

# PENGARUH KONSENTRASI DAN RASIO BERAT *FEW LAYER GRAPHENE* (FLG) TERHADAP SIFAT MEKANIS ASPAL BETON JENIS *ASPHALT TREATED BASE* (ATB)

Muhammad Sugandi<sup>1)</sup>, Amun Amri<sup>2)</sup>, Syelvia Putri Utami<sup>2)</sup>, Muhammad Shalahuddin<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, <sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Kimia <sup>3)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil

Laboratorium Material dan Korosi

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293

E-mail: [m.sugandi@student.unri.ac.id](mailto:m.sugandi@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Developing in highway is needed to produce better mechanical properties. This study aims to produce concrete asphalt by adding FLG (Few-Layer Graphene) from graphite, and then comparing the contribution of graphene with concentration and weight ratio of FLG to concrete asphalt as variations. Making asphalt concrete-FLG composite was started from making FLG with concentrations of 10, and 20 mg/ml using the turbulence-assisted shear exfoliation (TASE) method. Then, FLG was added to the bitumen with these variations and mixing it at 150 °C and stirred for 10 minutes for homogenize. The homogenized asphalt bitumen was then mixed with the aggregates that have been prepared using a filter analyzer. The united bitumen and aggregates were then compacted using Marshall Automatic Compactor (MAC) with the number of collisions as much as 112 times and soaked in a water bath for 24 hours at 25 °C. After 24 hours, the Marshall object test was weighed and soaked again for 30 minutes at 60 °C before Marshall's test. The results showed that for bitumen asphalt, the best penetration was exhibited by sample synthesized using FLG with concentrations of 20 mg/ml and 9% wt, namely 48.1 dmm. For Marshall's test, the best flow value was also exhibited by the sample with FLG concentrations of 20 mg/ml and 9% wt, namely 4.3 mm. FTIR testing showed that there was an interaction between the FLG and bitumen in the double bond region and single bond stretch.*

**Keywords :** asphalt, few-layer graphene, flow, penetrations, softening point, stability

### 1. Pendahuluan

Jumlah penduduk yang meningkat secara pesat menyebabkan meningkatnya jumlah permintaan kendaraan & angkutan-angkutan yang memiliki beban yang sangat besar dalam beberapa dekade ini, sehingga volume lalu lintas dalam negeri dan di seluruh dunia juga meningkat, yang mengakibatkan beban yang diterima oleh aspal semakin besar sehingga berdampak kepada stabilitas aspal. Ditambah lagi iklim hujan yang menjadi musuh utama aspal karna air dapat merusak aspal.

Keadaan ini menjadi pemicu timbulnya permintaan untuk meningkatkan kualitas aspal yang lebih baik lagi yang diharapkan dapat memperpanjang rentang hidup aspal (Moreno dkk, 2018).

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan pembuatan jalan raya, material ini dipilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman sebagai perkerasan yang fleksibel. Aspal terdiri dari hidrokarbon dengan sedikit kandungan sulfur, oksigen, nitrogen dan unsur kimia lainnya.

Kandungan unsur kimia tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis aspal dan proses pembuatannya (Young *dkk.*, 1998). Untuk menekan jumlah kebutuhan akan aspal yaitu dengan meminimalisir penggunaan bahan dasar aspal, atau dengan peningkatan mutu aspal dalam campuran seperti peningkatan stabilitas, durabilitas, dan ketahanannya terhadap air perlu dilakukan inovasi dengan menambahkan bahan tambahan dalam campuran yang sifatnya mampu mengatasi kelemahan yang dimiliki aspal, contohnya bahan polimer, plastik, dan lainnya.

Moreno *dkk.* (2018) melakukan penelitian dengan menambahkan 0,5% *Graphene Nanosheets* sebagai zat aditif ke dalam bitumen aspal untuk mempelajari pengaruh *Graphene Nanosheets* terhadap sifat mekanik dan termal pada bitumen aspal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *Graphene Nanosheets* mempengaruhi sifat termal dari aspal dimana penambahan *Graphene Nanosheets* 0,5% menyebabkan perpindahan panas bitumen aspal lebih cepat dari 178,5 detik menjadi 133 detik dalam mencapai suhu awal yang ditingkatkan sebesar 5 °C. Oleh sebab itu, penggunaan *Graphene Nanosheets* bisa membantu memindahkan panas ke bahan aspal lebih cepat dari aspal tanpa penambahan *Graphene Nanosheets*. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa penambahan *Graphene Nanosheets* ke dalam bitumen aspal dapat meningkatkan elastisitas dari bitumen aspal. Kelemahan dari penelitian ini adalah peneliti tidak mencampurkan bitumen aspal tadi dengan agregat-agregat yang dibutuhkan dalam pembuatan aspal beton sehingga tidak diketahui apakah *Graphene Nanosheets* dapat memberikan kontribusi pada saat bitumen aspal tadi dicampurkan dengan agregat-agregat sehingga menjadi aspal beton.

Zat aditif yang digunakan dalam penelitian ini adalah FLG. FLG merupakan material baru berukuran nano

dan kuat. FLG terbentuk dari susunan atom-atom karbon *few layer* dua dimensi yang membentuk struktur kristal heksagonal menyerupai sarang lebah. FLG memiliki sifat unik dan unggul dibandingkan dengan material lain. FLG mempunyai ketebalan satu atom dan bersifat semi logam, mobilitas elektron *graphene multilayer* sekitar  $15000 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$  pada suhu 300 K dan sekitar  $60000 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$  pada suhu 4 K, unique and superior properties compared to other ingredients (Novoselov et al., 2004). sedangkan untuk FLG antara  $3000\text{-}10000 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$  (Novoselov *dkk.*, 2004). Kecepatan transfer elektron yang tinggi pada suhu ruang sebesar  $200.000 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ , konduktivitas listrik yang tinggi ( $0,96 \times 10^6 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ ), nilai konduktivitas termal  $5000 \text{ Wm}^{-1} \text{K}$ , transparansi optikal 97,7%, modulus young 1.0 Tpa, dan kekakuan 130 GPa (Casero *dkk.*, 2012). Diharapkan dengan penambahan FLG didapatkan batu bata yang memiliki sifat kuat tekan yang kuat.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu aspal pen 60/70, agregat (batu pecah), pasir halus, semen, aquades (PT. Brataco), serpihan *graphite* (200 mesh) dari pensil 2B, dan surfaktan (*fairy liquid*).

### 2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa wadah es, gelas piala, gelas ukur, pipet tetes, labu ukur, aluminium foil, blender *Kenwood BL370*, kompor gas, kaleng, kuili, timbangan digital, termometer, pengaduk, mesin penumbuk, dan satu set saringan. Peralatan atau instrumen untuk karakterisasi antara lain penetrometer, *ductimeter*, alat *ring and ball*, alat marshall, *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).

### 2.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini meliputi variabel tetap dan variabel berubah.

Variabel tetap penelitian ini adalah aspal jenis pen 60/70, jumlah kadar aspal, proses pencampuran aspal dengan *Few Layer Graphene* (FLG) dilakukan pada suhu 150°C dan diaduk selama 10 menit (Moreno-Navarro *et al.*, 2018). Kadar aspal bitumen yang digunakan sebesar 6%. Variable berubah adalah penambahan grafena 0 wt%, 3 wt%, 6 wt%, dan 9 wt% dari berat total aspal bitumen dan variasi konsentrasi FLG 10 mg/ml dan 20 mg/ml.

## 2.4 Prosedur Penelitian

### 2.4.1. Pembuatan FLG

FLG dibuat menggunakan metode *turbulence-assisted shear exfoliation* yang dilaporkan Varrla *et al* (2014). Pertama, grafit diayak menggunakan pengayak 200 *mesh*. Kemudian, grafit sebanyak 10 gram dan surfaktan sebanyak 1,25 gram dilarutkan dalam 500 ml *aquadest*. Campuran kemudian dimasukkan pada *blender*. *Blender* dioperasikan pada kecepatan maksimal dengan lama pengoperasian yaitu 60 menit. Untuk menjaga kondisi proses, *blender* dioperasikan 1 menit *on* dan 1 menit *off*. Setelah pengelupasan kulit *graphite* selesai, FLG yang dihasilkan kemudian dipisahkan dari busa menggunakan spatula.

### 2.4.2. Proses Pembuatan Campuran Aspal

Aspal yang sudah ditimbang sesuai dengan berat yang telah dihitung selanjutnya dipanaskan menggunakan kompor. Pada saat suhu aspal mencapai 150°C, FLG dimasukkan ke dalam aspal yang telah cair sedikit demi sedikit sambil diaduk agar campuran aspal dan FLG homogen selama 10 menit. Kemudian aspal yang telah homogen sebagian diuji penetrasi dan titik lembek. Sedangkan sebagian lagi dicampur dengan agregat dan *filler*, setelah itu campuran aspal dimasukkan ke dalam cetakan dan dilakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 112 kali dengan tinggi jatuh  $\pm 45$  cm. Campuran aspal yang sudah dipadatkan, didiamkan selama

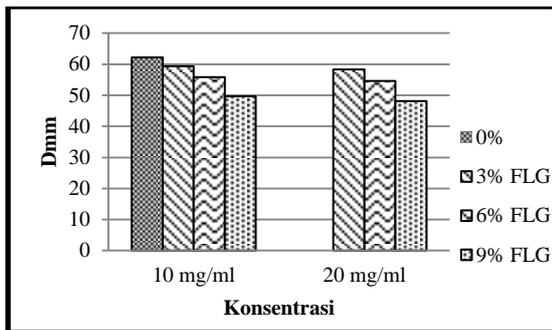
24 jam pada suhu ruangan. Kemudian campuran aspal tersebut dilakukan uji *Marshall*.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Pengaruh *Few Layer Graphene* (FLG) terhadap Penetrasi Bitumen Aspal

Penetrasi aspal merupakan salah satu parameter untuk mengklasifikasikan kelas dan kualitas aspal untuk perkerasan jalan. Penetrasi merupakan nilai yang menggambarkan kekerasan aspal pada temperatur 25°C, yang diambil dari pengukuran kedalaman jarum standar yang masuk ke dalam aspal setelah diberi beban selama 5 detik. Nilai penetrasi digunakan untuk menentukan ketahanan aspal terhadap deformasi permanen. Tingkat kekerasan aspal berbanding terbalik dengan nilai penetrasinya. Kualitas aspal modifikasi dapat dibandingkan dengan aspal konvensional melalui nilai penetrasi aspal tersebut. Proses modifikasi aspal dengan penambahan FLG berhasil, jika nilai penetrasi aspal modifikasi lebih rendah daripada nilai penetrasi aspal konvensional yang digunakan yaitu aspal pen 60/70 (Yuliantari, 2018).

Aspal konvensional yang telah dicampur dengan FLG diuji penetrasinya menggunakan alat *automatic penetrometer*. Pengujian dilakukan dengan lima kali pembacaan nilai penetrasi untuk masing-masing benda uji. Standar pengujian penetrasi aspal bitumen menggunakan SNI 06-2456-1991 dengan nilai minimal penetrasi 50 dmm. Nilai penetrasi aspal modifikasi yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Pengaruh penambahan FLG terhadap nilai penetrasi.

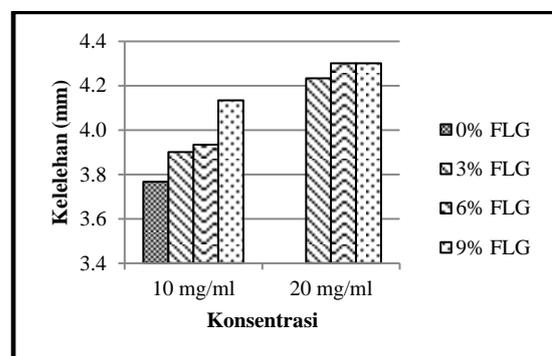
Berdasarkan hasil pengujian aspal Pen 60/70 dengan penambahan FLG yang telah dilakukan, bahwa nilai penetrasi yang didapatkan dengan variasi konsentrasi dan rasio berat pada Gambar 1 semakin mengeras, ditandai dengan nilai penetrasi dari aspal mengalami penurunan. Nilai penetrasi terendah yg didapatkan dari pencampuran ialah pada konsentrasi 20 mg/ml dengan rasio berat 9% yaitu sebesar 48,1 dmm, sedangkan nilai dengan penetrasi tertinggi setelah dilakukan pencampuran ialah pada variasi konsentrasi 10 mg/ml dengan rasio berat sebesar 3%, didapatkan nilai penetrasi sebesar 59,4 dmm. Hal ini menunjukkan bahwa FLG dapat meningkatkan tingkat kekerasan dari aspal dengan melihat turunnya nilai dari penetrasi bitumen aspal. Namun, nilai tersebut tidak masuk spesifikasi Bina Marga divisi 6. Pada nilai yang disyaratkan untuk aspal Pen 60/70 yaitu minimal 60 dmm, sedangkan untuk pengujian penetrasi dengan penambahan FLG nilai yang didapatkan kurang dari 60 dmm. Penyebab tidak masuknya nilai pengujian aspal setelah ditambahkan FLG adalah karena nilai penetrasi aspal konvensional yang digunakan sudah mendekati nilai batas minimum yaitu 61,2 dmm. Hasil pengujian penetrasi ini masuk ke dalam spesifikasi Aspal Pen 40/50 dimana Aspal Pen 40/50 yaitu aspal keras yang biasa digunakan pada volume lalu lintas tinggi dan didaerah tropis.

Han dkk (2018) melakukan penelitian dengan menambahkan *GNP*

(*Graphene Nanoplatelets*) dengan rasio berat 0,03% - 0,07% ke dalam aspal, hasil penelitian mereka menunjukkan nilai penetrasi aspal berkurang dari 50 dmm menjadi 45,43 dmm. Dibandingkan dengan penelitian ini, penelitian Han dkk (2018) menunjukkan hasil yang lebih baik karena hanya dengan menambahkan *GNP* maksimal 0,07% mampu mengurangi nilai penetrasi aspal sebesar 8,4% sementara penelitian ini dengan penambahan rasio berat sebesar 3% hanya mampu mengurangi nilai penetrasi sebesar 6,59%.

### 3.2 Pengaruh FLG terhadap Flow Aspal Beton

*Flow* adalah besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan, dinyatakan dalam satuan panjang. *Flow* dalam terminologi *Marshall's Test* adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai pada kondisi kestabilan mulai menurun (Speight, 2016). Benda uji Marshall yang telah dicetak dan direndam selama 24 jam diuji *flow*-nya menggunakan alat *Marshall Compression Machine*. Pengujian dilakukan dengan 1 kali pembacaan nilai *flow* untuk masing-masing benda uji. Nilai *flow* aspal modifikasi yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pengaruh konsentrasi FLG terhadap Flow aspal beton.

Gambar 2 memperlihatkan kenaikan *flow* berbanding lurus dengan

jumlah FLG yang ditambahkan ke dalam aspal. Standar *flow* yang telah ditetapkan oleh Bina Marga Divisi 6 ialah 2-4 mm. *Flow* tertinggi dalam penelitian ini yaitu aspal yang menggunakan FLG dengan konsentrasi 20 mg/ml dan rasio berat 9% sebesar 4,4 mm, sedangkan *flow* terendah adalah aspal dengan penambahan FLG konsentrasi 10 mg/ml dan rasio berat 3% sebesar 4 mm. Stabilitas aspal konvensional yang digunakan yaitu 3,8 mm. Nilai *flow* yang diperoleh menunjukkan kenaikan *flow* dari aspal yang tanpa FLG dengan aspal menggunakan FLG cukup baik, dan persentase kenaikan *flow* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Persentase kenaikan nilai *flow* aspal masing-masing variasi setelah ditambahkan FLG.

Konsentrasi FLG (mg/ml)	Rasio Berat FLG terhadap bitumen (%)		
	3%	6%	9%
10 mg/ml	3.54%	4.42%	9.73%
20 mg/ml	12.39%	14.16%	14.16%

Dari Tabel 1, dapat kita lihat persentase kenaikan nilai *flow* aspal. Persentase kenaikan tertinggi nilai *flow* aspal setelah penambahan FLG yaitu pada konsentrasi 20 mg/ml dengan rasio berat 9% yaitu sebesar 17,70% dan persentase terendah aspal setelah penambahan FLG yaitu pada konsentrasi 10 mg/ml dengan rasio berat 3% sebesar 3,54%. Hal ini membuktikan bahwa penambahan FLG ke dalam aspal dapat meningkatkan elastisitas dari aspal beton sebesar 17,70%.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan FLG pada bitumen aspal meningkatkan kualitas aspal dimana nilai penetrasi dan *flow* meningkat.

2. Pada pengujian bitumen aspal, penetrasi terbaik yaitu 47,5 Dmm pada penambahan FLG 3% konsentrasi 20 mg/ml. Pada pengujian benda uji Marshall, *Flow* tertinggi yaitu 4,3 mm juga pada penambahan FLG 3% konsentrasi 20 mg/ml.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Casero, E., Parra-Alfambra, A. M., Petit-Dominguez, M. D., Pariente, F., Lorenzo, E. and Alonso, C. (2012). *Differentiation Between Graphene Oxide and Reduced Graphene by Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)*. *Electrochemistry Communications*. Elsevier, pp. 63– 66. DOI: 10.1016/j.elecom.2012.04.002.
- Han, M., Li, J., Muhammad, Y., Yin, Y., Yang, J., Yang, Song. and Duan, S. (2018). Studies on the secondary modification of SBS modified asphalt by the application of octadecyl amine grafted graphene nanoplatelets as modifier. *Diamond and Related Materials*. DOI : 10.1016/j.diamond.2018.08.011
- Moreno-navarro, F., Sol-sánchez, M., Gámiz, F. and Rubio-gámez, M. C. (2018). Mechanical and thermal properties of graphene modified asphalt binders. *Construction and Building Materials*, 180, 265–274.
- Novoselov , K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S. V., Grigorieva, L. I. and Firsov, A. A. (2004). Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science*. 303(10): 666.
- Speight, J. G. (2016). *Asphalt Paving. Asphalt Materials Science and Technology*, 409–435.

doi:10.1016/b978-0-12-800273-5.00010-6

- Varrla, E., Paton, K. R., Backes, C., Harvey, A., Smith, R. J., McCauley, J. and Coleman, J. N. (2014). Turbulence-Assisted Shear Exfoliation of Graphene Using Household Detergent and A Kitchen Blender. *Nanoscale*, 6(20).
- Young, J. F., Mindess, S., G, Robert J. and Bentur, A. (1998). *The Science and Technology of Civil Engineering Materials*. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.
- Yuliantari, R. (2018). Modifikasi Aspal Konvensional Penetrasi 60/70 Menggunakan Lateks Kebun dengan Variasi Konsentrasi and Kadar Karet Kering Lateks. *Jurusan Teknik Kimia UNRI*