



Plagiarism Checker X Originality Report

Similarity Found: 12%

Date: Friday, May 17, 2019

Statistics: 410 words Plagiarized / 3306 Total words

Remarks: Low Plagiarism Detected - Your Document needs Optional Improvement.

_____JURNAL IPTEK MEDIA KOMUNIKASI TEKNOLOGI _____homepage URL :
ejurnal.itats.ac.id/index.php/iptek _____Pengaruh Waktu Ultrasonikasi
Terhadap Sifat Kapasitif Material Reduced Graphene Oxide Sebagai Elektroda
Superkapasitor __Haniffudin Nurdiansah1, Diah Susanti2, Dah-Shyang Tsai3, Hariyati
Purwaningsih4, Lukman Noerochiem5 __Departemen Teknik Material, Fakultas
Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember1,2,4,5 Chemical Engineering
Department, National Taiwan University of Science and Technology3 __INFORMASI
ARTIKEL __ABSTRACT __Jurnal IPTEK – Volume xx Nomer xx, Mei 2018 ISSN:1411-7010
e-ISSN:2477-507X Halaman: 1 – 10 DOI:
<https://dx.doi.org/10.31284/j.iptek.2017.v21i2.91> __The development of knowledge in
the field of material technology is very rapid in recent years. The need for energy
storage materials is a challenge.

Along with **the discovery of graphene** material, research has developed regarding the application of graphene as a supercapacitor material because the value of the theoretical active surface area reaches 2675 m² / g and the conductivity is also very good. One of the influencing factors in the process **of reduced graphene oxide** synthesis is the ultrasonication process, where the function of this process is to convert graphite oxide into graphene oxide, which is described by exfoliation of graphene sheets to become thinner. In this study, ultrasonication time of 1.5, 2 and 2.5

hours was used. Characterization tests carried out were XRD, SEM, Raman, and FTIR testing. From the test results **it was found that reduced graphene oxide material** was successfully synthesized. Then electrochemical performance testing was **carried out using Cyclic Voltammetry (CV) and** Charge Discharge.

From the results of the CV test, it was found that the best performance was on the 1.5 hour ultrasonication process, ie the capacitance reached 195.15 F / gr. Keywords: Ultrasonication; Reduced Graphene Oxide; Supercapacitor; Energy Storage Materials _
_EMAIL _ _ _ _haniffudin@mat-eng.its.ac.id haniffudin09@gmail.com
santiche@mat-eng.its.ac.id

_ _ _ _RIWAYAT ARTIKEL _ _ABSTRAK _ _Tanggal diterima : 20 Mei 2018 Tanggal disetujui : 20 Mei 2018 Tanggal diterbitkan : 20 Mei 2018 _ _Perkembangan pengetahuan di bidang teknologi material sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir ini. Kebutuhan akan material penyimpan energi menjadi sebuah tantangan tersendiri.

Seiring dengan ditemukannya material graphene, berkembanglah penelitian mengenai aplikasi graphene sebagai material superkapasitor karena nilai luas permukaan aktif teoritis nya mencapai 2675 m²/gr dan konduktivitas yang juga sangat baik. Salah satu faktor yang mempengaruhi dalam proses sintesis reduced graphene oxide adalah proses ultrasonikasi, dimana fungsi dari proses ini adalah mengubah graphite oxide menjadi graphene oxide, yang ditandai adanya pengelupasan (exfoliation) dari lembaran graphene sehingga menjadi lebih tipis.

Dalam penelitian ini, digunakan waktu ultrasonikasi sebesar 1.5, 2, dan 2.5 jam. Pengujian karakterisasi yang dilakukan adalah pengujian XRD, SEM, Raman, dan FTIR. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa material reduced graphene oxide berhasil disintesis. Kemudian dilakukan pengujian performa elektrokimia dengan menggunakan Cyclic Voltammetry (CV) dan Charge Discharge.

Dari hasil pengujian CV didapatkan bahwa performa terbaik pada pada proses ultrasonikasi 1.5 jam, yaitu kapasitansi nya mencapai 195.15 F/gr. Kata kunci: Ultrasonikasi ; Reduced Graphene Oxide; Supercapacitor; Material Penyimpan Energi _
_PENERBIT _ _ _ _LPPM- Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya Jurnal IPTEK by
LPPM-ITATS is licensed under a Creative Commons
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

_____ PENDAHULUAN Perkembangan teknologi material yang sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir mengakibatkan penelitian dibidang material juga meningkat pesat. Sejak ditemukannya graphene oleh Andre K. Geim dan Novoselov tahun 2004, banyak sekali penelitian mengenai aplikasi graphene sebagai material untuk superkapasitor. Supercapacitor menjadi perhatian dikarenakan sifatnya yang baik, terutama densitas power yang tinggi, laju charge/discharge yang tinggi, serta memiliki life cycle yang panjang[1]. Biasanya untuk superkapasitor yang berbahan karbon, digunakan material karbon yang memiliki luas permukaan aktif yang besar.

Hal ini terkait dengan kemampuan dari karbon untuk menyerap dan menyimpan muatan di dalam pori-porinya. Material karbon yang sering digunakan untuk elektroda superkapasitor adalah karbon aktif. Akan tetapi, walaupun karbon aktif memiliki luas permukaan aktif yang besar, namun sayangnya memiliki mesoporositas yang rendah, sehingga memiliki nilai kapasitansi yang rendah akibat keterbatasan dalam mengakses elektrolit[2].

Graphene merupakan salah satu material yang bisa menjadi pengganti karbon aktif sebagai elektroda superkapasitor. Graphene adalah satu lapis dari grafit yang mengalami hibridisasi sp² dengan sifat yang sangat menonjol, misalnya ringan, sifat konduktivitas termal dan listrik yang bagus, luas permukaan aktif yang sangat besar (mencapai 2675 m²/gr), sifat mekanik yang kuat (mendekati 1 TPa) dan stabilitas kimia yang baik [3].

Reduced Graphene Oxide (rGO) adalah salah satu senyawa kimia turunan dari graphene. rGO lebih menjanjikan dari graphene sendiri, dikarenakan bisa di produksi secara massal dengan sifat yang mendekati sifat dari graphene murni. Biasanya rGO dihasilkan dari proses reduksi kimia[4].

Salah satu proses yang penting dalam sintesis rGO adalah proses ultrasonikasi, yaitu pengelupasan lembaran-lembaran graphite oxide sehingga menjadi lebih tipis dan berkurang jumlah lembarannya dan menghasilkan senyawa graphene oxide. Graphene oxide inilah yang kemudian direduksi secara kimia sehingga dihasilkan rGO. Semakin lama waktu ultrasonikasi, maka graphene oxide yang dihasilkan lembarannya menjadi semakin tipis, sehingga proses pengelupasan nya menjadi lebih efektif[5].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu ultrasonikasi terhadap performa elektrokimia material rGO sebagai elektroda superkapasitor. TINJAUAN PUSTAKA Reduced Graphene Oxide (rGO) Reduced Graphene Oxide (rGO) adalah senyawa kimia turunan graphene. rGO disintesis dari grafit melalui beberapa langkah. Langkah pertama kali adalah mengoksidasi grafit menjadi graphite oxide. Proses oksidasi ini dimakan metode Hummer.

Metode Hummer dilakukan dengan mereaksikan grafit dengan asam kuat H₂SO₄ dan oksidator KMnO₄ dan NaNO₃[6]. Proses oksidasi ini mengakibatkan adanya gugus-gugus fungsional oksigen yang terikat dengan gugus C-C dan C=C. Struktur graphite oxide masih mirip dengan struktur grafit. Pada tahap ini terjadi peningkatan jarak interlayer dan menjadikan struktur nya bersifat hidrofilik.

Selanjutnya, lapisan graphite oxide dilakukan proses ultrasonikasi untuk memecah layer

nya, sehingga diperoleh struktur yang memiliki jumlah layer yang lebih sedikit, dinamakan graphene oxide. Sifat yang menarik dari graphene oxide ini adalah, kita bisa mereduksinya (secara sebagian) sehingga terbentuk struktur reduksi baru, yang dinamakan sebagai rGO.

Metode reduksi kimia adalah yang paling umum digunakan untuk mereduksi. Salah satu jenis logam yang bisa digunakan adalah Zn. Zn memiliki kelebihan sebagai reduktor, karena lebih murah, ramah lingkungan, cepat dan dapat dilakukan dalam skala besar. Proses reduksi ini dilakukan pada kondisi asam, selama 30 menit pada temperatur kamar[7]. Hasil dari proses reduksi ini adalah rGO.

Gambar 1 menunjukkan proses perubahan grafit menjadi rGO. _ Gambar 1 Mekanisme perubahan dari grafit menjadi rGO[8] Superkapasitor Superkapasitor adalah piranti penyimpanan muatan yang berfungsi melengkapi atau bahkan mengganti baterai sebagai alat penyimpan energi.

Berdasarkan mekanisme penyimpanan energinya, superkapasitor dibagi menjadi dua, yaitu Electric Double Layer Capacitor (EDLC) dan pseudocapacitor[9]. EDLC memakai prinsip penyimpanan muatan yang terjadi pada antar muka dari elektrolit dan elektroda. Sehingga dibutuhkan nilai luas permukaan aktif dan ukuran pori yang terkontrol, serta meningkatkan konduktivitas listrik agar diperoleh kapasitas penyimpanan yang besar[10].

Untuk pseudocapacitor, penyimpanan muatan dilakukan melalui proses transfer muatan faradic antara muatan elektrolit dan elektroda akibat adanya reaksi redoks faradaic yang melibatkan banyak elektron, dan menghasilkan kapasitansi spesifik **dan densitas energi yang lebih** tinggi apabila dibandingkan dengan EDLC[11]. Superkapasitor dibagi menjadi 3 berdasarkan kurva Cyclic Voltammetry nya, yaitu ideal, resistive, dan pseudocapacitance.

Untuk ideal superkapasitor, bentuk kurvanya adalah rectangular, yang menunjukkan bahwa proses charging discharging berlangsung secara simultan. Untuk resistive superkapasitor, bentuk kurvanya adalah jajargenjang. Sedangkan untuk pseudocapacitance superkapasitor, terdapat ciri khas berupa adanya hump yang menunjukkan adanya proses redoks yang menyertainya, seperti ditunjukkan pada gambar 2.

_ Gambar 2 Jenis-jenis superkapasitor[12] METODE _ _ (b) Gambar 3 Flowchart pembuatan Graphite Oxide (a) dan rGO (b) Graphite oxide di sintesis dengan menggunakan metode Hummer. Bahan yang digunakan adalah serbuk grafit, H₂SO₄,

KMnO₄, NaNO₃, H₂O₂, es, dan aquades. Proses dimulai dengan menimbang massa grafit sebesar 2 gram. Kemudian dilanjutkan mempersiapkan H₂SO₄ 98% sebanyak 98 ml .

Selanjutnya, ice bath disiapkan, dengan menambahkan es pada sekeliling glass beaker 1L yang terlebih dahulu disiapkan di dalam bath. Grafit dimasukkan ke dalam glass beaker, kemudian dilanjutkan dengan penambahan H₂SO₄. Selanjutnya dilakukan proses stirring di atas hot plate selama 1 jam, dengan menjaga temperatur konstan 00C.

Kemudian, dilakukan penambahan KMnO₄ sebanyak 8 gram dan NaNO₃ sebanyak 4 gram, secara bertahap dalam kondisi tetap stirring. Proses stirring dilanjutkan sampai tepat 4 jam. Setelah itu, glass beaker dikeluarkan dari ice bath, temperature diatur pada 350C, dan dilakukan penambahan aquades sebanyak 200 ml, yang berfungsi untuk mengurangi kepekatan. Selanjutnya stirring dilanjutkan lagi selama 24 jam, untuk memberi waktu grafit teroksidasi sempurna.

Setelah 24 jam stirring, maka diperoleh bentuk larutan yang bertambah kental, dengan warna coklat susu. Kemudian dilakukan penambahan H₂O₂ 30% sebanyak 15 ml, sampai larutan berubah warna dari coklat susu menjadi kuning. Penambahan ini berfungsi untuk menghilangkan sisa KMnO₄ yang tidak bereaksi.

Selanjutnya, produk larutan kental berwarna kuning tersebut disaring, dan di centrifuge dengan kecepatan 3000 rpm selama 1 jam. Hasil dari centrifuge, terbentuk endapan kuning pada bagian bawah tabung, dan larutan bening pada bagian atas tabung. Larutan bening ini dibuang, dan endapan kuning nya diambil. Proses selanjutnya adalah proses pencucian. Pertama kali endapan dicuci dengan menggunakan HCl 5%.

Fungsi dari penambahan HCl ini adalah untuk menghilangkan sisa ion logam yang masih ada di larutan. Kemudian pencucian diteruskan dengan menggunakan aquades sampai pH netral. Proses drying dilakukan pada wadah crucible Alumina 100 ml didalam muffle furnace pada temperatur 1100C dengan holding time 12 jam.

Hasil dari proses drying adalah berupa lembaran grafit oksida berwarna hitam mengkilat. rGO disintesis dengan cara mereduksi graphite oxide menjadi graphene oxide, kemudian dilanjutkan dengan mereduksi graphene oxide menjadi Reduced Graphene Oxide/rGO. Pembuatan graphene oxide dimulai dengan cara melarutkan graphite oxide (40 mg) ke dalam 40 ml aquades, kemudian di stirring selama 2 jam untuk menguraikan lembaran nya.

Kemudian, dilakukan proses ultrasonikasi dengan berbagai variasi waktu ultrasonikasi, yaitu 1.5, 2, dan 2.5 jam. Setelah proses ultrasonikasi, maka terbentuk endapan hitam,

dan itulah yang disebut graphene oxide. Selanjutnya, graphene oxide di reduksi dengan menggunakan serbuk Zinc untuk memperoleh rGO.

Proses ini dilakukan dengan menambahkan 10 ml HCl (35%) ke dalam larutan graphene oxide, dalam kondisi non-stirring. Kemudian dilanjutkan dengan penambahan serbuk Zn sebesar 1.6 gram. Kemudian, dilakukan proses stirring 30 menit untuk homogenisasi larutan. Setelah itu, dilakukan penambahan HCl (35%) untuk kedua kalinya, sebanyak 10 ml. Proses penambahan ini bertujuan untuk menghilangkan sisa Zn yang masih ada di larutan.

Selanjutnya adalah proses pencucian. Proses pencucian pertama menggunakan HCl 5%, dengan tujuan untuk menghilangkan sisa ion logam. Kemudian dilanjutkan dengan menggunakan aquades sampai pH netral. Selanjutnya dilakukan proses hidrotermal untuk memperoleh lembaran rGO. Pada proses ini, endapan dimasukkan ke dalam autoclave untuk selanjutnya di masukkan ke dalam muffle furnace dan dipanaskan pada temperatur 2000C dengan holding time 12 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN Pembahasan XRD __ (b) Gambar 4 Hasil pengujian XRD untuk sampel rGO dengan variasi waktu ultrasonikasi (a) dan nilai intensitas dengan variasi waktu ultrasonikasi (b) Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian XRD untuk rGO. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa ketiga variasi waktu ultrasonikasi menghasilkan rGO sesuai dengan referensi.

Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai interlayer distance untuk ketiga variasi adalah sebesar 3.65728, 3.64152, dan 3.67133 Å, jauh lebih tinggi apabila dibandingkan dengan grafit sebesar 3.03 Å. Hal ini menunjukkan bahwa proses reduksi belum sepenuhnya selesai dan masih ada sisa gugus-gugus fungsi oksigen[13].

Jarak antar layer dari rGO menurun pada saat peningkatan waktu ultrasonikasi dari 1.5 jam menjadi 2 jam, kemudian naik kembali pada saat waktu ultrasonikasi 2.5 jam. Sementara itu, posisi 2? mengalami kenaikan saat waktu ultrasonikasi naik dari 1.5 jam menjadi 2 jam, kemudian turun kembali pada saat waktu ultrasonikasi naik menjadi 2.5 jam.

Selain itu, nilai intensitas dari peak (002) mempunyai pola yang sama seperti ditunjukkan pada gambar 4 (b). Dari gambar tersebut kita dapat melihat, bahwa nilai intensitas semakin naik seiring dengan peningkatan waktu ultrasonikasi. Pembahasan SEM _ Gambar 5 Hasil pengujian SEM untuk sampel rGO dengan variasi waktu ultrasonikasi 1.5 jam (a) 2 jam (b) dan 2.5

jam (c) Dari hasil pengujian SEM untuk perbesaran rendah, seperti ditunjukkan oleh gambar 5, terlihat bahwa semakin lama waktu ultrasonikasi, diperoleh lapisan lembaran rGO yang semakin tipis. Karena semakin lama waktu ultrasonikasi, maka semakin banyak punya layer-layer dari graphite oxide yang bisa terkelupas, sehingga semakin tipis.

Ketika SEM dilakukan pada perbesaran tinggi, seperti pada gambar 6, dapat kita lihat bahwa rGO mempunyai bentuk morfologi yang sama, yaitu berupa lembaran transparan tipis, yang terdiri dari beberapa layer graphene, kadang juga terlihat adanya single layer, ataupun struktur few dan multi layer, yang menunjukkan bahwa reduksi kimia menghasilkan morfologi few layer graphene, tidak bisa hanya single layer graphene. _ Gambar 6 Hasil pengujian SEM untuk sampel rGO pada perbesaran 10.000x (a) dan 15.000x (b) Pembahasan FTIR Graphite Oxide mempunyai banyak gugus yang berisi O dan H, yang menunjukkan masih banyaknya kandungan oksigen dan air di dalamnya.

Hal yang paling nampak jelas membedakan antara rGO dengan graphite oxide adalah, pada pola FTIR rGO, ikatan OH telah hilang sempurna, yang mengindikasikan pengurangan jumlah atom O dan H di dalamnya, yang berarti terjadi peningkatan kemurnian. Dari gambar 7, dapat dilihat bahwa pada waktu ultrasonikasi yang paling cepat, yaitu 1.5 jam, masih terdapat beberapa gugus C-O yang tersisa.

Sedangkan pada waktu ultrasonikasi 2 jam dan 2.5 jam, terlihat hampir semua gugus tersebut hilang, menyisakan gugus C=C saja. Hal ini menunjukkan bahwa proses reduksi berhasil menghilangkan gugus-gugus fungsional O dan H. _ Gambar 7 Hasil pengujian FTIR untuk sampel rGO dengan variasi waktu ultrasonikasi 1.5 jam, 2 jam dan 2.5

jam Pembahasan Raman Spectroscopy Terdapat 3 band hasil pengujian Raman, yaitu D band, G band dan 2D band. D band, yang berada pada raman shift sekitar 1350 cm^{-1} menunjukkan adanya cacat/defect yang terdapat pada material, berupa gangguan pada ikatan sp^2 (bisa berupa vacancies, heptagon dan pentagon ring, struktur wrinkle, dan juga adanya gugus fungsional lain seperti O dan H.

G band, yang berada pada raman shift sekitar 1590 cm^{-1} menunjukkan adanya karakteristik grafitik dari material. Semua keluarga karbon mempunyai puncak ini. Puncak ini muncul akibat adanya pergerakan peregangan dari ikatan sp^2 pada atom karbon Puncak yang berada pada raman shift sekitar 2600 cm^{-1} dikenal sebagai puncak 2D, atau G' . Puncak ini merupakan tambahan (overtone) dari puncak D. Puncak 2D menunjukkan karakteristik dari graphene [14]. Untuk mengetahui adanya cacat pada rGO, maka dilakukan perhitungan rasio ID/IG.

Nilai ID/IG yang besar menunjukkan bahwa tingkat kecacatan/defect pada struktur rGO

juga semakin besar. Dari gambar 8, kita bisa melihat semua variasi menunjukkan nilai defect yang tinggi, hal ini dikarenakan proses sintesis rGO yang menggunakan proses chemical exfoliation, sehingga merusak struktur dari permukaan graphene dan mengakibatkan terbentuknya defect.

_ Gambar 8 Hasil pengujian Raman Spectroscopy untuk sampel rGO dengan variasi waktu ultrasonikasi 1.5 jam, 2 jam dan 2.5 jam Pembahasan Cyclic Voltammetry Pengujian Cyclic Voltammetry dilakukan dengan menggunakan set up 3 elektroda, pada potensial window -0.7 sampai -0.2 Volt, menggunakan larutan elektrolit Na₂SO₄ 1M. Dari hasil pengujian CV diperoleh kurva seperti ditunjukkan pada gambar 9.

Ketiga variasi waktu ultrasonikasi menunjukkan bentuk kurva yang mendekati rectangular, yang mengindikasikan bahwa terjadi mekanisme double layer, dan mendekati sifat superkapasitor ideal. __ (b) __ (c) (d) Gambar 9 Hasil pengujian Cyclic Voltammetry untuk sampel rGO dengan variasi waktu ultrasonikasi 1.5 jam (a) 2 jam (b) 2.5

jam (c) dan plot kapasitansi vs scan rate untuk ketiga variasi (d) Pada scan rate 5 mV menunjukkan nilai kapasitansi tertinggi adalah ketika waktu ultrasonikasi 2 jam, yaitu 235.45 F/gr. Hal ini juga dikuatkan dari bentuk kurva nya yang rectangular. Variasi waktu ultrasonikasi 1.5 jam juga menunjukkan kestabilan yang baik, ditandai nilai kapasitansi nya 195.15 F/gr dan bentuk kurvanya yang rectangular. Variasi waktu ultrasonikasi 2.5

jam menunjukkan perilaku yang kurang stabil, yang terlihat dari adanya penurunan kapasitansi yang signifikan seiring dengan kenaikan scan rate, dan bentuk kurva nya yang paling kurang mendekati rectangular. Dari grafik (d), terlihat bahwa semakin besar scan rate, maka nilai kapasitansi dari ketiga variasi waktu ultrasonikasi semakin turun.

Jika dilihat dari kestabilan penurunan kapasitansi, maka terlihat bahwa variasi waktu ultrasonikasi 2.5 jam menunjukkan ketidakstabilan, ditandai dengan lanju pengurangan kapasitansi yang sangat signifikan dibanding dengan variasi waktu ultrasonikasi yang lain. Pembahasan Charge-Discharge Current Density (A/gr) _Waktu Discharging (sekon) _Kapasitansi (Farad/gram) _1 _104.7 _209.4 _1.25 _68.2 _170.5 _1.5 _51.4 _154.2

_1.75 _39 _136.5 _2 _30.9 _123.6 _2.25 _24.6 _110.7 _2.5 _20.5 _102.5 _5 _4.9 _49 _ (a) Current Density (A/gr) _Waktu Discharging (sekon) _Kapasitansi (Farad/gram) _1 _110.4 _220.8 _1.25 _58.4 _146 _1.5 _38.1 _114.3 _1.75 _27.9 _97.65 _2 _21.4 _85.6 _2.5 _14.3 _71.5 _5 _4.2 _42 __ (b) Current Density (A/gr) _Waktu Discharging (sekon) _Kapasitansi (Farad/gram) _1 _70.4 _140.8

__1.25_43.8_109.5__1.5_31.1_93.3__1.75_23.4_81.9__2_15.4_61.6__5_4_40__
(c) Gambar 10 Hasil pengujian Charge Discharge untuk sampel rGO dengan variasi waktu ultrasonikasi 1.5 jam (a) 2 jam (b) 2.5 jam (c) dan tabel kapasitansinya Pengujian charge discharge dilakukan pada larutan Na₂SO₄ pada rentang potential window -0.2 V - -0.7 V.

Kurva charge discharge secara umum mempunyai dua perilaku, yaitu berbentuk segitiga simetris atau tidak simetris. Simetris menunjukkan waktu charge dan discharge nya sama. Sedangkan tidak simetris menunjukkan waktu charge yang lebih lama dari waktu discharge, atau sebaliknya. Bentuk ini mengindikasikan bahwa waktu charge hampir sama dengan waktu discharge nya. EDLC dikatakan mempunyai performa yang bagus apabila memenuhi syarat ini.

Kemudian, dapat dilihat pula bahwa terjadi IR Drop pada permulaan proses dicharging. IR Drop terjadi akibat akumulasi dari hambatan dalam DC dan juga akibat arus listrik discharge yang mengalir besar. Jika dilihat dari hasil pengujian charge discharge, maka terlihat bahwa yang paling stabil adalah variasi waktu ultrasonikasi 1.5 jam.

Hal ini ditandai dengan bentuk kurva segitiga yang sangat simetris, menunjukkan charging discharging waktunya sama. Selain itu, terlihat bahwa penurunan kapasitansi akibat kenaikan current density nya sangat kecil, berbeda jika dibandingkan dengan variasi yang lain. KESIMPULAN rGO berhasil disintesis dari grafit dengan menggunakan metode Hummer dan diikuti reduksi dengan menggunakan serbuk zink dan proses hidrotermal pada temperatur 2000C. Variasi waktu ultrasonikasi terbaik adalah 1.5 jam, yang ditunjukkan oleh pengujian Cyclic Voltammetry memiliki kapasitansi sebesar 195.15 F/gr dan pengujian charge discharge yang memiliki kurva segitiga simetris dan laju penurunan kapasitansi yang paling rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Diah Susanti, PhD yang sudah mendanai penulis selama pengerjaan penelitian dan selalu mensupport penulis, dan Bapak Dah Shyang Tsai dari NTUST Taiwan yang telah memberikan ilmu berharga terkait riset graphene. DAFTAR PUSTAKA [1] Liu C, Li F, Ma LP, Cheng HM. Advanced materials for energy storage. Adv Mater 2010;22:E28e62 [2] E. Frackowiak, F.

Be'guin, Carbon 39 (2001) 937. [3] Wang X, Zhi LJ, Mullen K. Transparent, conductive graphene electrodes for dye-sensitized solar cells. Nano Lett 2008;8:323e7 [4] Eda G, Chhowalla M. Chemically derived graphene oxide: towards large-area thin-film electronics and optoelectronics. Adv Mater 2010;22(22):2392–415 [5] Lee Jin Ling, Chin Seik Yee, and Mariatti Jaafar. Effect of sonication time on the properties of multilayer

graphene. AIP Conference Proceedings 2017, Volume 1865, Issue 110.1063/1.4993323
<https://doi.org/10.1063/1.4993323> [6] W.S. Hummers, R.E. Offeman. Preparation of graphitic oxide. J

Am Chem Soc, 80 (6) (1958), p. 1339 [7] Panbo Liu, Ying Huang, Lei Wang. A facile synthesis of reduced graphene oxide with Zn powder under acidic condition. Materials Letters 91 (2013) 125–128 [8] Chun Kiang Chua and Martin Pumera. Chemical reduction of graphene oxide: a synthetic chemistry viewpoint. Chem. Soc. Rev., 2014, 43, 291–312 [9] Winter M, Brodd R. What are batteries, fuel cells, and supercapacitors. J Chem Rev 2004;104:4245e69.

[10] Shi W, Zhu J, Sim DH, Tay HH, Lu Z, Zhang X, et al. Achieving high specific charge capacitances in Fe₃O₄/reduced graphene oxide nanocomposites. J Mater Chem 2011;21:3422e7 [11] Ke YK, Tsai YS, Huang YS. Electrochemical capacitors of RuO₂ nanophase grown on LiNbO₃ (100) and sapphire(0001) substrates. J Mater Chem 2005;15:2122e7. [12] Elzbieta Frackowiak, Francois Beguin. Review: Carbon materials for the electrochemical storage of energy in capacitors. Carbon 39 (2001) 937–950 [13] Fatima Tuz Johra, Jee-Wook Lee, Woo-Gwang Jung. Facile and safe graphene preparation on solution based platform. Journal of Industrial and Engineering Chemistry 20 (2014) 2883–2887 [14] R. Saito, M. Hofmann, G. Dresselhaus, A. Jorio & M. S.

Dresselhaus (2011) Raman spectroscopy of graphene and carbon nanotubes, Advances in Physics, 60:3, 413–550, DOI: 10.1080/00018732.2011.582251

INTERNET SOURCES:

<1% -

https://www.researchgate.net/publication/325649353_Perancangan_Enterprise_Architecture_Menggunakan_TOGAF_di_Universitas_ABC/fulltext/5b1a7d4aaca272021cf33baf/325649353_Perancangan_Enterprise_Architecture_Menggunakan_TOGAF_di_Universitas_ABC.pdf

<1% -

http://wikieducator.org/Need_and_Importance_of_Information_Technology_in_Education

<1% - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775316311983>

<1% - <https://www.nature.com/articles/srep39108>

<1% - <http://core.ac.uk/display/35370404>

<1% - <https://medworm.com/research/science.xml>

<1% - <https://oemarbeksam.blogspot.com/2013/09/teknologi-informasi-dan.html>

<1% -

<https://www.slideshare.net/Sulistiyoyudhoyono/aplikasi-graphene-untuk-lithium-ion-ba>

ttery

<1% - <http://repository.its.ac.id/48872/>

<1% - <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/viewFile/6607/1825>

1% - <https://ejurnal.itats.ac.id/ipitek/about/submissions>

<1% - <https://warstek.com/2017/12/31/reduced-graphene-okside/>

<1% - <http://scholar.unand.ac.id/16230/2/b.%20BAB%201.pdf>

<1% - <http://portal.fmipa.itb.ac.id/snips2017/kfz/pages/abstracts1.php>

<1% - <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/download/8709/2147>

<1% - <https://em-ridho.blogspot.com/2011/09/penyimpanan-energi-listrik.html>

<1% - <https://docobook.com/bab-ic06d4fb380dce243215b0fa84119bd7f61389.html>

<1% - <https://www.slideshare.net/BilChiikuyaiiNonbiisuiitt/laporan-tetap-metil-ester-1>

<1% -

<https://wildarahayu92.blogspot.com/2014/08/pemanfaatan-ubi-jalar-ungu-ipomea.html>

<1% - http://jurnal.akfarsam.ac.id/index.php/jim_akfarsam/article/download/65/62/

<1% - <https://kulosemprul.com/laporan-hasil-praktikum-perubahan-kimia-fisika/>

<1% -

<https://mutmainnahlatief.wordpress.com/2012/01/06/laporan-paktikum-kimia-analitik-gravimetri/>

1% - <https://adoc.tips/dyah-ayu-putri-puspitasari-nrp.html>

1% -

<https://docplayer.info/61949613-Analisis-pengaruh-temperatur-hidrotermal-terhadap-sifat-kapasitif-superkapasitor-berbahan-graphene.html>

<1% - <http://www.digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-34955-2311106006-paper.pdf>

1% - <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/download/8721/2154>

<1% - <https://docobook.com/jurnal-riset-industri-vol-5-no-2-2011.html>

<1% -

<https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20181205122206-532-351275/kemenkeu-yakin-defisit-apbn-2018-tak-lebih-dari-2-persen>

<1% - <https://speunand.blogspot.com/2011/12/selera-pendapatan-perkapita-dan.html>

<1% - <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/download/21409/3489>

<1% - <https://www.tumbex.com/tvjet.tumblr/posts>

<1% - <https://www.slideshare.net/miemiethatha/laporan-kelompok-edit>

<1% -

<http://senfa.phys.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2017/03/PENGARUH-PROSES-REDUKSI-TERMAL-TERHADAP-STRUKTUR-OKSIDA-GRAFENA-FM-01-p169-174.pdf>

<1% -

https://www.academia.edu/23575608/KAJIAN_EMISI_CO_2_DARI_PEMBAKARAN_BATUBARA_DI_INDONESIA

<1% - <https://id.scribd.com/doc/55433479/WARIH-BUDIYONO-SETYAWAN>

<1% -

<https://epdf.tips/carbon-and-oxide-nanostructures-synthesis-characterisation-and-applications.html>

<1% - <http://europepmc.org/articles/PMC3878329/>

<1% -

https://www.researchgate.net/publication/263907293_Production_of_stable_dispersions_of_reduced_graphene_oxide_using_indole_as_a_reduction_agent

<1% - https://mafiadoc.com/chem-soc-rev_5b97d60e097c47350d8b46c2.html

<1% - <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cr020730k>

<1% - <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11581-018-2669-1>

<1% - <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.5047973>

<1% - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S156717391730069X>

<1% - <http://adsabs.harvard.edu/abs/2011AdPhy..60..413S>