

Pengaruh temperatur pembakaran dan volume surfaktan pada proses sintesis graphene oxide (GO) dari limbah tulang ayam broiler

Aura Salvia Gayatri*, Arif Tjahjono

Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta
Jl.Ir.H.Juanda No. 95, Cemp. Putih, Kec. Ciputat Timur, Kota Tangerang Selatan, Banten
*email: aurasalviagayatri1@gmail.com

Abstrak – Limbah tulang ayam broiler bermanfaat dalam perkembangan industri graphene oxide (GO) karena limbah tersebut mengandung senyawa karbon yang dapat dijadikan sebagai salah satu sumber bahan baku pembuatan graphene oxide (GO) yang bermanfaat dalam pengembangan teknologi penyimpanan energi. Penelitian ini menggunakan metode liquid phase exfoliation dengan variasi temperatur pembakaran arang pada 400 °C dan 600 °C serta variasi volume surfaktan pada 0,76 ml; 0,96 ml dan 1,16 ml. Variasi dilakukan untuk mengetahui temperatur pembakaran dan komposisi volume surfaktan yang paling optimum untuk membentuk GO. Hasil pengujian EDX diketahui pembakaran pada temperatur 400 °C menghasilkan natural graphite paling murni dengan kandungan karbon sebesar 21,09 %wt (weight percent) atau 33,59 %at (atomic percent). Dari hasil spektra UV-Vis diketahui pada temperatur pembakaran 400 °C serta volume surfaktan 1,16 ml menghasilkan GO paling optimum dengan panjang gelombang 230 nm dan nilai absorbansi 10. Berdasarkan spektra FTIR terlihat variasi temperatur pembakaran dan volume surfaktan tidak mempengaruhi gugus fungsi yang terbentuk, namun mempengaruhi besar persentase transmisi yang menunjukkan kekuatan gugus fungsi dalam berikatan.

Kata kunci: Blender, furnace, limbah tulang ayam, liquid phase exfoliation, surfaktan

Abstract – Broiler chicken bone waste is useful in the development of the graphene oxide (GO) industry because the waste contains carbon compounds that can be used as a source of raw material for the manufacture of graphene oxide (GO) which is useful in developing energy storage technology. This study used the liquid phase exfoliation method with variations in charcoal burning temperature at 400 °C and 600 °C and variations in surfactant volume at 0.76 ml; 0.96 ml and 1.16 ml. Variations were made to determine the optimum combustion temperature and volume composition of the surfactant to form GO. The results of the EDX test show that combustion at a temperature of 400 °C produces the purest natural graphite with a carbon content of 21.09 %wt (weight percent) or 33.59%at (atomic percent). From the results of UV-Vis spectra it is known that at a combustion temperature of 400 °C and a surfactant volume of 1.16 ml produces the most optimum GO with a wavelength of 230 nm and an absorbance value of 10. Based on the FTIR spectra, it can be seen that variations in combustion temperature and surfactant volume do not affect the functional groups formed, but affects the % transmittance which indicates the ability of the functional group to bind.

Key words: Blender, furnace, Poultry chicken bone waste, liquid phase exfoliation, Surfactant

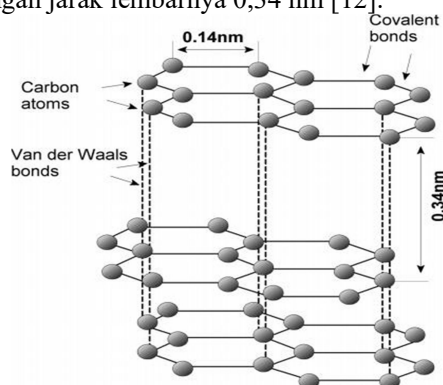
PENDAHULUAN

Karbon merupakan unsur yang tersedia dalam jumlah banyak di bumi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam hal inovasi teknologi penyimpanan energi [1]. Graphene merupakan lapisan tipis selapis berbentuk susunan karbon heksagonal dua dimensi yang cukup kuat. Tumpukan dari lebaran graphene dinamakan graphite. Graphite merupakan atom karbon (C) yang tersusun bertumpuk [2]. Graphene dapat dimanfaatkan dalam bidang baterai, perangkat penyimpanan energi (ultrakapasitor), transistor, dan sebagai elektroda konduktor transparan [1,3]. Sintesis graphene oxide (GO) yang

memanfaatkan limbah tulang ayam dengan variasi volume surfaktan dilakukan untuk mengetahui temperatur pembakaran tulang ayam dan komposisi volume surfaktan yang paling optimum dalam sintesis GO. Metode liquid phase exfoliation cukup ramah lingkungan karena tidak menghasilkan gas yang berbahaya selama proses sintesis GO karena tidak menggunakan natrium nitrat (NaNO_3) sehingga tidak memproduksi gas beracun seperti nitrogen dioksida (NO_2) dan dinitrogen tetraoksida (N_2O_4) [3,4]. Eswariah Varrla et al [5] telah melakukan penelitian terkait pengelupasan dari graphene menggunakan detergent rumah tangga dan blender dapur. Hasilnya graphite dapat dikelupas dan menghasilkan graphene

berkualitas tinggi menggunakan *blender*. Limbah tulang ayam broiler dipilih karena mudah dijumpai dan minim pemanfaatan. Kandungan karbon pada tulang ayam berasal dari kolagen yang berada pada matriks tulang organik [6,7].

GO disintesis menggunakan limbah tulang ayam sebagai bahan dasarnya dengan temperatur pembakaran yang paling optimum untuk mendapatkan *natural graphite* dengan kualitas yang terbaik. Karbon terdiri dari beberapa material *allotrope* yang memiliki sifat-sifat yang sangat bervariasi [8]. Karbonisasi merupakan proses perubahan zat organik ke dalam karbon pada saat proses pembuatan arang [9]. Kualitas arang ditentukan oleh perlakuan temperatur karbonisasi [10]. *Graphene* atau *graphite* monoatomik memiliki ukuran nano [3,11]. Pada kisi heksagonal *graphene* terdiri dari atom karbon sp^2 hibridisasi yang mana setiap karbon atom dalam lapisan membentuk sudut 120° dengan jarak antar atom karbon sebesar $1,42 \text{ \AA}$ ($0,142 \text{ nm}$) dan diikat dengan ikatan kovalen. Gambar 1 merupakan ilustrasi lembaran *graphene* pada *graphite* yang diikat dengan ikatan van der waals pada tiap lembarannya dengan jarak lebarnya $0,34 \text{ nm}$ [12].



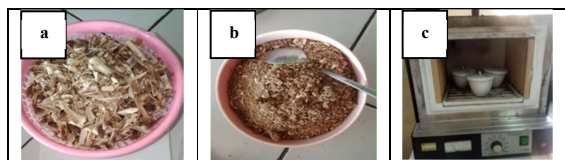
Gambar 1 Ilustrasi lembaran *graphene* pada *graphite* [13]

Graphene yang teroksidasi disebut *graphene oxide* (GO). Pada GO lembaran *graphite* monomolekul terdiri dari banyak gugus fungsi polar [14]. *Reduced graphene oxide* (rGO) adalah GO yang mana kandungan oksigennya dikurangi baik dengan metode termal, kimia, ataupun yang lainnya [15]. Konsep *liquid phase exfoliation* yaitu eksfoliasi dan oksidasi *graphite* yang terjadi di dalam fasa cair hingga menghasilkan suatu bentuk material GO [1,16]. Pada metode *liquid phase exfoliation* surfaktan merupakan agen penstabil permukaan yang dapat menyusup kedalam lapisan *graphene* [4].

Surfaktan dapat menyesuaikan energi permukaan *graphene* agar terjadi proses dispersi yang stabil. Sementara mencegah aglomerasi *graphene*, efek volume dari surfaktan juga dapat menyebabkan jarak yang jauh antara lembaran *graphene* yang berdekatan, yang mempengaruhi konduktivitas *graphene* dan permeabilitas membran *graphene* dalam sistem dispersi [17].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan membersihkan limbah tulang ayam broiler dari sum-sum dan tulang rawannya sebelum dilakukan proses karbonisasi. Selanjutnya tulang ayam dilakukan proses dehidrasi selama 30 menit pada temperatur 200°C untuk mereduksi kandungan air yang terdapat dalam tulang [6]. Tulang yang sudah dilakukan proses dehidrasi kemudian dilanjutkan ke tahap karbonisasi selama 1 jam pada temperatur 400°C dan 600°C . Arang hasil karbonisasi kemudian diayak menggunakan saringan 200 mesh agar benar-benar halus dan ukurannya lebih merata. Gambar 2 menunjukkan tampilan tulang proses dehidrasi tulang ayam dan pembakaran tulang ayam di temperatur 400°C dan 600°C .



Gambar 2 Proses pembuatan arang (a) tulang hasil proses dehidrasi, (b) tulang yang sudah dihaluskan, (c) proses karbonisasi tulang dengan variasi temperatur

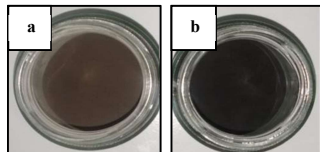
Masing-masing arang yang telah diayak dibagi menjadi 3 bagian dengan berat masing-masing 2 gram untuk dilakukan pencampuran dengan 250 ml aquades dengan variasi volume surfaktan, yaitu $0,76 \text{ ml}$; $0,96 \text{ ml}$ dan $1,16 \text{ ml}$. Proses pembレンダーan dilakukan selama 3 jam lalu diendapkan selama 3 hari untuk memisahkan liquid dengan *graphene*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karbonisasi dan Sintesis GO Secara Observasi

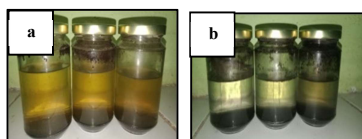
Secara visual arang hasil pembakaran temperatur 400°C memiliki warna coklat tua dengan massa awal 110 gram menjadi $63,5$

gram. Sedangkan arang hasil pembakaran pada temperatur 600°C memiliki warna hitam pekat dengan massa awal 110 gram menjadi 56,98 gram. Gambar 3 menunjukkan tampilan arang hasil *furnace* dengan variasi temperatur pembakaran.



Gambar 3 Arang hasil *furnace* dengan variasi temperatur (a) 400°C dan (b) 600°C

Hasil sintesis GO secara visual menunjukkan sampel semakin keruh seiring dengan meningkatnya volume surfaktan. Kekeruhan pada sampel menunjukkan semakin banyaknya GO yang dihasilkan seperti terlihat pada **Gambar 4**.

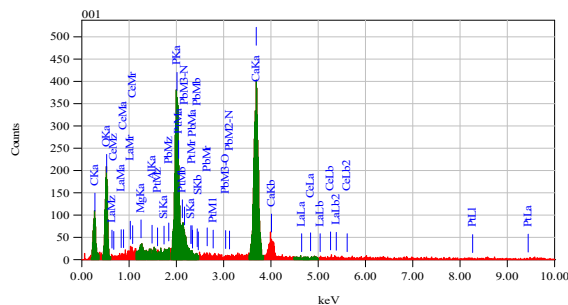


Gambar 4 Hasil sintesis GO dengan variasi volume surfaktan (a) temperatur 400°C, (b) temperatur 600°C

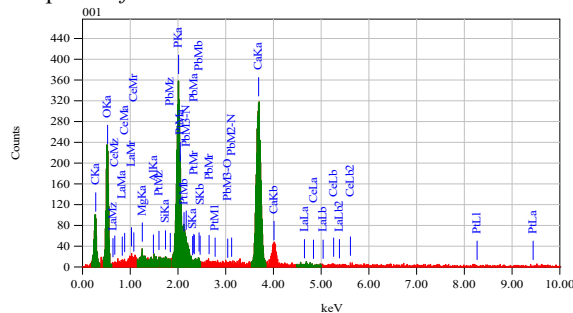
Hasil Karakterisasi EDX

Hasil uji EDX menunjukkan bahwa arang hasil pembakaran baik pada temperatur 400°C maupun 600°C memiliki komposisi unsur yang sama yaitu karbon, oksigen, fosfor dan kalsium. Namun, kadar unsur yang dihasilkan berbeda. Terlihat adanya penurunan persentase kandungan karbon pada arang 600°C. Hal ini terjadi akibat semakin banyak karbon yang bereaksi menjadi gas CO₂ dan H₂ karena ruang *furnace* yang tidak dalam keadaan vakum.

Gambar 5 dan **Gambar 6** menyajikan spektrum EDX arang hasil *furnace* 400°C dan 600°C. **Tabel 1** dan **Tabel 2** menunjukkan informasi mengenai kandungan arang dengan variasi temperatur pembakaran.



Gambar 5 Spektrum EDX arang dengan perlakuan temperatur *furnace* 400°C



Gambar 6 Spektrum EDX arang dengan perlakuan temperatur *furnace* 600°C

Tabel 1 Kandungan sampel tulang ayam broiler dengan perlakuan temperatur *furnace* 400°C

Unsur	% massa	% atom
C	21,09	33,59
O	37,74	45,11
P	12,94	7,99
Ca	26,62	12,71

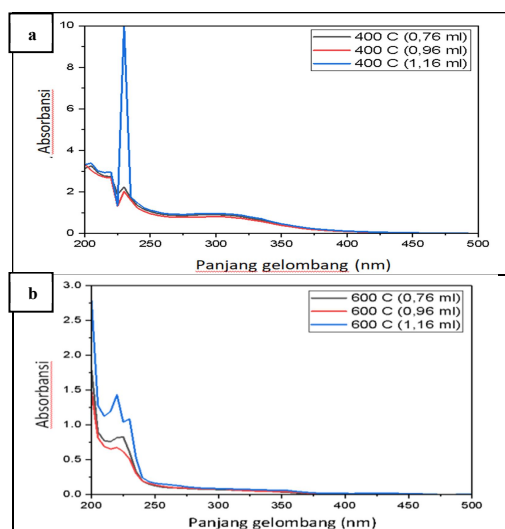
Tabel 2 Kandungan sampel tulang ayam broiler dengan perlakuan temperatur *furnace* 600°C

Unsur	% massa	% atom
C	20,75	31,78
O	43,53	50,04
P	12,07	7,17
Ca	23,07	10,59

Hasil Karakterisasi UV-Vis

Berdasarkan hasil karakterisasi UV-Vis sampel hasil sintesis GO pada arang 400°C dengan volume surfaktan 0,76 ml memiliki puncak absorbansi tertinggi sebesar 3,259 pada panjang gelombang 205 nm yang mana belum bisa dikategorikan sebagai GO. Terdapat pula puncak minor dengan absorbansi sebesar 2,24 pada panjang gelombang 230 nm yang menunjukkan sampel arang 400°C dengan

volume surfaktan 0,76 ml mengandung GO yang absorbansinya tidak jauh berbeda dengan absorbansi pada panjang gelombang 205 nm. Sampel dengan volume surfaktan 0,96 ml dan 1,16 ml dapat menghasilkan *graphene oxide* karena puncak serapan tertinggi berada pada panjang gelombang 230 nm. Intensitas absorbansi merepresentasikan seberapa banyak GO yang dapat dihasilkan [18]. Puncak absorbansi pada panjang gelombang 230 nm dikatakan sebagai GO dan puncak minor pada panjang gelombang 290 nm dan 300 nm dikatakan sebagai rGO [19]. Puncak absorbansi tertinggi pada panjang gelombang 205 nm mungkin dikategorikan sebagai *graphite oxide*. **Gambar 7** menunjukkan hasil UV-Vis GO berdasarkan variasi volume surfaktan pada arang 400 °C dan 600 °C.



Gambar 7 Hasil UV-Vis sintesis GO variasi volume surfaktan (a) arang 400 °C, (b) arang 600 °C.

Sampel sintesis GO dengan temperatur pembakaran *natural graphite* 600 °C terjadi efek hiperkromik (*blueshift*) pada sampel dengan volume surfaktan 0,76 ml. Lalu terjadi efek hipsokromik pada sampel dengan volume surfaktan 1,16 ml jika dibandingkan dengan sampel volume surfaktan 0,76 ml dan 0,96 ml. Puncak absorbansi tertinggi pada sampel sintesis GO menggunakan *graphite* 600 °C tidak berada pada panjang gelombang 230. Sehingga dapat dikatakan GO belum terdispersi dengan sempurna menjadi lapisan yang lebih tipis. Puncak serapan maksimum *graphene oxide* berada pada panjang gelombang sekitar 220-270 nm dengan karakter *graphene oxide* sebagai *graphene multilayer* [16]. **Tabel 3** dan **Tabel 4**

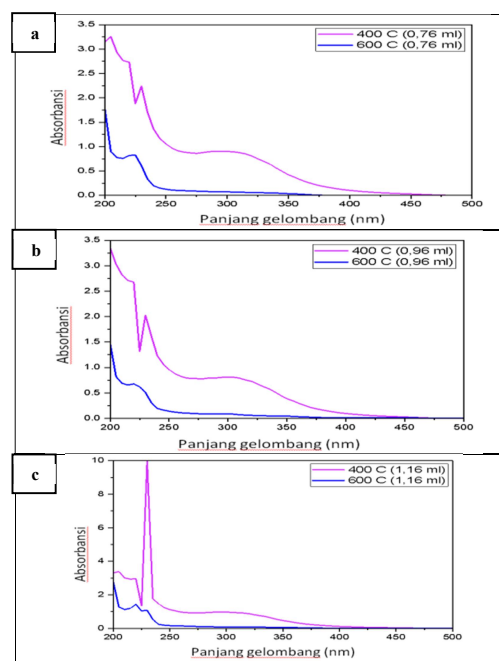
menginformasikan besar absorbansi dan panjang gelombang pada tiap sampel secara detail.

Tabel 3 Panjang gelombang dan absorbansi sampel hasil sintesis *graphene oxide* menggunakan arang 400 °C

Arang hasil pembakaran pada suhu 400 °C					
Surfaktan 0,76 ml		Surfaktan 0,96 ml		Surfaktan 1,16 ml	
λ (nm)	Abs	λ (nm)	Abs	λ (nm)	Abs
205	3,259	230	2,027	205	3,388
230	2,241	300	0,809	220	2,955
290	0,905	-	-	230	10
-	-	-	-	290	0,987

Tabel 4 Panjang gelombang dan absorbansi sampel hasil sintesis *graphene oxide* menggunakan arang 600 °C

Arang hasil pembakaran pada suhu 600 °C					
Surfaktan 0,76 ml		Surfaktan 0,96 ml		Surfaktan 1,16 ml	
λ (nm)	Abs	λ (nm)	Abs	λ (nm)	Abs
225	0,828	225	1,320	220	1,433
-	-	-	-	230	1,088



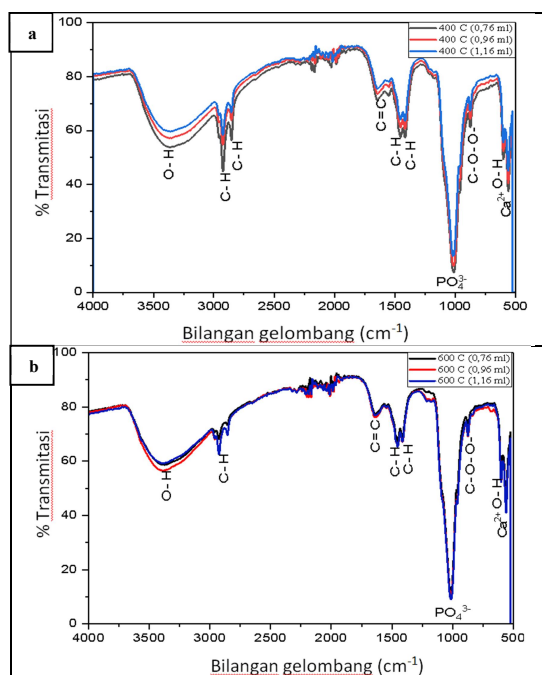
Gambar 8 Spektrum UV-Vis perbandingan temperatur pembakaran arang berdasarkan volume surfaktan (a) 0,76 ml, (b) 0,96 ml, (c) 1,16 ml

Dari **Gambar 8** terlihat intensitas absorbansi sampel temperatur hasil pembakaran temperatur 400 °C lebih tinggi dibandingkan dengan sampel temperatur pembakaran 600 °C dengan puncak absorbansi lebih dari satu jenis panjang gelombang tiap sampelnya. Hal ini karena adanya perbedaan energi untuk eksitasi yang mempengaruhi panjang gelombang. Pada panjang gelombang 230 nm terjadi transisi

elektron $\pi \rightarrow \pi^*$ yang mana ΔE lebih besar jika dibandingkan pada panjang gelombang 300 nm yang terjadi transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$ [20].

Hasil Karakterisasi FTIR

Secara keseluruhan gugus fungsi yang dihasilkan pada endapan GO baik menggunakan *natural graphite* hasil pembakaran 400 °C maupun 600 °C menunjukkan volume surfaktan tidak mempengaruhi jenis gugus fungsi yang dihasilkan melainkan mempengaruhi persentase transmisinya. Hal ini karena belum adanya perbedaan senyawa yang berikatan akibat perbedaan suhu pembakaran *natural graphite* dan volume surfaktan. Perbedaan transmittansi akibat dari perbedaan kekuatan senyawa dalam berikatan saat terjadi vibrasi akibat serapan energi radiasi inframerah [21].



Gambar 9 Hasil FTIR GO variasi volume surfaktan a) arang 400 °C b) arang 600 °C

Gambar 9 menunjukkan hasil analisis endapan pada sampel tidak terdapat adanya gugus fungsi karbon yang berikatan dengan oksigen. Hal ini mengindikasikan bahwa pada sampel 400 °C dan 600 °C dengan variasi volume surfaktan endapan tidak terdapat *graphene oxide*. Endapan hasil sintesis *graphene oxide* menggunakan *natural graphite* hasil pembakaran di suhu 400 °C menghasilkan 10 daerah serapan. Sedangkan endapan hasil

sintesis *graphene oxide* menggunakan *natural graphite* hasil pembakaran di suhu 600 °C menghasilkan 9 daerah serapan. Perbedaan jumlah daerah serapan dimungkinkan karena adanya pengaruh suhu pembakaran pada *natural graphite*. Namun secara keseluruhan, gugus fungsi yang dihasilkan pada endapan *graphene oxide* baik menggunakan *natural graphite* hasil pembakaran 400 °C maupun 600 °C hampir memiliki kesamaan. Daerah serapan sampel hasil pembakaran pada suhu 400 °C dan suhu 600 °C diinformasikan pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

Tabel 5 Nilai pita serapan dari gugus fungsi endapan *graphene oxide* menggunakan *natural graphite* 400 °C

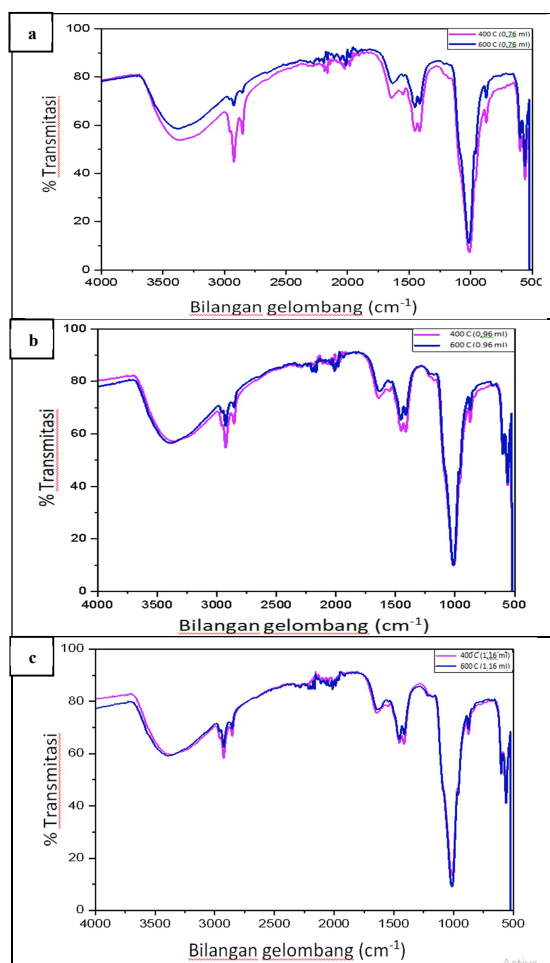
Gugus Fungsi	Bilangan gelombang sampel (cm ⁻¹)			Bilangan gelombang literatur (cm ⁻¹) [9][21][22]
	0,76 ml	0,96 ml	1,16 ml	
O-H stretch	3363,76	3368,65	3360,49	3750-3000
C-H stretch asym	2923,54	2924,47	2924,63	2935-2915
C-H stretch sym	2853,43	2854,36	2854,13	2865-2845
C=C stretch	1643,46	1641,64	1643,52	1680-1620
C-H bending	1452,44	1451,79	1452,53	1485-1445
C-H in plane bending	1414,54	1414,69	1414,31	1420-1410
PO ₄ ³⁻	1009,79	1012,39	1016,40	1000-1100
C-O-O	872,84	872,75	873,31	890-820
O-H out of plane bending	599,12	599,52	599,73	720-590
Ca ²⁺	558,09	558,37	559,89	500-610

Tabel 6 Nilai pita serapan dari gugus fungsi endapan *graphene oxide* menggunakan *natural graphite* 600 °C

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang sampel (cm ⁻¹)			Bilangan gelombang literatur (cm ⁻¹) [9][21][22]
	0,76 ml	0,96 ml	1,16 ml	
O-H stretch	3373,15	3387,73	3384,96	3750-3000
C-H stretch asym	2925,37	2924,71	2924,41	2935-2915
C=C stretch	1632,82	1629,26	1633,41	1680-1620
C-H bending	1452,60	1452,97	1453,14	1485-1445
C-H in plane bending	1413,84	1413,70	1413,27	1420-1410
PO ₄ ³⁻	1015,25	1014,79	1012,85	1000-1100
C-O-O	873,25	873,48	873,61	890-820
O-H out of plane bending	599,53	599,42	599,93	720-590
Ca ²⁺	560,08	559,89	559,85	500-610

Gambar 10 menampilkan perbandingan grafik hasil karakterisasi FTIR pada gugus fungsi berdasarkan perbedaan perlakuan suhu *furnace* pada arang. Berdasarkan grafik diketahui bahwa variasi suhu *furnace* pada arang tulang ayam

broiler mengakibatkan perbedaan % transmitasi. Perbedaan % transmitasi menunjukkan perbedaan kekuatan setiap gugus fungsi untuk berikatan. Selain itu perbedaan suhu *furnace* mempengaruhi vibrasi gugus fungsi yang mana pada sampel dengan *furnace* 400°C memiliki gugus fungsi C-H *sym*, sedangkan pada sampel dengan gugus fungsi 600°C tidak memiliki gugus fungsi C-H *sym*. Namun, hal ini tidak mempengaruhi kualitas endapan *graphene oxide*. Gugus fungsi C-H *sym*. dan *asym*. hanya dibedakan berdasarkan arah vibrasinya saja [20].



Gambar 10 Spektrum FTIR perbandingan temperatur arang berdasarkan volume surfaktan (a) 0,76 ml, (b) 0,96 ml, (c) 1,16 ml

KESIMPULAN

Graphene oxide dapat disintesis dari limbah tulang ayam boiler menggunakan metode *liquid phase exfoliation*. Sampel *graphene oxide* ditemukan pada sampel yang memiliki fasa cair. Sampel *graphene oxide* yang paling optimum terbentuk pada *graphite* dengan suhu

pembakaran 400°C dengan volume surfaktan sebesar 1,16 ml. Berdasarkan hasil karakterisasi UV-Vis semakin besar volume surfaktan yang diberikan maka semakin besar pula tingkat absorbansi yang dihasilkan. Kemudian suhu berpengaruh terhadap panjang gelombang *graphene oxide* yang dihasilkan. Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR terlihat bahwa variasi volume surfaktandan suhu pembakaran *natural graphite* tidak mempengaruhi jenis gugus fungsi yang dihasilkan melainkan mempengaruhi besar transmitasi yang dihasilkan. Berdasarkan gugus fungsi pada sampel endapan menginformasikan bahwa *graphene oxide* tidak terdapat di dalam endapan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. E. T. Thebora, K. N. Ningsih, dan M. I. Shalihin, “Sintesis Grafena Dari Limbah Pelepah Sawit (*Elaeis Sp.*) Dengan Metode Reduksi Grafit Oksida Menggunakan Pereduksi Zn”, *Khazanah Intelekt.* 3 (2019) 462–476.
- [2] Darmito, M. A. Bagqiya, dan R. Asih, *Pengembangan Bahan Karbon dari Biomassa*, ITS Press, Surabaya, 2018.
- [3] A. Hidayat, S. Setiadji, dan E. P. Hadisantoso, “Sintesis Oksida Grafena Tereduksi (rGO) Dari Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*)”, *alkimiya* 5 (2019) 1–6.
- [4] Y. L. Zhong, Z. Tian, G. P. Simon, and D. Li, “Scalable production of graphene via wet chemistry: Progress and challenges”, *Mater. Today* 18(2) (2015) 2–6, doi: 10.5772/intechopen.86023.
- [5] E. Varrla et al., “Turbulence-assisted shear exfoliation of graphene using household detergent and a kitchen blender”, *Nanoscale* 6(20) (2014) 11810–11819. doi:10.1039/c4nr03560g.
- [6] S. Wardani, E. Rosa, dan R. Mirdayanti, “Pengolahan Limbah Tulang Kambing Sebagai Produk Arang Aktif Menggunakan Proses Aktivasi Kimia dan Fisika”, *Ilmu Lingkung.* 18(1) (2020) 67–72, doi: 10.14710/jil.18.1.67-72.
- [7] S. A. Maftuhin, T.A. Hanifah, “Potensi Pemanfaatan Tulang Ayam Sebagai Adsorben Kation Timbal Dalam Larutan”,

- Fak. Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam*, pp. 1–8, 2014.
- [8] H. O. Pierson, *Handbook of Carbon, Graphite, Diamonds and Fullerenes, Processing Properties and Applications*, New Jersey, USA, 1993.
- [9] V. Amalia, F. A. L. Ayyinah, F. A. Z. Ahara, D. A. N. E. Ko, dan P. R. H. Adisantoso, “Potensi Pemanfaatan Arang Tulang Ayam Sebagai Adsorben Logam Berat Cu Dan Cd”, *al-Kimiya* 4(1) (2017) 31–37.
- [10] A. Sabit dan M. Tirono, “Efek Suhu Pada Proses Pengarangan Terhadap Nilai Kalor Arang Tempurung Kelapa (Coconut Shell Charcoal)”, *J. Neutrino* 3(2) (2012) 143–152, doi: 10.18860/neu.v0i0.1647.
- [11] D. A. P. Puspitasari, V. P. Bintoro, and B. E. Setiani, “The Soaking Effect On Different Hydrochloride Acid Level and Soaking Time On PH, Swelling Percentage and Collagen Yield Of Chicken Shank Bone”, *Fac. Anim. Agric. Sci.*, 2 (2013) 2–6.
- [12] H. Aoki, *Physics of Graphene*, Springer, Tokyo, 2014.
- [13] R. Lakshmanan and N. Maulik, Graphene-“Based Drug Delivery Systems In Tissue Engineering And Nanomedicine”, *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 96(9) (2018) 869–878, doi: 10.1139/cjpp-2018-0225.
- [14] S. Bhattacharjee, R. Joshi, and A. A. Chughtai, “Graphene Modified Multifunctional Personal Protective Clothing”, *Adv. Mater. Interfaces* 6(21) (2019), doi: 10.1002/admi.201900622.
- [15] R. Mmaduka Obodo, I. Ahmad, and F. Ezema, “Introductory Chapter: Graphene and Its Applications, Graphene Its Deriv”. *Synth. Appl.*, (2019), doi: 10.5772/intechopen.86023.
- [16] Y. I. Bete, M. Bukit, A. Z. Johannes, dan R. K. Pingak, “Kajian Awal Sifat Optik Graphene Oxide Berbahan Dasar Arang Tongkol Jagung Yang Disintesis Dengan Metode Liquid Phase Exfoliation (LPE)”, *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.* 4(2) (2019) 114–120, doi: 10.35508/fisa.v4i2.1832.
- [17] L. Li et al., “Research Progress of the Liquid-Phase Exfoliation and Stable Dispersion Mechanism and Method of Graphene”, *Front. Mater.* 6 (2019) 1–25, doi: 10.3389/fmats.2019.00325.
- [18] I. R. Solo, M. Bukit, dan A. Z. Johannes, “Kajian Awal Sifat Optik Graphene Oxide Berbahan Dasar Arang Sekam Padi Dengan Metode Liquid Phase Exfoliation Menggunakan Alat Bantu Blender Dan Ultrasonic Cleaner”, *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.* 5(2) (2020) 1–4,
- [19] S. Uran, A. Alhani, and C. Silva, “Study of ultraviolet-visible light absorbance of exfoliated graphite forms”, *AIP Adv.* 035323(1) (2017) 1–10, doi: 10.1063/1.4979607.
- [20] T. Suhartati, *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis Dan Spektrometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*, Anugrah Utama Raharja, Bandar Lampung, 2017.
- [21] Dachriyanus, *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*, Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi, Padang, 2004.
- [22] A. B. D. Nandiyanto, R. Oktiani, and R. Ragadhita, “How to read and interpret flir spectroscopy of organic material.” *Indones. J. Sci. Technol.* 4(1) (2019) 97–118, doi: 10.17509/ijost.v4i1.15806.