

Pemanfaatan Nanomaterial dari Limbah Petroleum Coke untuk Meningkatkan Kekuatan Semen Pemboran

Utilization of Nanomaterials from Petroleum Coke to Improve Strength of Drilling Cement

Mursyidah *

Idham Khalid

Fitri Mairizki

Rizka Haswinda Putri

Nadhif Akhmarul Asra

Rayendra Maulana Rahman

Department of Petroleum
Engineering, Islamic University of
Riau, Pekanbaru, Indonesia

email:

mursyidahumar@eng.uir.ac.id

Kata Kunci

Graphene Oxide

Petroleum coke

Drilling Cement

Keywords:

Graphene Oxide

Petroleum coke

Drilling Cement

Received: January 2026

Accepted: March 2026

Published: June 2026

Abstrak

Penyemenan adalah salah satu proses penting dalam operasi pengeboran minyak dan gas bumi. Tujuannya untuk isolasi zona, menahan tekanan formasi, dan menjaga kestabilan sumur dalam jangka panjang. Oleh karena itu, kualitas semen yang digunakan harus mempunyai *compressive strength* (CS) dan *shear bond strength* (SBS) yang sesuai dengan standar *American Petroleum Institute* (API). Teknologi yang berkembang saat ini memanfaatkan nanomaterial seperti *Graphene Oxide Nanosheets* (GONs) sebagai solusi inovatif meningkatkan kekuatan semen pemboran. Tim PKM Fakultas Teknik Universitas Islam Riau mengadakan kegiatan pengabdian di SMK Migas Bumi Melayu Riau untuk memperkenalkan konsep nanomaterial GONs dari *Petroleum coke*, serta bagaimana GONs dapat meningkatkan kekuatan semen pemboran. Adanya kegiatan ini diharapkan dapat menambah pengetahuan guru dan siswa mengenai penerapan nanoteknologi dalam industri migas, dan menumbuhkan kesadaran terhadap pentingnya riset dan teknologi dalam menunjang industri migas berkelanjutan.

Abstract

Cementing is an important process in oil and gas drilling operations. Its purpose is to isolate zones, withstand formation pressure, and maintain long-term well stability. Therefore, the quality of the cement used must meet the compressive strength (CS) and shear bond strength (SBS) requirements of the American Petroleum Institute (API) standards. Current technology utilizes nanomaterials such as Graphene Oxide Nanosheets (GONs) as an innovative solution to increase the strength of drilling cement. The PKM Team of the Faculty of Engineering, Universitas Islam Riau, held a community service activity at SMK Migas Bumi Melayu Riau to introduce the concept of GONs nanomaterials derived from petroleum coke and how they can increase the strength of drilling cement. This activity is expected to increase teachers' and students' knowledge of the application of nanotechnology in the oil and gas industry and raise awareness of the importance of research and technology in supporting a sustainable oil and gas industry.



© 2026 Mursyidah, Idham Khalid, Fitri Mairizki, Rizka Haswinda Putri, Nadhif Akhmarul Asra, Rayendra Maulana Rahman. Published by [Institute for Research and Community Services Universitas Muhammadiyah Palangkaraya](#). This is Open Access article under the CC-BY-SA License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>). DOI: <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v11i6.12026>

PENDAHULUAN

Operasi pemboran minyak dan gas membutuhkan penyemenan yang kuat untuk menjaga kestabilan sumur serta mencegah migrasi fluida formasi. Kualitas semen yang digunakan sangat memengaruhi keberhasilan penyemenan, karena semen berfungsi sebagai pengikat antara casing dan formasi, memberikan isolasi zona, menahan tekanan dari formasi, dan menjaga kestabilan sumur dalam jangka panjang (Khalid *et al.*, 2020). Menurut API nilai CS minimum untuk dapat melanjutkan operasi pemboran adalah 500 Psi sedangkan SBS lebih dari 100 psi (Novrianti, 2016). Oleh karena itu, peningkatan performa semen pemboran menjadi salah satu fokus penting dalam pengembangan teknologi perminyakan. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini seperti pemanfaatan nanoteknologi, memberikan peluang baru untuk meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan semen pemboran. Nanomaterial diketahui memiliki karakteristik khusus karena ukuran partikelnya yang sangat kecil (dalam skala nanometer) (Umar *et al.*, 2025). Salah satu material yang

How to cite: Mursyidah., Khalid, I., Mairizki, F., Putri, R. H., Asra, N. A., Rahman, R. M. (2026). Pemanfaatan Nanomaterial dari Limbah Petroleum Coke untuk Meningkatkan Kekuatan Semen Pemboran. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 11(6), 1769-1774. <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v11i6.12026>

memiliki potensi besar adalah *Graphene oxide nanosheets* (GONs). Material ini dikenal memiliki luas permukaan yang sangat tinggi, sifat mekanik yang baik, dan kemampuan untuk berinteraksi secara kimia dengan komponen semen (Chintalapudi *et al.*, 2020). Salah satu sumber bahan baku pembuatan GONs berasal dari limbah *petroleum coke*. *Petroleum coke* merupakan produk sampingan dari industri pengolahan minyak bumi yang biasanya kurang dimanfaatkan dan bahkan dapat menimbulkan masalah lingkungan jika dibuang begitu saja (Suripto, 2010). *Petroleum coke* berwarna hitam, keras, dan kaya karbon. Dengan memanfaatkan *petroleum coke* sebagai bahan dasar pembuatan GONs, tidak hanya membuka peluang pengembangan material yang inovatif, tetapi juga memberikan nilai tambah terhadap limbah industri yang selama ini kurang termanfaatkan. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk memperkenalkan konsep dan aplikasi nanomaterial kepada guru dan siswa SMK Migas Bumi Melayu Riau dengan kompetensi keahlian teknik pemboran migas. Melalui penjelasan konsep nanomaterial, demonstrasi sederhana, dan diskusi interaktif, Kegiatan ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai teknologi terbaru, serta dapat mendorong minat guru dan siswa untuk mengembangkan inovasi dalam bidang teknik pemboran.

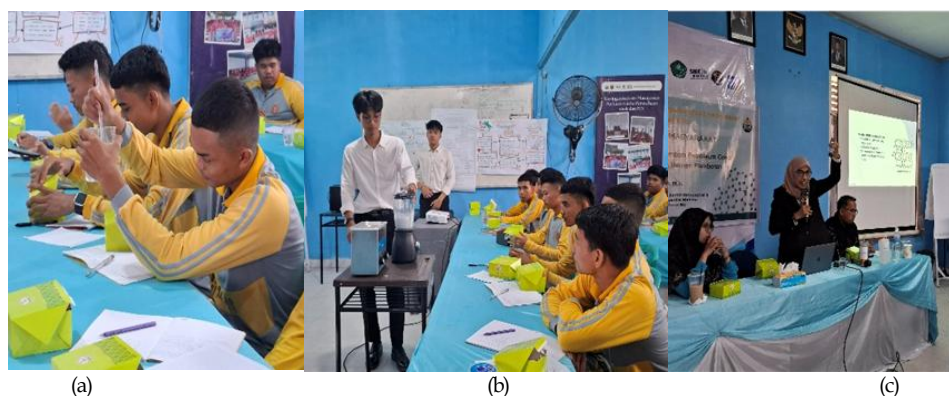
METODE

Kegiatan pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini dilaksanakan melalui beberapa langkah, pertama persiapan materi dan koordinasi dengan pihak mitra. Mitra dalam kegiatan PKM adalah SMK Migas Bumi Melayu Riau, Kota Pekanbaru, Dimana mitra berpartisipasi dalam menentukan peserta yang akan diikutsertakan yaitu kelas 11 dan kelas 12 bidang keahlian teknik pemboran migas, dan mitra juga menyediakan tempat kegiatan PKM. Kedua, penyampaian materi tentang pemanfaatan nanomaterial dari limbah *petroleum coke* dalam meningkatkan kekuatan semen pemboran. Dimulai dengan penjelasan konsep nanomaterial, dasar-dasar penyemenan dan peran nanomaterial untuk semen pemboran, lalu demonstrasi sederhana sintesis *Graphene oxide nanosheets* (GONs), karakterisasi GONs, serta pembuatan bubur semen. Selanjutnya, menyampaikan hasil penelitian semen pemboran yang telah ditambahkan dengan GONs.



Gambar 1. Penyampaian materi mengenai konsep nanomaterial dan dasar-dasar penyemenan.

Proses sintesis diawali dengan mencampurkan 1 gr surfaktan *Linear Alkylbenzene Sulfonates* (LAS) dengan 200 ml air deionisasi (*Aquadest*) dalam beaker glass, lalu diaduk hingga surfaktan benar-benar larut. Selanjutnya, 1 gr bubuk *petroleum coke* (*grafit*) ditambahkan ke dalam larutan tersebut dan diaduk merata, kemudian didiamkan selama 12 jam agar surfaktan dapat melemahkan ikatan *Van der Waals* yang mengikat lapisan *graphene oxide*. Setelah didiamkan, campuran tersebut diblender selama 5 menit, bertujuan untuk memisahkan lapisan-lapisan GONs yang telah melemah (eksfoliasi). Busa yang muncul di permukaan larutan dibuang untuk mencegah kontaminasi. Proses dilanjutkan dengan sonikasi selama 4 jam menggunakan sonikator guna memastikan pemisahan lebih lanjut serta membersihkan GONs dari residu surfaktan yang tersisa. Langkah terakhir adalah mengeringkan hasil eksfoliasi dalam oven bersuhu 100°C selama 45 menit, sehingga diperoleh GONs yang siap digunakan untuk karakterisasi dan aplikasi lebih lanjut.

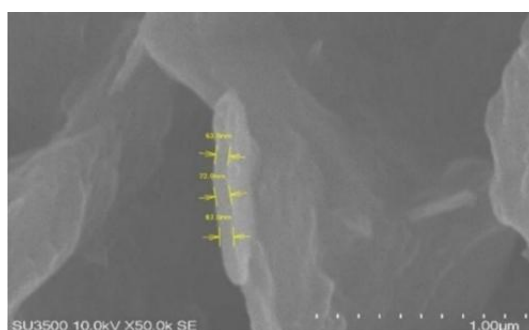


Gambar 2. Demonstrasi sintesis GONs (a) Pengadukan surfaktan LAS dengan *Aquadest* (b) Campuran di blender dan sonikasi (c) Produk GONs.

Proses pembuatan bubuk semen dimulai dengan menuangkan *distilled water* ke dalam *mixer cup*, lalu diaduk dengan kecepatan 400 rpm selama 15 detik guna memastikan distribusi awal air yang merata dalam wadah pencampuran. Selanjutnya, bubuk semen kelas G dan GONs ditambahkan secara perlahan ke dalam *mixer cup* yang telah berisi air. Campuran ini kemudian diaduk menggunakan mixer berkecepatan 1200 rpm selama 35 detik. Selanjutnya, dituang ke dalam cetakan untuk menguji kekuatan semen. Kegiatan akan diakhiri dengan sesi diskusi dimana peserta dapat menyampaikan pertanyaan atau tanggapan atas materi yang disampaikan.

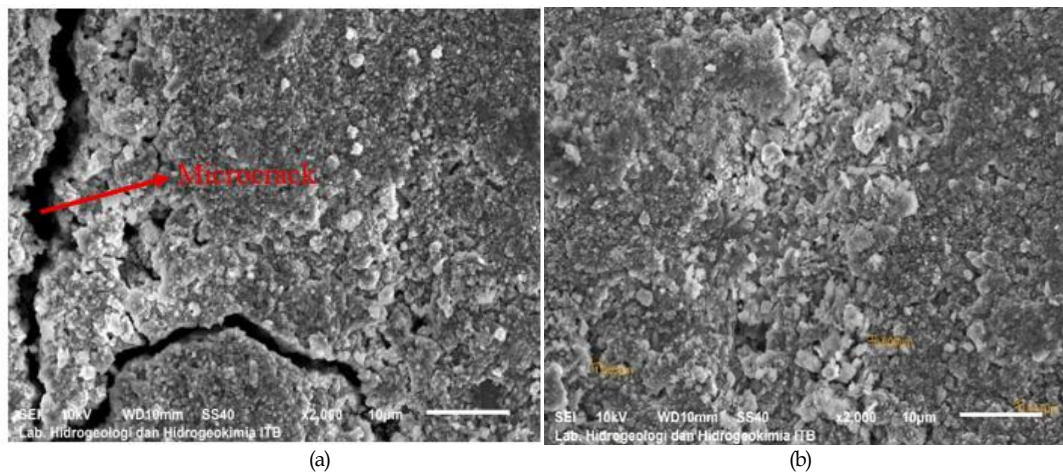
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat (PKM) telah diikuti oleh guru dan siswa yang berjumlah 30 (tiga puluh) orang. Kegiatan ini disambut baik oleh kepala sekolah SMK Migas Bumi Melayu Riau yaitu ibu Winda Octafia, ST.,MT. Peserta PKM juga memberikan respon yang sangat baik, karena nanoteknologi merupakan topik baru bagi mereka. *Graphene oxide nanosheets* (GONs) yang telah berhasil disintesis, kemudian dikarakterisasi menggunakan spectrophotometry UV-Vis untuk mengukur absorbansi dan panjang gelombang didapat pada rentang 230 nm – 300 nm (Trikkalotis *et al.*, 2021). *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk melihat gugus fungsi melalui spektrum vibrasinya, dimana gugus fungsi yang diperoleh pertama adalah *Hydroxyl* (O-H) pada puncak gelombang 3285,94 cm^{-1} , gugus fungsi yang kedua adalah *Carbonyl* (C=O) pada puncak gelombang 1780,56 cm^{-1} , gugus fungsi yang ketiga adalah Cincin aromatik (C=C) pada puncak gelombang 1517,34 cm^{-1} dan gugus fungsi yang keempat adalah *epoxy* (C-O-C) pada puncak gelombang 1238,36 cm^{-1} (Wang *et al.*, 2021; Ruggiero *et al.*, 2025).. Untuk memastikan lagi bahwa GONs telah berhasil disintesis, dikarakterisasi menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD) dan diperoleh puncak kuat pada sudut $2\theta \approx 26,45^\circ$, puncak ini mengonfirmasi perubahan struktur kristal dan keberhasilan oksidasi (Patra *et al.*, 2023). Terakhir, dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM – EDS) untuk melihat lembaran GONs yang terpisah dengan baik menandakan proses eksfoliasi grafit yang berhasil, seperti yang ditunjukkan gambar 3. Tebal lembaran GONs berkisar antara 63 dan 72 nm, menunjukkan bahwa material yang dihasilkan memiliki ketebalan yang sesuai dengan karakteristik GONs.



Gambar 3. SEM GONs perbesaran 50 x dengan skala 1.0 μm .

GONs kemudian dicampurkan ke dalam bubur semen sebagai aditif untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap nilai *compressive strength* (CS) dan *shear bond strength* (SBS). Nilai CS tanpa GONs sebesar 3362 Psi dan SBS sebesar 644 Psi. Penambahan GONs ternyata mampu meningkatkan nilai CS menjadi 4754 Psi dan SBS sebesar 901 Psi. dibandingkan dengan sampel tanpa GONs. Peningkatan kekuatan ini terjadi karena GONs berperan sebagai pengisi (*filler*) pada matriks semen, sehingga dapat menutup ruang pori dan memperkecil ukuran pori, yang pada akhirnya menghasilkan struktur semen yang lebih rapat dan kuat. Selain itu, GONs juga meningkatkan struktur pori bubur semen, menurunkan daya serap komposit, serta memperbaiki mekanisme ikatan antarpartikel (Qureshi *et al.*, 2019).



Gambar 4. (a) SEM semen tanpa GONs (b) SEM semen dengan GONs.

Kegiatan dilanjutkan dengan sesi diskusi bersama guru dan siswa, dengan beberapa pertanyaan yang diajukan adalah :

1. Apakah GONs telah diterapkan dalam industri, khususnya pada aplikasi semen pemboran.
Saat ini, penggunaan GONs dalam industri migas khususnya sebagai aditif semen pemboran masih berada dalam tahap penelitian dan pengembangan. Berbagai studi laboratorium telah menunjukkan bahwa GONs mampu meningkatkan kekuatan semen pemboran, namun implementasinya secara luas di industri belum dilakukan karena masih diperlukan evaluasi lebih lanjut terkait aspek keekonomian, keamanan, dan keberlanjutan material.
2. Alasan penggunaan *Aquadest* dalam pengujian dan apakah memungkinkan menggunakan jenis air lainnya.
Aquadest digunakan karena bebas dari mineral dan senyawa terlarut lainnya. Air biasa tidak direkomendasikan karena dapat memengaruhi hasil penelitian.
3. Potensi penggunaan GONs pada operasi pemboran lepas pantai (*offshore*).
Secara prinsip, GONs berpotensi untuk digunakan pada aplikasi *offshore* karena sifatnya yang mampu meningkatkan kekuatan dan ketahanan struktur semen terhadap tekanan dan lingkungan ekstrim. Namun, penerapannya masih memerlukan penelitian tambahan untuk memastikan stabilitas, serta performanya pada kondisi tekanan tinggi dan lingkungan air laut yang korosif.
4. Asal-usul nanomaterial yang digunakan serta nama material tersebut.
Nanomaterial yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Graphene oxide nanosheets* (GONs), disintesis dari *graphite petroleum coke*, yaitu material karbon hasil limbah pengolahan minyak bumi.



Gambar 5. Sesi Diskusi.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini telah berhasil dilaksanakan dengan baik, ditunjukkan oleh tingginya antusiasme peserta serta pemahaman yang meningkat mengenai pemanfaatan nanomaterial GONs dalam meningkatkan kekuatan semen pemboran. Melalui penyampaian materi pengenalan nanomaterial dan aplikasi GONs dalam bidang pemboran, demonstrasi sederhana sintesis GONs, karakterisasi GONs, dan pembuatan bubur semen serta, diskusi interaktif tentang perkembangan teknologi pemboran modern. Kegiatan ini juga berhasil mencapai tujuan utamanya, yaitu memberikan edukasi aplikatif dan memperkuat literasi teknologi bagi peserta didik SMK Migas Bumi Melayu Riau dalam bidang pemboran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DPPM) Universitas Islam Riau (UIR) yang telah memberi dukungan secara optimal baik itu secara materil maupun moril terhadap kegiatan pengabdian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada SMK Migas Bumi Melayu Riau yang telah memberikan kesempatan dan kerjasama yang sangat baik kepada Tim PKM. Semoga kegiatan pengabdian masyarakat ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang terlibat.

REFERENSI

- Chintalapudi, K., & Pannem, R. M. R. (2020). Strength properties of graphene oxide cement composites. *Materials Today: Proceedings*, **45**, 3971–3975. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.369>
- Khalid, I., Musnal, A., Novriansyah, A., & Sitanggang, K. (2020). Aplikasi bentonite lokal terhadap nilai compressive dan shear bond strength suspensi semen sumur minyak. *Jurnal Saintis*, **20**(02), 85-92. [https://doi.org/10.25299/saintis.2020.vol20\(02\).5252](https://doi.org/10.25299/saintis.2020.vol20(02).5252)
- Novrianti, N. (2016). Studi Laboratorium Pengaruh Nanocomposite Nanosilika dan Arang Cangkang Kelapa Sawit Dengan Variasi Temperatur Pemanasan Terhadap Free Water dan Kekuatan Semen Pemboran. *Journal of Earth Energy Engineering*, **5**(1), 21–27. <https://doi.org/10.22549/jeee.v5i1.465>.
- Patra, B., Das, N., Sahoo, R., Sahoo, D. K., Dalai, B., Parida, C., & Dash, S. K. (2023). Synthesis, Characteristics and Applications of Graphene Composites: A Survey. In *Journal of the Turkish Chemical Society, Section A: Chemistry*. **10**(3), pp. 757–772. Turkish Chemical Society. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.1234196>

- Qureshi, T. S., Panesar, D. K., Sidhureddy, B., Chen, A., & Wood, P. C. (2019). Nano-cement composite with graphene oxide produced from epigenetic graphite deposit. *Composites Part B: Engineering*, **159**, 248–258. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.09.095>.
- Ruggiero, G., Di Rosa, D., Caso, F., Sorrentino, R., Zarone, F., & Caso, G. (2025). Synthesis and FT-IR/Raman Characterization of a Graphene Oxide– Methacrylamide Monomer for Dental Applications. *Materials*, **18**(15), 3550. <https://doi.org/10.3390/ma18153550>
- Suripto. (2010). Petroleum Coke Sebagai Bahan Baku Industri Karbon. *Jurnal Informasi Teknologi Keramik dan Gelas*, **31** (1). <https://website.bbk.go.id/index.php/page/index/439/PETROLEUM-COKE-SEBAGAI-BAHAN-BAKU-INDUSTRI-KARBON>
- Trikkaliotis, D. G., Christoforidis, A. K., Mitropoulos, A. C., & Kyzas, G. Z. (2021). Graphene oxide synthesis, properties and characterization techniques: A comprehensive review. In *ChemEngineering*, **5**(3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/chemengineering5030064>
- Umar, M., Mardiyanto, R., Khalid, I., Putri, R. H., & Rita, N. (2025). Effect Of Graphene Oxide Nanosheets from Graphite, Petroleum Coke on Cement Properties. *International Journal of Geomate*, **29**(131), 13–21. <https://doi.org/10.21660/2025.131.4744>
- Wang, Y., Wang, Z., Zhu, J., Li, H., Zhang, Z., & Yu, X. (2021). A comparative study on the reinforcement effect of polyethylene terephthalate composites by inclusion of two types of functionalized graphene. *Colloid and Polymer Science*, **299**(12), 1853–1861. <https://doi.org/10.1007/s00396-021-04909-3>