

Application Of Graphene Material As A CO₂ Gas Sensor

Maula Nafi^{1,*}, Edi Santoso¹ dan Ichlas Wahid¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 – Surabaya

*Corresponding author: maula.nafi@untag-sby.ac.id

Abstract. Carbon dioxide gas sensor were fabricated by synthesizing graphene material, which is predicted to be carbon allotropy with good semiconductor properties, good electrical properties, high conductivity, and electron mobility at high room temperatures. Graphene is synthesized by reducing carbon dioxide, which is by burning magnesium in environmental conditions of carbon dioxide. Burning is done in dry ice, then carbon will be formed which is graphene. The graphene was then tested for its characteristics by SEM testing, then prepared to become a gas sensor sample. Sensitivity testing of CO₂ gas sensors is carried out on a chamber that can be flowed by CO₂ gas which can be adjusted its concentration and operating temperature. Tests were carried out with gas concentrations of 300, 400, and 500 ppm, at operating temperatures of 30, 50, and 70°C. The highest sensitivity value was obtained at a concentration of 500 ppm at 30°C, which was 7.03. The higher the operating temperature, the lower the sensitivity value, allegedly due to degradation in the sensor material.

Abstrak. Sensor gas karbon dioksida dapat difabrikasi dengan mensintesis material grafena, yang digadag-gadang adalah alotrofi karbon dengan sifat semikonduktor yang baik, sifat elektrik yang baik, konduktivitas tinggi, dan mobilitas elektron pada temperatur kamar tinggi. Grafena disintesis dengan reduksi karbon dioksida, yaitu dengan cara membakar magnesium pada kondisi lingkungan karbon dioksida. Pembakaran dilakukan di dalam *dry ice*, maka akan terbentuklah karbon yang merupakan grafena. Grafena tersebut kemudian diuji karakteristiknya dengan pengujian SEM, lantas dipreparasi untuk menjadi sampel sensor gas. Pengujian sensitivitas sensor gas CO₂ dilakukan pada sebuah chamber yang dapat dialiri gas CO₂ yang dapat diatur konsentrasinya dan temperatur operasinya. Pengujian dilakukan dengan konsentrasi gas 300, 400, dan 500 ppm, pada temperatur operasi 30, 50, dan 70°C. Nilai sensitivitas tertinggi didapatkan pada konsentrasi 500 ppm pada 30°C, yaitu 7,03. Semakin tinggi temperatur operasinya, semakin rendah nilai sensitivitasnya, disinyalir karena terjadi degradasi pada material sensor.

Kata kunci: *dry ice*, grafena, karbon dioksida, SEM, sensitivitas, sensor gas

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Gas karbon dioksida (CO₂) menempati urutan pertama dalam perannya pada efek rumah kaca. CO₂ berkontribusi sebesar 50% dalam mengabsorpsi dan mengemisikan panas cahaya matahari, diikuti oleh CH₄ sebesar 13%, ozon 7%, dan N₂O sebesar 5% [1]. Sudah banyak usaha yang dilakukan untuk meminimalisasi konsentrasi gas rumah kaca, terutama CO₂, karena 75% produksi industri di dunia menghasilkan CO₂. Cara mengurangi emisi CO₂ yaitu dari pemakaian bahan bakar fosil pada pembangkit listrik (*power plant*) dan mengurangi pemakaian bahan bakar pada kendaraan bermotor. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan sensor gas CO₂ yang sensitif, harga terjangkau, dan *resettable*, untuk mengontrol dan memonitor konsentrasi CO₂ yang dihasilkan pada gas buang di industri.

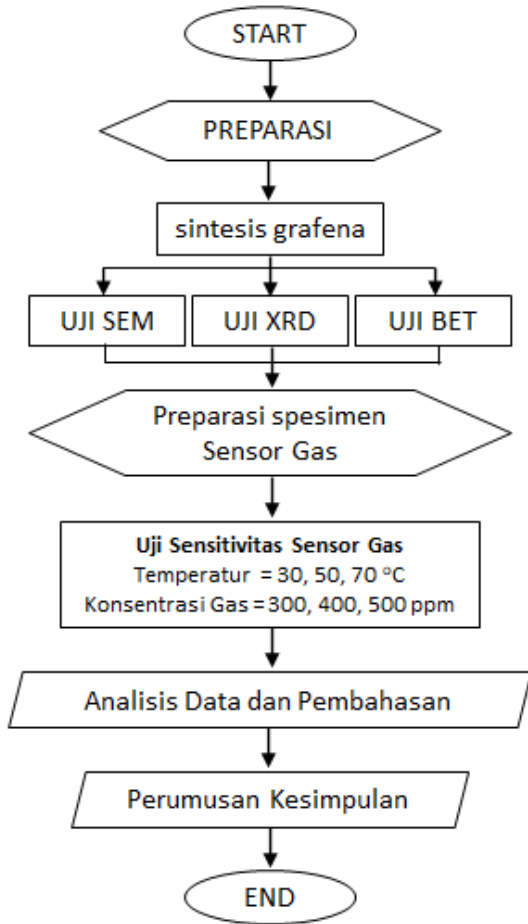
Grafena (*graphene*), baru-baru ini, yang merupakan atom alotrofi karbon lapisan tunggal

(*monolayer*) dua dimensi, dikabarkan dapat menjadi material sensor yang menjanjikan karena mempunyai sifat elektrik yang sangat baik. Grafena mempunyai mobilitas elektron yang tinggi pada temperatur kamar, sehingga sensitivitasnya sangat tinggi. Selain itu, sifat konduktivitas tinggi dan densitas cacat kristal yang rendah dimiliki oleh material ini [2].

Penelitian ini akan membahas metode sintesis grafena dengan reduksi karbon dioksida, yang lebih dikenal dengan metode *dry ice*, serta aplikasi dari grafena sebagai sensor gas CO₂. Selain itu juga akan dibahas karakterisasi yang dilakukan pada spesimen grafena, dan pengujian nilai sensitivitas sensor gas CO₂ dari grafena. Dengan adanya penelitian ini, maka kita akan mengetahui apakah material grafena dapat dimanfaatkan sebagai sensor gas CO₂. Kita juga akan mengetahui tingkat sensitivitas sensor gas CO₂ dari material grafena. Harapannya akan banyak penelitian-penelitian selanjutnya dilakukan untuk memanfaatkan

material semikonduktor sebagai sensor gas, terutama gas-gas yang beracun dan berbahaya.

Metode Penelitian



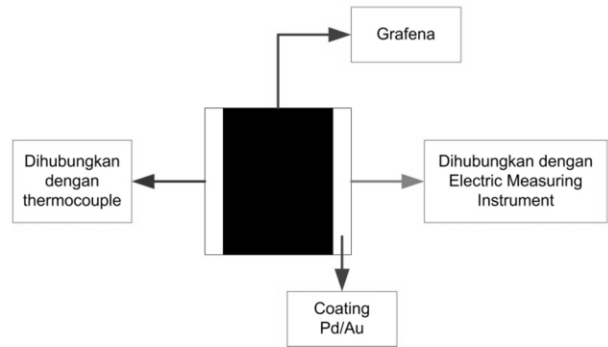
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Proses Sintesis Grafena. Sintesis grafena dimulai dengan membakar magnesium pada lempeng tembaga di dalam *dry ice* selama 10 menit. Pembakaran tersebut menghasilkan kerak hitam yang merupakan grafena, diselubungi dengan lapisan MgO. Lapisan MgO dihilangkan dengan cara mencampurnya dengan larutan HCl [3]. Grafena yang sudah terpisah dikeringkan dengan cara dipanaskan pada *furnace* pada 50°C selama 1 jam dan didinginkan lambat pada temperatur *furnace*. Hasilnya berupa serbuk grafena kering.

Pengujian. Pengujian yang dilakukan yaitu uji SEM, XRD, dan BET. Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukan untuk mengetahui morfologi serbuk grafena dalam perbesaran yang tinggi [4]. Uji XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur apa saja yang terdapat pada grafena serta panjang gelombang tertinggi pada senyawa apa pada index miller mana. Sedangkan uji BET (*Brunauer-Emmett-Teller*) mengukur luas permukaan aktif dari serbuk grafena, sehingga kita dapat mengetahui semakin

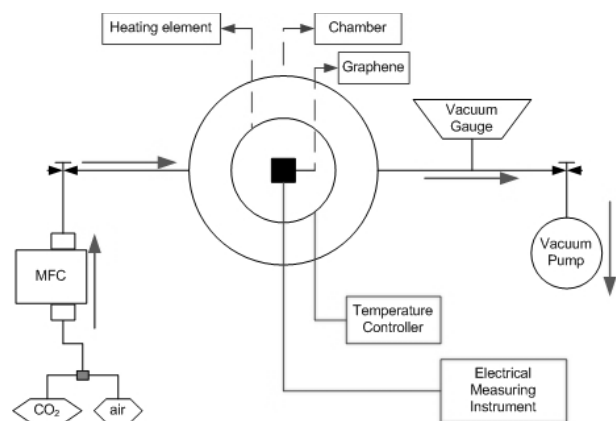
aktif permukaan grafena mempunyai pengaruh apa terhadap sensitivitas sensor gas yang akan dibuat.

Preparasi spesimen untuk sensor gas CO₂. Grafena berupa serbuk harus dijadikan *slurry* agar bisa diaplikasikan sebagai sensor gas. *Slurry* grafena dibuat dengan cara melarutkannya dengan etanol murni. Lalu *slurry* grafena dilapiskan pada kaca elektrik (*gorilla glass*) dengan metode *tape casting* [5]. Spesimen dibiarkan kering, lalu bagian tepi kaca elektrik dilapiskan Pd/Au untuk mempermudah inisiasi proses *sensing* pada sensor gas. Gambar 2 menunjukkan ilustrasi spesimen grafena untuk sensor gas.

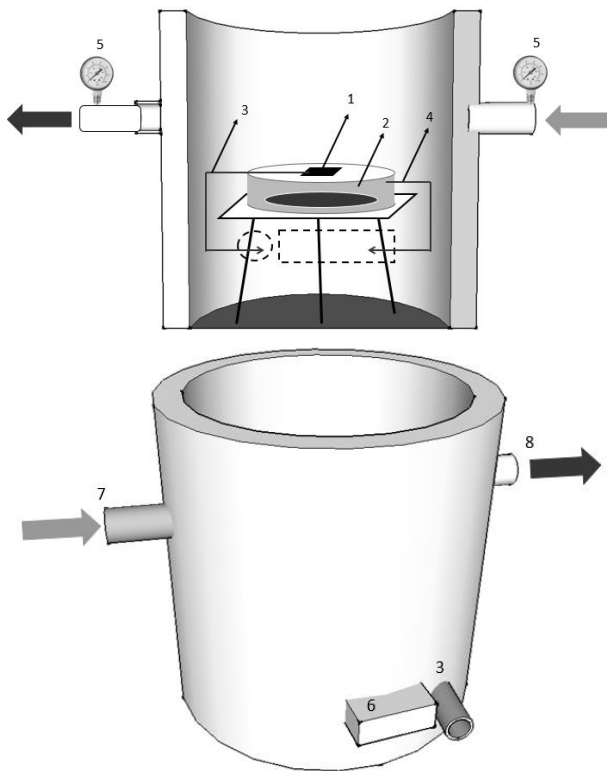


Gambar 2. Ilustrasi spesimen sensor gas CO₂

Pengujian Sensitivitas. Uji sensitivitas dilakukan dalam *chamber* yang dibuat sedemikian rupa sehingga spesimen akan terpapar gas pada konsentrasi dan temperatur yang bisa ditentukan, sehingga sensitivitas spesimen terhadap gas dapat diukur [6]. Pada penelitian kali ini, gas yang diuji adalah gas CO₂. Gambar 3 adalah skematik pengujian sensitivitas sensor gas. Gambar 4 adalah desain *chamber* untuk pengujian sensitivitas.



Gambar 3. Skema pengujian sensitivitas

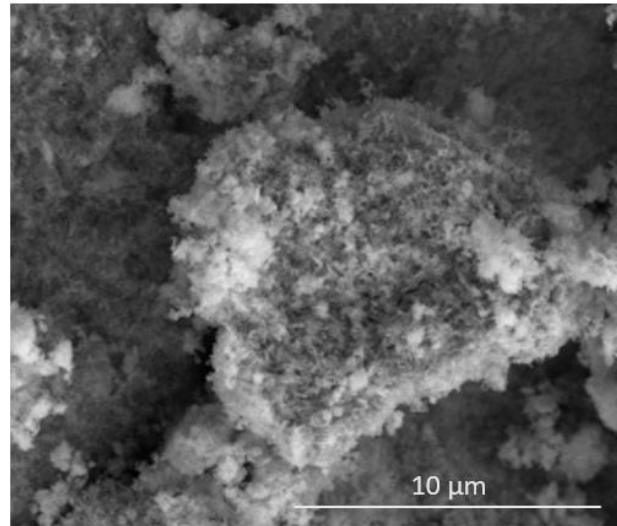


- 1 Sensor gas dengan Material Grafena
- 2 Elemen Pemanas
- 3 Kabel menghubungkan sensor pada *Electronic Measuring Instrument*
- 4 Kabel menghubungkan elemen pemanas dengan *temperature controller* sehingga bisa mengatur temperatur operasi yang berjalan
- 5 *Pressure gauge*, untuk mengatur gas yang masuk dalam dan keluar *chamber*
- 6 *Temperature Controller* untuk mengatur temperatur operasi.
- 7 Input gas masuk, dihubungkan dengan tabung gas dan pengatur konsentrasi gas
- 8 Output gas keluar, dihubungkan dengan *vacuum compressor*

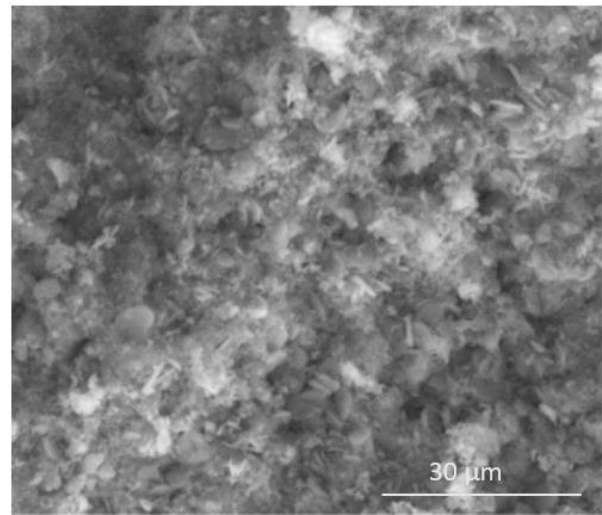
Gambar 4. Desain *chamber* untuk uji sensitivitas sensor gas

Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji SEM. Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui bentuk serbuk grafena hasil sintesis pada skala mikro. Keuntungan uji SEM dibandingkan dengan mikroskop optik biasa adalah hasil gambar yang lebih bagus, kontras, dan pembesaran yang lebih besar. Dalam pengujian ini, akan dilihat kemunculan bentuk-bentuk atau morfologi grafena yang membuktikan proses sintesis berjalan sukses atau tidak.



A



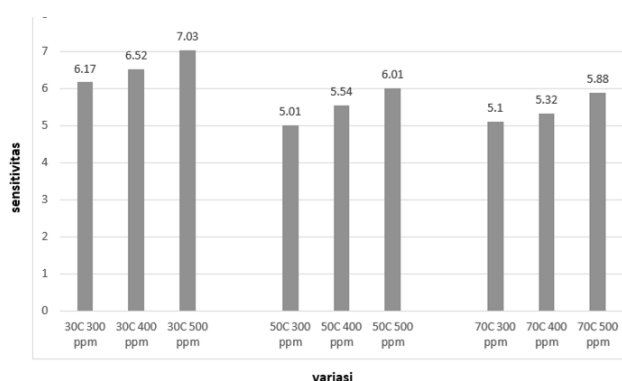
B

Gambar 5. Hasil uji SEM serbuk grafena pembesaran 10.000x (A) dan 5000x (B)

Dari gambar 5 dapat dilihat morfologi dari hasil uji SEM, yaitu berbentuk lempengan kecil-kecil yang ber-aglomerasi. Pada pembesaran 10.000x dapat dilihat terbentuk model grafena, yaitu berupa ikatan-ikatan heksagonal yang menyatu. Dapat dilihat pula pada pembesaran 5000x serbuk grafena tidak diayak dengan ukuran yang sama, dibuktikan dengan tampaknya partikel-partikel yang tidak merata. Secara umum, dari hasil pengujian SEM ini menunjukkan bahwa secara morfologi atau bentuk dari spesimen dalam skala mikro, proses sintesis grafena berhasil.

Hasil Uji Sensitivitas. Setelah spesimen sensor gas grafena dirakit ke dalam gas chamber, maka dapat dilakukan pengujian sensitivitas sensor gas CO₂ dari material grafena. Spesimen diuji sensitivitasnya dengan variasi temperatur dan konsentrasi gas yang dimasukkan. Temperatur yang diatur adalah 30, 50, dan 70°C. sedangkan konsentrasi gas CO₂ yang diatur adalah 300, 400,

dan 500 ppm. Pengaturan temperatur menggunakan elemen pemanas (induksi) dan alat *temperature controller*. Konsentrasi gas CO₂ diatur menggunakan *mass flow controller* (MFC).



Gambar 6. Rekapitulasi hasil sensitivitas sensor gas CO₂ dengan variasi temperatur operasi dan konsentrasi gas.

Dapat dilihat dengan jelas dari gambar 6 bahwa konsentrasi gas sangat mempengaruhi sensitivitas sensor. Gas CO₂ dengan konsentrasi 500 ppm ketika dialirkan, selalu mempunyai angka sensitivitas paling tinggi pada variasi temperatur manapun. Sedangkan pada konsentrasi gas yang sama, nilai sensitivitas sensor paling tinggi didapatkan pada variasi temperatur 30°C. Nilai sensitivitas tertinggi diperoleh pada variasi temperatur 30°C dengan konsentrasi gas 500 ppm, yaitu dengan sensitivitas 7,03.

Hal ini dapat terjadi karena semakin tingginya temperatur, maka akan mempengaruhi bonding atau ikatan pada grafena dengan kaca konduktif *gorilla glass* yang menghantarkan listrik. Hal tersebut mempengaruhi tingkat sensitivitas sensor gas, sehingga angkanya terus menurun seiring naiknya temperatur.

Kesimpulan

Material grafena yang merupakan salah satu alotrofi karbon yang baik dapat disintesis dengan metode yang sederhana yaitu memanfaatkan *dry ice*, dibuktikan dengan hasilnya pada pengujian SEM. Grafena yang merupakan material semikonduktor yang baik dapat diaplikasikan menjadi sensor gas CO₂ untuk mengetahui banyaknya kadar CO₂ pada suatu kondisi. Uji sensitivitas sensor gas CO₂ menggunakan material grafena sudah dilakukan, dan sensor memiliki nilai sensitivitas tertinggi, yaitu 7,03 ketika dialiri gas CO₂ dengan konsentrasi 500 ppm pada temperatur 30°C. Saran kedepannya adalah fabrikasi alat sensor gas CO₂ dapat dibuat dan dirancang kembali agar lebih ergonomis. Perlu dilaksanakan penelitian

lanjutan tentang sensor gas, selain gas CO₂, dengan menggunakan material-material yang lainnya.

Penghargaan

Penghargaan setinggi-tingginya kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas pendanaan penelitian ini dalam skema Penelitian Dosen Pemula. Terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 (UNTAG) Surabaya, baik dosen maupun mahasiswa yang mendukung penuh pelaksanaan penelitian ini.

Referensi (tipe indentasi Hanging 0,75 cm)

- [1] Schnoor, J. L. (1996), "Environmental Modeling: Fate and Transport of Pollutants in Water, Air, and Soil", New York: Wiley Interscience, 682 ppStrunk Jr., W. and White, E.B., 1979. The elements of style, 3rd Ed., Macmillan, New York. (Referensi buku)
- [2] Avouris, P., Dimitrakopoulos, C. (2012), "Review: Graphene, Synthesis and Application", Materials Today ISSN 1369 7021, Vol. 15, No. 3, hal 86-97Clem, P.G., Rodriguez, M., Voigt, J.A., and Ashley, C.S., 2001. Process for forming epitaxial perovskite thin film layers using halide precursors. US Patent No. 6231666. (Referensi berupa paten)
- [3] Chakrabarti, A., Lu, J., Skeabutenas, J. C., Xu, T., Xiao, Z., Maguire, J. A., Hosmane, N. S. (2011), "Conversion of Carbon Dioxide to Few-Layer Graphene", Journal of Material Chemistry, 21, hal. 9491-9493
- [4] Callister, W. D. Jr., Rethwisch, D. G. (2007), Material Science and Engineering, an Introduction. John Wiley and Sons Inc., New York
- [5] Lee, H. K., Lee, J., Choi, N. J., Moon, S. E., Lee, H., Yang, W. S. (2011), "Efficient Reducing Method of Graphene Oxide for Gas Sensor Applications", Procedia Engineering, 25, hal. 892-895
- [6] Saragi, B. (2011), Penentuan Kadar Gas Karbon Dioksida (CO₂) Menggunakan Sensor Gas Semikonduktor TGS 4160, Tesis Master, Universitas Sumatra Utara, Medan