyak zat terlarut yang tercampur, semakin tinggi titik didih larutan. Oleh karena itu, semakin pekat larutan, semakin banyak energi yang digunakan dan semakin sedikit waktu yang dibutuhkan (Putri et al., 2017).



**Gambar 8.** Pengaruh Konsentrasi Larutan HCl Terhadap Berat Graphene

Gambar 8 menunjukkan berat graphene yang dihasilkan menggunakan larutan elektrolit HCl dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 0,5M, 1M, dan 1,5M. Dari data grafik menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan elektrolit HCl maka berat graphene yang dihasilkan meningkat, hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan elektrolit HCl akan meningkatkan reaksi sintesis graphene karena daya hantar listrik larutannya meningkat sehingga semakin banyak graphene yang terbentuk dan grafit semakin mudah tergerus. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yaitu dimana HCl pada sampel yang dieksfoliasi listrik yang dihasilkan lebih rendah daripada aquades (Hastuti et al., 2022).



**Gambar 9.** Pengaruh Konsentrasi Larutan  $CH_3COOH$  Terhadap Berat Graphene

Gambar 9 menunjukkan berat graphene yang dihasilkan dari proses sintesis graphene menggunakan larutan elektrolit  $CH_3COOH$  dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 0,5 M, 1 M, dan 1,5M. Dari data grafik menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi elektrolit larutan  $CH_3COOH$  tidak mempengaruhi reaksi pada sintesis graphene. Hal ini disebabkan larutan  $CH_3COOH$  termasuk dalam golongan asam lemah dan termasuk juga dalam elektrolit lemah sehingga proses reaksi sintesis graphene dengan metode elektrokimia menggunakan  $CH_3COOH$  kurang cocok.

Hal ini dikarenakan  $CH_3COOH$  hanya terionisasi sebagian sehingga termasuk ke dalam elektrolit lemah, dimana elektrolit lemah dalam elektrokimia kurang mampu bereaksi secara sempurna. Beberapa bukti seperti pada percobaan uji elektrolit larutan asam cuka menyalakan lampu dengan redup dan terdapat sedikit gelembung (Wilandari et al., 2018).

#### 4. KESIMPULAN

Larutan elektrolit  $H_2SO_4$  (asam kuat) merupakan jenis larutan elektrolit yang sangat baik dalam proses sintesis graphene dengan metode elektrokimia dibandingkan dengan larutan HCl (asam kuat) dan larutan  $CH_3COOH$  (asam lemah), hal tersebut berdasarkan berat graphene yang diperoleh dari hasil sintesis dengan metode elektrokimia menggunakan larutan elektrolit  $H_2SO_4$  1 M diperoleh graphene sebesar 0,53g, sedangkan dengan larutan HCl 1M diperoleh graphene sebesar 0,43g dan dengan larutan  $CH_3COOH$  1M diperoleh graphene sebesar 0,01g. Semakin tinggi kekuatan asam dan konsentrasi suatu larutan elektrolit maka daya hantar listrik larutan tersebut juga meningkat.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Politeknik Negeri Jakarta yang telah membiayai seluruh proses pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hashimoto, H., Muramatsu, Y., Nishina, Y., & Asoh, H. (2019). Bipolar anodic electrochemical exfoliation of graphite powders. *Electrochemistry Communications*, 104, 106475. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2019.06.001>
- Ren, Z., Luo, H., Mao, H., Li, A., Dong, R., Liu, S., & Liu, Y. (2020). Hybrid supercapacitor based on graphene and Ni/Ni (OH) 2 nanoparticles formed by a modified electrochemical exfoliation method. *Chemical Physics Letters*, 760, 138019. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2020.138019>
- Singh, R., & Tripathi, C. C. (2018). Electrochemical exfoliation of graphite into graphene for flexible supercapacitor application. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 1125-1130. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.192>
- Wang, H., Wei, C., Zhu, K., Zhang, Y., Gong, C., Guo, J., & Zhang, J. (2017). Preparation of graphene sheets by electrochemical exfoliation of graphite in confined space and their application in transparent conductive films. *ACS applied materials & interfaces*, 9(39), 34456-34466. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsami.7b09891>
- Ramadhan, D. A., Kurniawan, C., & Mahatmanti, F. W. (2019). Pengelupasan Lapisan Grafit secara Elektrokimia dalam Suasana Asam. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(2), 119-125. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/view/28452>
- Zidni, N. (2016). Optimalisasi Penggunaan HCl Dalam Pengolahan Air Limbah Pada Penambangan Emas Di Tambang Bawah Tanah PT Cibaliung Sumberdaya, Kecamatan Cimanggu, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. <http://repository.unisba.ac.id/handle/123456789/12473>
- I. Nuriskasari, D. Handaya, and A. E. Pramono. (2022). Pengaruh Perbedaan Anoda pada Sintesis Graphene Menggunakan Reaktor Elektrokimia Termodifikasi Solenoida. *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 7, no. 1, p. 11, 2022 <http://dx.doi.org/10.31544/jtera.v7.i1.2022.11-16>
- Arnoldi, D., Putri, F., & Sailon, S. (2012). Penerapan Teknologi Elektrolisa Larutan Air-Koh Untuk Meningkatkan Efektivitas Penggunaan Kompiler Gas LPG. *AUSTENIT*, 4(02). <https://doi.org/10.5281/zenodo.4544366>
- Sabyantoro, W. K., Purwanto, H., & Dzulfikar, M. (2019). Analisis laju korosi dengan aliran media korosi HCL 10% pada material baja ASTM A36 dengan sudut bending. *Majalah Ilmiah MOMENTUM*, 15(1). <http://dx.doi.org/10.36499/jim.v15i1.2661>
- Awitdrus, A., Hanifa, Z., Agustino, A., Taer, E., & Farma, R. (2022). Perbandingan larutan elektrolit H2SO4 dan KOH pada kinerja elektrokimia bahan elektroda berbasis karbon aktif sabut kelapa muda. *Jurnal Litbang Industri*, 12(1), 15-20. <http://bpkimi1.kemenperin.go.id/jli/article/view/7206>
- Hastuti, E., & Fefiyanti, F. (2022). Pengaruh Konsentrasi HCl Pada Proses Exfoliasi Graphene Oxide/Reduce Graphene Oxide (GO/rGO) Dari Karbon Bulu Ayam. *Indonesian Journal Of Applied Physics*, 12(2), 168-175. <https://doi.org/10.13057/ijap.v12i2.56282>
- Putri, L. M. A., Prihandono, T., & Supriadi, B. (2017). Pengaruh konsentrasi larutan terhadap laju kenaikan suhu larutan. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 6(2), 151-157. <http://jurnal.unej.ac.id/index.php/JPF/article/view/4959>
- Wilandari, D. N., Ridwan, A., & Rahmawati, Y. (2018). Analisis Model Mental Siswa pada Materi Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit: Studi Kasus di Pandeglang. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia (JRPK)*, 8(2), 84-94. <https://doi.org/10.21009/JRPK.082.03>