



## **Sintesis Grafena dengan Metode Dry Ice dan Aplikasinya sebagai Sensor Gas CO<sub>2</sub>**

**Maula Nafi<sup>1</sup>, Edi Santoso<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia  
email: [maula.nafi@untag-sby.ac.id](mailto:maula.nafi@untag-sby.ac.id)

### **ABSTRAK**

Sensor gas karbon dioksida dapat difabrikasi dengan mensintesis material grafena, yang digadang-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 CO<sub>2</sub> dilakukan pada sebuah *chamber* yang dapat dialiri gas CO<sub>2</sub> 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, sensor gas

### **PENDAHULUAN**

Gas karbon dioksida menempati urutan pertama dalam perannya pada efek rumah kaca. CO<sub>2</sub> berkontribusi sebesar 50% dalam mengabsorpsi dan mengemisikan panas cahaya matahari, diikuti oleh CH<sub>4</sub> sebesar 13%, ozon 7%, dan N<sub>2</sub>O sebesar 5% (Schnoor, 2009). Sudah banyak usaha yang dilakukan untuk meminimalisasi konsentrasi gas rumah kaca, terutama CO<sub>2</sub>, karena 75% produksi industri di dunia menghasilkan CO<sub>2</sub>. Cara mengurangi emisi CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> yang sensitif, harga terjangkau, dan resettable, untuk mengontrol dan memonitor

konsentrasi CO<sub>2</sub> 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 (Avouris, dkk, 2012).

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 CO<sub>2</sub>. Selain itu juga akan dibahas karakterisasi

yang dilakukan pada specimen grafena, dan pengujian nilai sensitivitas sensor gas CO<sub>2</sub> dari grafena. Dengan adanya penelitian ini, maka kita akan mengetahui apakah material grafena dapat dimanfaatkan sebagai sensor gas CO<sub>2</sub>. Kita juga akan mengetahui tingkat sensitivitas sensor gas CO<sub>2</sub> dari material grafena. Harapannya akan banyak penelitian-penelitian selanjutnya dilakukan untuk memanfaatkan material semikonduktor sebagai sensor gas, terutama gas-gas yang beracun dan berbahaya.

## PROSEDUR EKSPERIMEN

### Proses Sintesis Grafena

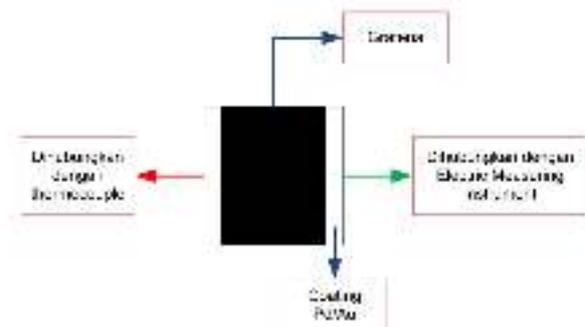
Sintesis grafena dimulai dengan membakar pita magnesium pada lempeng tembaga di dalam dry ice selama 10 menit. Pembakaran tersebut menghasilkan kerak hitam yang merupakan grafena, diselimuti dengan lapisan MgO. Lapisan MgO dihilangkan dengan cara mencampurnya dengan larutan HCl. Grafena yang sudah terpisah dikeringkan menggunakan furnace. Hasilnya berupa serbuk grafena kering.

### Pengujian

Pengujian yang dilakukan yaitu uji SEM, XRD, dan BET. Uji SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi serbuk grafena dalam perbesaran yang tinggi. Uji XRD dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur apa saja yang terdapat pada grafena. Sedangkan uji BET mengukur luas permukaan aktif dari serbuk grafena, sehingga nantinya dapat dilakukan pengujian sensitivitas sensor gas dari bahan grafena.

### Preparasi Spesimen untuk Sensor Gas CO<sub>2</sub>

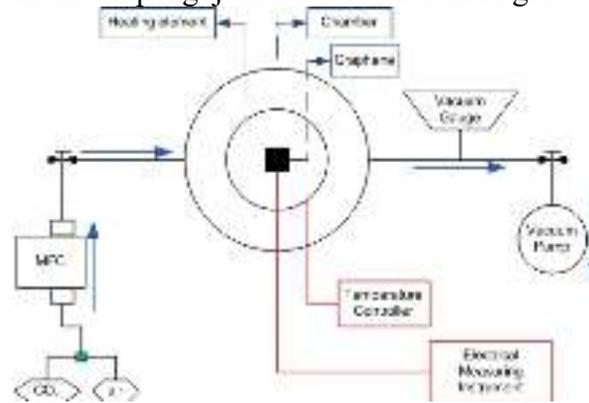
Grafena berupa serbuk harus dijadikan slurry agar bisa diaplikasikan sebagai sensor gas. Slurry grafena dilapiskan pada kaca elektrik FTO dengan metode tape casting. Spesimen dibiarkan kering, lalu bagian tepi kaca FTO dilapiskan Pd/Au untuk mempermudah inisiasi proses sensing pada sensor gas. Gambar 4.2 menunjukkan ilustrasi specimen grafena untuk sensor gas.



Gambar 2. Ilustrasi specimen sensor gas CO<sub>2</sub>

### Pengujian Sensitivitas

Uji sensitivitas dilakukan dalam chamber yang dibuat sedemikian rupa sehingga specimen akan terpapar gas pada konsentrasi dan temperatur yang bisa ditentukan, sehingga sensitivitas specimen terhadap gas dapat diukur. Pada penelitian kali ini, gas yang diuji adalah gas CO<sub>2</sub>. Gambar 4.3 adalah skematik pengujian sensitivitas sensor gas.

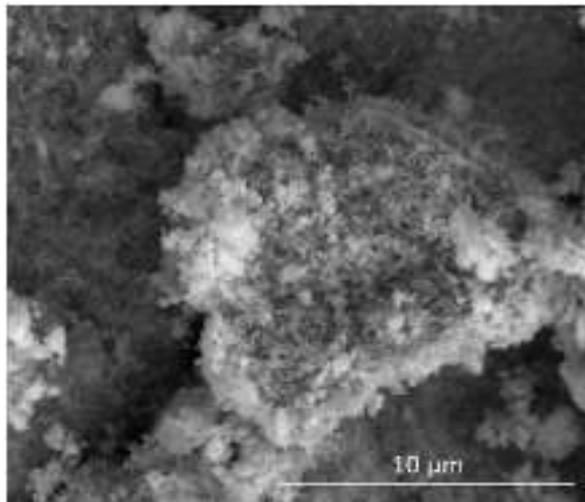


Gambar 3. Skema pengujian sensitivitas

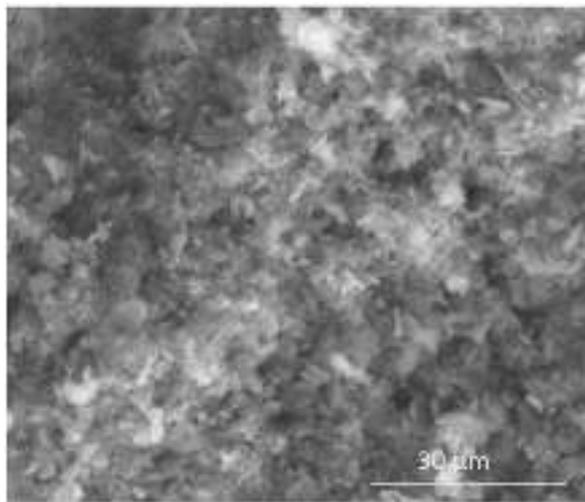
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 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

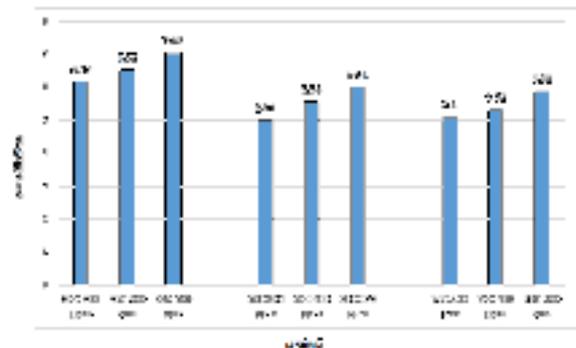
Gambar 4. Hasil Uji SEM serbuk grafena pembesaran 10.000x (A), dan 5000x (B)

Dari gambar 4 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> yang diatur adalah 300, 400, dan 500 ppm. Pengaturan temperatur menggunakan elemen pemanas (induksi) dan alat temperature controller. Konsentrasi gas CO<sub>2</sub> diatur menggunakan mass flow controller (MFC).



Gambar 5.3 Rekapitulasi hasil sensitivitas sensor gas CO<sub>2</sub> dengan variasi temperatur operasi dan konsentrasi gas.

Dapat dilihat dengan jelas bahwa konsentrasi gas sangat mempengaruhi sensitivitas sensor. Gas CO<sub>2</sub> 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 FTO yang menghantarkan listrik. Hal tersebut mempengaruhi tingkat sensitivitas sensor gas, sehingga angkanya terus menurun seiring naiknya temperatur.

## KESIMPULAN DAN SARAN

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 CO<sub>2</sub> untuk mengetahui banyaknya kadar CO<sub>2</sub> pada suatu kondisi. Uji sensitivitas sensor gas CO<sub>2</sub> menggunakan material grafena sudah dilakukan, dan sensor memiliki nilai sensitivitas tertinggi, yaitu 7,03 ketika dialiri gas CO<sub>2</sub> dengan konsentrasi 500 ppm pada temperatur 30°C.

Saran kedepannya adalah fabrikasi alat sensor gas CO<sub>2</sub> dapat dibuat dan dirancang kembali agar lebih ergonomis. Perlu dilaksanakan penelitian lanjutan tentang sensor gas, selain gas CO<sub>2</sub>, 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

## REFERENSI

- Avouris, P., Dimitrakopoulos, C. (2012), "Review: Graphene, Synthesis and Application", *Materials Today* ISSN 1369 7021, Vol. 15, No. 3, hal 86-97
- Callister, W. D. Jr., Rethwisch, D. G. (2007), *Material Science and Engineering, an Introduction*. John Wiley and Sons Inc., New York
- 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
- Choi, N. J., Lee, H. K., Moon, S. E., Yang, W. S., Kim, J. (2012), "Stacked-type Potentiometric Solid-state CO<sub>2</sub> Gas Sensor", *Journal of Sensors and Actuators B: Chemical*, 143, hal. 905-912
- 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
- Liu, Z., Miyauchi, M., Yamazaki, T., Shen, Y. (2009), "Facile Synthesis and NO<sub>2</sub> Gas Sensing of Tungsten Oxide Nanorods Assembled Micropores", *Journal of Sensors and Actuators B: Chemical*, 140, hal. 514-519
- Ridwanullah, A., Pandariantama, H., Miftahudin, Swartzkop, N., Nurhasanah, S., Karlina, Y. (2012), *Semikonduktor: Graphene dan Aplikasinya sebagai Transistor*, Proyek Fisika Zat Padat, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung
- Saragi, B. (2011), *Penentuan Kadar Gas Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Menggunakan Sensor Gas Semikonduktor TGS 4160*, Tesis Master, Universitas Sumatra Utara, Medan
- Schnoor, J. L. (1996), "Environmental Modeling: Fate and Transport of Pollutants in Water, Air, and Soil", New York: Wiley Interscience, 682 pp
- Wang, S. H., Choua, T. C., Liu, C.C. (2003), "Nano-crystalline Tungsten Oxide NO<sub>2</sub> Sensor", *Journal of Sensors and Actuators B: Chemical*, 94, hal. 343-351
- Yoon, H. J., Jun, D. H., Yang, J.H., Zhou, Z., Yang, S. S., Cheng, M. M. (2010), "Carbon Dioxide Gas Sensor Using A Graphene Sheet", *Sensors and Actuators B: Chemical*, hal. 310-311