

STUDY LITERATUR : *GRAPHENE*, NANO TEKNOLOGI SEBAGAI MATERIAL KONSTRUKSI MASA DEPAN

Muh. Apriansyah^{1*}, Ananda Galang Wangsa², M. Ukkasya³, Fadlun⁴, Nur Anisah⁵

¹²³⁴⁵Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Muhammadiyah Bima

*E-mail : muh.apriansyah01@gmail.com

Abstract

The development of science and technology encourages progress in various fields, especially through academic innovation. In 2010, Andre K. Geim and Konstantin Novoselov won the Nobel for their discovery of graphene; using tape and graphite. Graphen, known as nanotechnology; superior, has conductive, strong and elastic properties, with these superior properties making graphen a material that has great potential for use in construction activities, such as steel wire ropes for bridges. NASA plans a lift to space using graphene; because of his strength. This research analyzes publications from various sources such as Google Scholar, Dimension, and Researchgate, exploring the attributes of graphene and its derivatives to improve the properties of composite cements and future construction. With the same basic properties as Graphene, Graphene oxide (GO) is also able to increase the compressive, tensile and ductility strength of concrete, reduce cracking, provide electrical conductivity, increase corrosion resistance, and improve the workability of the concrete mixture. Although its use in construction has great potential to overcome future construction problems. However, to be able to use graphene in construction activities, it still requires a lot of development and research.

Key Words : Graphite, Graphene, Nanotechnology, Construction

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah mendorong kemajuan dalam berbagai bidang ilmu. Perkembangan teknologi yang semakin cepat turut mendorong kalangan akademisi untuk terus berinovasi dalam menciptakan penemuan baru yang dapat mendukung perkembangan teknologi. Kebutuhan material menjadi hal paling mendasar yang harus terpenuhi dalam percepatan pembangunan dan teknologi. Salah satu penemuan material mendorong lahirnya teknologi-teknologi baru terjadi pada tahun 2004 Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov, yang melakukan percobaan sederhana dengan selotip dan grafit. Mereka mengupas grafit dengan selotip sehingga mendapatkan lapisan yang tipis yang disebut

graphene. Atas penemuan ini pada tahun 2010 mereka berhasil mendapatkan hadiah nobel.

Setelah penemuan tersebut, dunia mengenal penggunaan grafena (*graphene*), sebagai salah satu contoh nano teknologi yang dapat digunakan dalam berbagai jenis teknologi. Grafena dapat dihasilkan melalui berbagai cara. Salah satu yang umum digunakan yaitu metode *Hummers* yang menggunakan banyak larutan, metode *Chemical Vapour Deposition* (CVD), dan metode sonikasi yang memanfaatkan gelombang ultrasonik. Metode CVD dapat menghasilkan grafena dengan kualitas dan kemurnian yang tinggi, tetapi metode ini memiliki kekurangan seperti biaya produksi yang mahal dan tidak bisa memproduksi grafena dalam jumlah yang besar (Honoris et al., 2020). Grafena dapat menghantarkan listrik dengan baik atau bersifat

konduktif, selain sebagai konduktor yang baik grafin juga sangat kuat dan elastis.

Grafena merupakan material karbon dua dimensi yang memiliki sifat yang unik dan luar biasa sehingga memiliki potensi yang cukup besar dalam berbagai aplikasi. Grafena memiliki banyak potensi aplikasi seperti di bidang baterai, pengisi polimer, sensor, konversi energi, dan perangkat penyimpanan energi (Hidayat et al., 2019). Oleh sebab itu grafin sangat cocok untuk digunakan sebagai bahan campuran semen, atau juga dapat menjadi pengganti pasta semen. Selain itu dengan sifat elastis grafena juga memungkinkan digunakan sebagai tali kawat baja (*Wire Rope*) untuk jembatan. Badan Antariksa Amerika (NASA) berencana menciptakan lift menuju ISS (*International Space Station*). Untuk menciptakan lift yang menuju luar angkasa memerlukan material yang kuat yang dapat menahan tekanan atmosfer bumi. Grafena menjadi material yang sangat cocok sebagai material untuk pembuatan lift tersebut.

Dalam bidang konstruksi, grafena menawarkan potensi untuk revolusi material dan teknologi bangunan. Meskipun grafena adalah bahan yang sangat tipis, kekuatan mekaniknya yang luar biasa memungkinkannya untuk digunakan sebagai penguat dalam material komposit, meningkatkan kekuatan dan ketahanan arus material bangunan tradisional seperti beton dan aspal. Selain itu, konduktivitas termal dan elektrik yang tinggi dari grafena dapat dimanfaatkan dalam sistem pemanas lantai, panel surya, dan sensor dalam bangunan pintar (Shilar et al., 2022). Kemampuannya sebagai membran impermeabel juga dapat diterapkan dalam aplikasi tahan air dan anti-korosi, meningkatkan masa pakai dan ketahanan bangunan terhadap kerusakan.

Selain sifat-sifat fisik dan mekaniknya, grafena juga dapat dimodifikasi untuk memperoleh sifat-sifat tertentu yang diinginkan dalam aplikasi konstruksi.

Misalnya, grafena dapat difungsionalisasi untuk menjadi hidrofobik atau memiliki sifat anti-bakteri, yang dapat meningkatkan keawetan dan kualitas bangunan. Dengan kemampuan ini, grafena membuka jalan bagi inovasi dalam material konstruksi, mengarah pada pembangunan infrastruktur yang lebih tahan lama, efisien, dan berkelanjutan. Meskipun masih dalam tahap penelitian dan pengembangan, potensi grafena dalam bidang konstruksi menjanjikan kemajuan signifikan dalam industri ini.

Graphene juga memiliki potensi dalam aplikasi isolasi termal dan akustik di bidang konstruksi. Dengan kemampuannya dalam menghantarkan panas, grafena dapat digunakan sebagai lapisan isolasi yang efisien, mengurangi kebutuhan energi untuk pemanasan dan pendinginan bangunan. Selain itu, struktur dua dimensinya dapat difungsionalisasi untuk menyerap dan meredam gelombang suara, meningkatkan kenyamanan akustik di dalam bangunan. Penggunaan grafena dalam aplikasi isolasi ini tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi energi bangunan tetapi juga meningkatkan kualitas lingkungan dalam ruangan, menciptakan lingkungan yang lebih nyaman dan berkelanjutan. Integrasi grafena dalam sistem konstruksi dapat memberikan solusi inovatif untuk tantangan keberlanjutan dan efisiensi energi dalam desain dan pembangunan bangunan masa depan.

2. TINJAUAN LITERATUR

Pada jurnal ini penelitian menggunakan studi literatur, yang menghimpun informasi dari berbagai jurnal serta sumber-sumber lain. Penelitian dilakukan dengan menelusuri literatur tentang grafena serta potensinya dalam bidang konstruksi.

Metode Penelitian

Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menganalisis

publikasi dan literatur dari berbagai sumber dan juga berbagai database akademis misalnya, Google Scholar, Dimension, Neliti, Researchgate, dan IOP Science, penelitian ini mencoba menelusuri atribut-atribut graphen dan turunannya untuk meningkatkan sifat semen komposit. Serta kemungkinan penerapan yang lebih luas pada model konstruksi di masa yang akan datang, sehingga diharapkan akan menghadirkan inovasi dalam bidang konstruksi dan nano teknologi di masa yang akan datang.

Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menggabungkan beberapa literatur dan informasi.

3. PEMBAHASAN

Grafit

Grafit adalah kristalin karbon berupa serbuk hitam atau disebut bentuk alotrop dari karbon. Di alam grafit dapat kita temukan dalam bentuk endapan dengan kemurnian yang beragam. Keteraturan atom *graphene* yang sangat tinggi bahkan tanpa cacat timbul sebagai akibat ikatan atom-atom karbon yang kuat. Ikatan kimia atom-atom karbon pada material *graphene* merupakan superposisi 2s, dengan orbital 2px dan 2py memberikan kesetimbangan energi pada kisi-kisi heksagonal 2D dan ikatan σ dengan 3 atom karbon yang berdekatan. (Amalia & Rahayu, 2020). Hal ini yang menyebabkan grafit memiliki sifat konduktif dengan konduktivitas termal 2200 W/mK dimana nilai ini 5 kali lebih besar daripada tembaga. Untuk lebih memahami sifat-sifat grafit dapat di amati pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Sifat-Sifat Grafit

Sifat-Sifat Grafit	Kapasitas
Rapat Massa	2,267 g.cm ⁻³
Panas Fusi	100 KJ.mol ⁻¹

Sifat-Sifat Grafit	Kapasitas
Kapasitas Panas (25°C)	8,517 J.mol ⁻¹ K ⁻¹
Konduktivitas Termal (300K)	119-165 W.m ⁻¹ K ⁻¹
Tingkatan Kekerasan (Mohs)	1-2

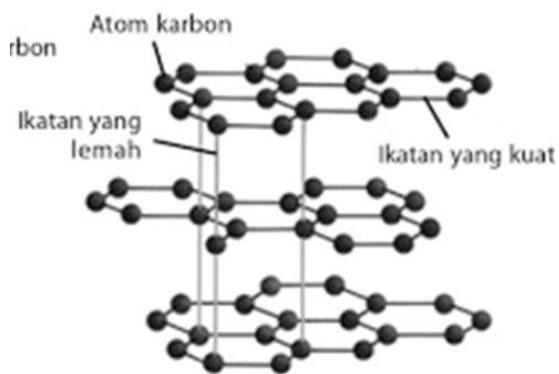
Sumber : Nano Material Quantum Dot, Nanopartikel Perak, Graphene, dan Bakteri (Janah et al., 2018)

Struktur kristal grafit merupakan sekumpulan lapisan atom-atom *graphene* yang saling bertumpuk secara paralel. Lapisan-lapisan ini tersusun secara sempurna dengan jarak sebesar 3,35 amstrong, dengan energi ikat antar atom sebesar 17 kJ/mol dan energi ikat antar atom sebesar 477 kJ/mol. Hal inilah yang memumbuat *graphene* memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai material dalam konstruksi.

Graphene

Grafena merupakan material karbon dua dimensi yang memiliki sifat-sifat unik dan luar biasa, memberikan potensi yang sangat besar untuk berbagai aplikasi. Keunikan grafena terletak pada kekuatan mekaniknya, konduktivitas listrik dan termal yang tinggi, serta fleksibilitasnya. Karena sifat-sifat ini, grafena dianggap sebagai material revolusioner dengan banyak kemungkinan penggunaan. Dalam bidang baterai, grafena dapat meningkatkan kapasitas dan efisiensi pengisian daya. Sebagai pengisi polimer, grafena dapat memperkuat bahan komposit dan meningkatkan konduktivitasnya. Di bidang sensor, grafena memungkinkan deteksi yang sangat sensitif dan cepat. Selain itu, grafena juga dapat digunakan dalam teknologi konversi energi, seperti sel surya, untuk meningkatkan efisiensi, serta dalam perangkat penyimpanan energi seperti superkapasitor, yang dapat menyimpan dan melepaskan energi dengan cepat. Semua potensi aplikasi ini telah kita bahas sebelumnya grafit terdiri dari lapisan-

lapisan tipis *graphene* yang tersusun secara paralel. Maka dari itu untuk mendapatkan *graphene* kita perlu mengupas lapisan grafit sehingga didapatkan lapisan paling tipis dengan tebal hanya satu lapis atom. Lapisan tipis inilah yang kemudian di kenal dengan *graphene* material yang 200 kali lebih kuat dari baja. Hal ini dapat terjadi karena grafena terdiri dari satu lapis struktur heksagonal planar sehingga tampak agak transparan yang terdiri atas *single layer* dan *multi layer* (Thebora et al., 2020). Coba perhatikan Gambar 1, dapat kita lihat terdapat ikatan kuat antar atom karbon yang saling mengikat secara seri yang berbentuk lembaran, lalu lembaran-lembaran tersebut saling mengikat dengan ikatan lemah yang saling bertumpuk. Hal inilah yang menyebabkan grafit menjadi lebih rapuh ketimbang *graphene*. *Graphene* merupakan turunan utama dari karbon yang termasuk ke dalam material nano fullerene yang digunakan sebagai material elektroda (material yang biasa digunakan dalam pembuatan baterai). Struktur 2D memberikan grafena mempunyai sifat yang menarik sehingga berpeluang diaplikasikan ke berbagai bidang seperti pengendalian pencemaran, adsorben, bidang elektronik, penyimpan energi, biomedis, sensor, dan nanokomposit (Putri et al., 2023).



Gambar 1. Struktur Atom Grafit

Sumber : Mengenal Grafena dan Aplikasinya (Amri, 2019)

Grafena murni dicirikan sebagai semikonduktor “zero-gap” dengan pita *bonding* π dan *antibonding* π yang bertemu

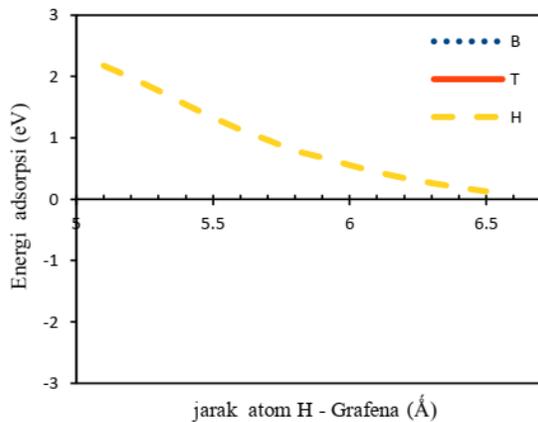
pada satu titik di *Fermi level* (EF) zona Brillouin. Pita ini menunjukkan relasi dispersi linier yang menyebabkan mobilitas tinggi pembawa muatannya, yaitu $\sim 15000 \text{ cm}^2/\text{V.s}$ pada temperatur ruang (Johannes, 2018). Hal inilah yang membuat *graphene* mudah melakukan absorpsi, merupakan peristiwa terikatnya sejumlah atom atau molekul suatu senyawa pada permukaan benda sehingga terbentuk lapisan yang tipis. Pada kasus *Graphene* adsorpsi yang terjadi akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada sifat elektroniknya secara signifikan.

Penggunaan *graphene* dalam campuran beton dapat meningkatkan energi ikat antar atom pada campuran semen sehingga menciptakan beton yang lebih kuat. Peningkatan energi ikat antar atom inilah yang membuat *graphene* menjadi material yang sangat berpotensi untuk di gunakan dalam kegiatan konstruksi. Secara matematis energi ikat antar atom minimum dapat ditentukan menggunakan persamaan orbital elektron Kohn-Sham sebagai berikut:

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi_i(r) + V(r)\psi_i(r) = \varepsilon_i\psi_i(r) \quad (1)$$

Dimana energi kinetik ditunjukkan pada bagian pertama, sedangkan energi potensial total $V(r)$ ditunjukkan pada berikutnya dan ε_i adalah energi total dari sistem orbital (Johannes, 2018).

Dari persamaan tersebut dapat kita lihat bahwa terdapat hubungan antara posisi suatu elektron dalam orbital dengan energi iktat total antar atom. Semakin jauh jarak atom hidrogen dalam *graphene* maka, akan semakin besar pula energi yang adsorpsi pada *graphene*. Dengan energi ikat yang tinggi memungkinkan *graphene* mudah bereaksi dengan material lain, sehingga memungkinkan penggunaan graphen sebagai bahan campuran ataupun pelapis untuk memberikan sifat fisis baru pada suatu unsur.



Gambar 2. Hubungan Antara Nilai Energi Adsorpsi dengan Jarak Atom Hidrogen Pada Graphene

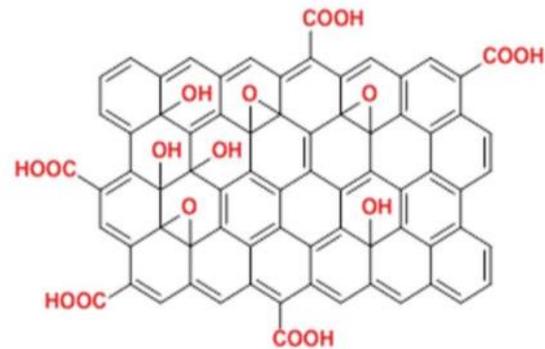
Sumber : Simulasi Perubahan Densitas Muatan Adsorpsi Atom Hidrogen-Grafena dengan Teori Fungsi Kerapatan (Johannes, 2018)

Graphene Oxide

Graphene oxide (GO) adalah material turunan dari graphene, yang dihasilkan melalui oksidasi graphene yang direaksikan dengan unsur-unsur seperti asam nitrat dan asam perklorat, sehingga dihasilkan gugus atom oksigen seperti hidroksil, karboksil, dan epoksi ke dalam struktur atom graphene. Hal ini menghasilkan bahan dengan sifat yang berbeda dari graphene. Meskipun memiliki beberapa keunggulan dalam beberapa aplikasi dibandingkan dengan graphene, seperti harga yang lebih terjangkau dan proses produksi yang lebih sederhana, GO juga memiliki kelemahan, seperti konduktivitas listrik yang lebih rendah dan kekuatan mekanik yang berkurang. Oleh karena itu, penggunaan GO biasanya dipilih berdasarkan kebutuhan aplikasi tertentu seperti digunakan sebagai fly ash pada campuran beton (Sutama & Oemiati, 2022).

Sifat-sifat menarik dari oksida grafena berasal dari struktur kimianya yang unik yang terdiri atas domain karbon sp^2 kecil yang dikelilingi oleh domain karbon sp^3 dan oksigen yang mengandung gugus fungsi hidrofilik (Sjahriza & Herlambang, 2021). Struktur atom

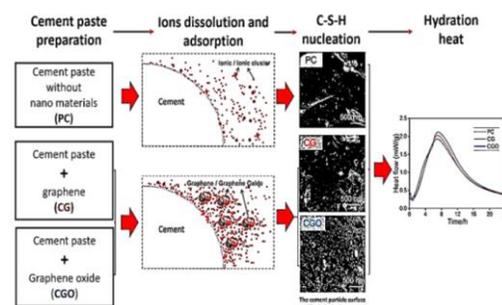
GO terdiri dari atom-atom karbon, oksigen, dan hidrogen yang saling terikat yang membentuk graphene oxide. Ikatan lemah yang terjadi antara unsur-unsur tersebut yang membuat GO memiliki sifat yang sedikit berbeda dari graphene



Gambar 3. Struktur Kimia Graphene Oxide

Sumber : Nanomaterial Grafine (Dwandaru et al., 2019)

GO memiliki lebih banyak gugus oksigen sehingga meningkatkan absorpsi air dan panas kumulatif selama proses hidrasi. GO juga mampu mengisi kekosongan pada matrix semen dan mengurangi kebocoran air pada beton pada saat proses pengerasan dan juga memberikan homogenitas yang lebih besar. GO juga bertujuan juga mengisi kekosongan dalam matrix semen. Dengan mengisi grafina oksida membantu mengurangi kebocoran air dalam beton saat proses pengerasan, di mana struktur beton memiliki distribusi yang lebih merata dan kurang rentan terhadap retakan akibat kebocoran air saat proses pengerasan beton.



Gambar 4. Grafena Oksida Dalam Pasta Semen dan Pengaruhnya Terhadap Peningkatan Panas Hidrasi

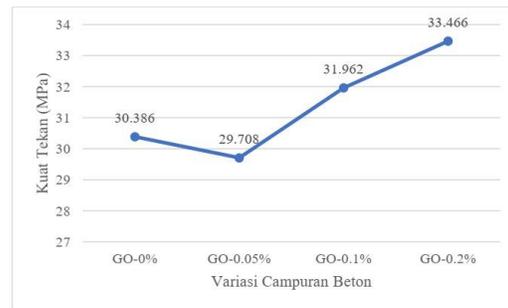
Sumber : *Graphene Oxide in Construction: A Comprehensive Review on the Prospects, Challenges, and Sustainable Cement Reinforcement* (Ciawi et al., 2023)

Pada campuran semen terdapat pori-pori dengan berbagai ukuran dari skala nano hingga sentimeter. Celah dalam skala sentimeter dapat di tutup dengan meratakan campuran semen hingga semua celah tertutup, akan tetapi dalam skala nano meter celah pori pada campuran sangat sulit untuk ditutup meskipun memanfaatkan alat seperti vibrator. Bahan turunan dari grafena dengan skala nano meter mampu mengisi celah pori-pori pada campuran semen sehingga meningkatkan homogenitas dari semen. Dengan mencampurkan GO ke dalam campuran semen mampu mengurangi diameter pori sebesar 37,3% dan penurunan diameter pori sebesar 80,2%. Dengan penurunan diameter pori akan mampu memperbaiki struktur mikro, mengurangi porositas, dan meningkatkan efek pengisian. Salah satu penggunaan GO pada campuran semen juga akan memberikan daya dukung pada semen sebagai stabilisator tanah. Guna mendukung fungsi semen sebagai stabilisator tanah dengan kekuatan yang optimal, material *graphene oxide* digunakan sebagai aditif semen (Faruqi et al., 2023). Akan tetapi, penggunaan *graphene* yang berlebihan akan mengakibatkan masalah-masalah seperti lembaran *graphene* yang tumpang tindih, peningkatan viskositas komposit, dan pori-pori kosong yang lebih besar karena aglomerasi, sehingga menimbulkan masalah pada sifat mekanik beton.

Pengaruh Jumlah *Graphene* Terhadap Kuat Tekan Beton Normal

Penambahan *graphene oxide* pada campuran beton dengan persentase 0,1% dan 0,2% menghasilkan peningkatan nilai kuat tekan. Pada persentase 0,1%, terjadi peningkatan sebesar 5,187% dari nilai kuat tekan beton tanpa penambahan *graphene oxide*, sedangkan pada persentase 0,2% terjadi

peningkatan sebesar 10,136% (Kalembiro et al., 2023).



Gambar 5. Grafik Pengaruh Jumlah *Graphene* Terhadap Kuat Tekan Beton

Sumber : Analisis Pengaruh Pencampuran Nanomaterial: *Graphene Oxide* Terhadap Kuat Tekan Beton (Kuat et al., 2023)

Penambahan *graphene* oksida ke campuran beton bertujuan untuk meningkatkan beberapa aspek kinerja beton, termasuk peningkatan kekuatan mekanis melalui pengikatan antara partikel grafen oksida dengan matriks beton, meningkatkan ketahanan terhadap retakan, serta meningkatkan ketahanan terhadap lingkungan ekstrem seperti suhu tinggi atau rendah, kelembaban, dan korosi kimia, meskipun tantangan seperti optimasi formulasi yang harus di perhatikan karena akan mempengaruhi kuat tekan beton. Dengan mempertahankan penggunaan air dalam campuran beton diperoleh presentase optimal pada substitusi AAT 5% dari berat semen karena memberi peningkatan modulus elastisitas dan kuat tekan serta memiliki *workability* yang cukup baik dibandingkan presentase yang lebih dari 5% (Rompas et al., 2013).

Graphene oxide (GO) berperan meningkatkan kekuatan tekan, kekuatan tarik, dan daktilitas beton karena kekuatan dan modulus elastisitasnya yang tinggi mentransfer beban ke semen secara efisien, meningkatkan ketahanan retak dengan menyebarkan retak mikro secara merata dan mencegah perambatan retak yang tidak terkontrol, memberikan sifat konduktivitas listrik yang membuka peluang aplikasi seperti beton pemanas, sistem

pemantauan struktur, dan perlindungan terhadap sambaran petir, meningkatkan ketahanan terhadap korosi dengan mencegah penetrasi ion klorida yang menyebabkan korosi pada tulangan baja di beton bertulang, bertindak sebagai penghalang (*barrier*) yang efektif terhadap penetrasi gas dan cairan berbahaya ke dalam beton, serta meningkatkan *workability* atau kemudahan pengerjaan campuran beton segar dengan berperan sebagai bahan pereduksi kebutuhan air sehingga menurunkan rasio air-semen yang pada akhirnya menghasilkan beton dengan kekuatan dan keawetan yang lebih baik.

Pengaruh Pembakaran dan Kristanilitas Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton

Pada pemanfaatan GO sebagai campuran dalam beton memerlukan perhatian khusus, mulai dari bahan yang digunakan dalam mensintesis GO hingga proses pembakaran. Untuk mendapatkan hasil yang di inginkan suhu pembakaran harus menjadi perhatian utama dalam proses sintesis *graphene oxide* sebelum dapat digunakan dalam campuran beton. suhu yang tinggi membuat partikel *graphene* menjadi renggang, hal ini dapat terjadi akibat banyaknya jumlah atom hidrogen dalam partikel graphen.

Tabel 2. Pengaruh Nilai Kristalinitas GO Terhadap Kuat Tekan Beton

Variasi	Nilai Krinalitas	Kuat Tekan (kg/cm ²)	
		14 hari	21 hari
Beton Normal	-	9,3	12,2
500°C-Burner	10,34	13,5	17,1
1000°C-Burner	13,35	9,2	10,3
500°C-Furnace	11,12	10,1	12,6
1000°C-Furnace	15,43	9,0	9,9

Sumber : Pengaruh Tingkat Kekristalan Material Grafena Oksida Tereeduksi Terhadap

Nilai Kuat Tekan Beton Normal (Nuraini et al., 2023)

Jika di lihat dari Tabel 2 di atas, nilai kristalinitas karbon cukup memberikan terhadap nilai kuat tekan beton, semakin tinggi nilai kristalinitas karbon yang digunakan dalam campuran akan menyebabkan berkurangnya kuat tekan beton. Hal ini dapat disebabkan oleh berkurangnya energi ikat antar atom karbon akibat dari pembakaran. Energi ikat antar atom yang lemah akan menyebabkan perubahan sifat fisis karbon dan juga jarak antar molekul menjadi renggang. Sehingga menyebabkan karbon akan menyerap banyak air, akibatnya campuran akan membutuhkan air dalam jumlah besar yang akan menyebabkan campuran menjadi terlalu encer. Sehingga ikut mempengaruhi nilai kuat tekan beton dan juga membuat beton menjadi mudah retak karena proses pemadatan yang tidak normal.

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)

Selain sebagai campuran dalam pasta semen *graphene* juga dapat dimanfaatkan sebagai katoda yang berguna untuk melapisi logam lain atau yang lazim di kenal sebagai penyepuhan. Ada banyak metode elektrolisis yang dapat digunakan untuk melapisi beton dengan karbon. Salah satunya dengan metode *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*. CFRP merupakan proses melapisi beton bertulang dengan campuran *graphene* dan juga epoksi dengan memanfaatkan arus listrik sebagai katalis. Proses ini di lakukan dengan cara memasukan beton bertulang ke dalam campuran NaCl dan graphen lalu di beri aliran listrik. Proses dilakukan untuk melindungi pori-pori berukuran mikro yang terdapat pada beton, sehingga oksigen tidak dapat masuk kedalam beton dan mencegah terjadinya reaksi osidasi antara oksigen dengan tulangan beton (Wijaya et al., 2020). Peran epoksi di sini adalah sebagai perekat yang akan memastikan lapisan grafit tidak lepas dari permukaan beton setelah dilakukan proses elektrolisis. Karena pada dasarnya grafit dan beton memiliki sifat fisis

yang berbeda, yang menyebabkan grafit akan mudah terkelupas dari permukaan beton.



Gambar 6. Pengaruh *Graphene* dan Beda Potensial Terhadap Peluang Terjadinya Korosi

Sumber : Pengaruh Densitas Arus Listrik Tinggi dengan Kadar Grafit Terhadap Efektifitas Cathodic Protection Beton Mutu Tinggi (Wijaya et al., 2020)

Penggunaan grafit disini akan menutup pori-pori kecil pada permukaan beton sehingga menurunkan kemungkinan terjadinya korosi. Dengan memperhatikan kadar grafit yang sesuai akan dapat menurunkan peluang terjadinya korosi pada tulangan beton. Selain dapat menurunkan resiko terjadinya korosi pada tulangan, metode CFRP ini juga mampu menjaga nilai kuat tekan beton pada angka $f'c$ 50 MPa, bahkan cenderung meningkat. Hal ini dapat terjadi karena celah pori-pori yang terdapat pada beton dapat di isi oleh grafit sehingga meningkatkan mutu beton meskipun tidak signifikan.

4. KESIMPULAN

Graphen merupakan material super yang memiliki hampir semua sifat unggul yang mungkin dimiliki sebuah material. Dengan berbagai sifat unggul yang dimilikinya memungkinkan graphen dapat digunakan dalam berbagai disiplin ilmu. Dalam dunia konstruksi sendiri penggunaan graphen masih sangat minim ditemukan mengingat mahalnya harga *graphene* serta sulitnya mendapatkan material tersebut. Meski demikian pemanfaatan graphen dalam bidang konstruksi telah di

canangkan oleh para pakar dalam bidang konstruksi. Hal ini dapat terlihat dari berbagai literatur dan penelitian yang membahas tentang kemungkinan penggunaan graphen dalam konstruksi. Selain literatur dan penelitian tersebut, penggunaan graphen dalam bidang konstruksi juga mulai dilakukan dengan menggunakan material turunan dari graphene yaitu graphen oxide yang telah digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton. Meskipun tidak sekokoh graphene, graphen oxide memiliki harga yang relatif terjangkau jika dibandingkan graphen mengingat cara sintesisnya yang sederhana. Penggunaan *graphene oxide* dalam campuran beton memiliki dampak yang baik dari segi kekuatan beton. Dengan ukuran partikelnya yang kecil graphen oxide mampu mengisi setiap celah mikro pada beton, sehingga dapat meningkatkan kerapatan antar molekul dari beton tersebut.

REFERENSI

- Amalia, A. N., & Rahayu, E. F. (2020). Pengaruh Massa Graphene Oxide dan Daya Microwave terhadap Sintesis Graphene melalui Iradiasi Microwave. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(2), 107–111. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>.
- Amri, A. (2019). Mengenal Grafena (Graphene) dan Aplikasinya (Vol. 1, Issue March). <https://www.researchgate.net/publication/369361287>.
- Ciawi, Y., Supariarta, M. A., Hidayati, A. M., & Tonyes, S. G. (2023). *Graphene Oxide in Construction: A Comprehensive Review on the Prospects, Challenges, and Sustainable Cement Reinforcement*. Media Komunikasi Teknik Sipil, 29(1), 70–83. <https://doi.org/10.14710/mkts.v29i1.55906>.
- Janah, N. M., & Pd, S. (2018). Nano Material Quantum Dot, Nanopartikel Perak, Graphene, dan Bakteri.
- Dwandar, W. S. B., Wijaya, R. I. W., & Parwati, L. D. (2019). Nanomaterial Graphene Oxide Sintesis dan Karakterisasinya. In UNY Press.
- Faruqi, M. A., Mohammed, B. S., Anwar, A., Dharmawansyah, D., & Hermansyah, H. (2023).

- The Influence of Crumb Rubber and Cement Inclusions Containing Graphene Oxide on the Physical and Mechanical Properties of Soil*. Media Komunikasi Teknik Sipil, 29(1), 123–131. <https://doi.org/10.14710/mkts.v29i1.38232>.
- Hidayat, A., Setiadi, S., & Hadisantoso, E. P. (2019). Sintesis Oksida Grafena Tereduksi (rGO) dari Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*). Al-Kimiya, 5(2), 68–73. <https://doi.org/10.15575/ak.v5i2.3810>.
- Honorisal, M. B. P., Huda, N., Partuti, T., & Sholehah, A. (2020). Sintesis dan karakterisasi grafena oksida dari tempurung kelapa dengan metode sonikasi dan hidrotermal. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(1), 1. <https://doi.org/10.36055/tjst.v16i1.7519>.
- Johannes, A. Z. (2018). Simulasi Perubahan Densitas Muatan Adsorpsi Atom Hidrogen-Grafena Dengan Teori Fungsi Kerapatan. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 3(3), 179–184. <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i3.624>.
- Kuat, T., Beton, T., Kalembiro #a, B. A., Windah, R. S., & Wallah, S. E. (2023). Analisis Pengaruh Pencampuran Nanomaterial: Graphene Oxide. 21(85).
- Nuraini, U., Rahayu Pradita, Qurrotus Shofiyah, Mohammad Dani Al Qori, & Dedi. (2023). Pengaruh Tingkat Kekristalan Material Grafena Oksida Tereduksi Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Normal. *SPECTA Journal of Technology*, 7(3), 624–631. <https://doi.org/10.35718/specta.v7i3.947>.
- Putri, N. A., Hikmah, U., & Prasetyo, A. (2023). Green Sintesis Oksida Grafena Tereduksi Dari Arang Tempurung Kelapa Dan Kayu Dengan Menggunakan Reduktor Ramah Lingkungan Asam L-Askorbat. *Jurnal Kimia*, 17(1), 82. <https://doi.org/10.24843/jchem.2023.v17.i01.p12>.
- Rompas, G. P., Pangouw, J. D., Pandaleke, R., & Mangare, J. B. (2013). Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Modulus Elastisitas. *Jurnal Sipil Statik*, 1(2), 82–89.
- Shilar, F. A., Ganachari, S. V, Patil, V. B., Khan, T. M. Y., Almakayeel, N. M., & Alghamdi, S. (2022). *Review on the Relationship between Nano Modifications of Geopolymer Concrete and Their Structural Characteristics*. *Polymers*, 14(7), 1421. <https://doi.org/10.3390/polym14071421>.
- Sjahriza, A., & Herlambang, S. (2021). Sintesis Oksida Grafena dari Arang Tempurung Kelapa Untuk Aplikasi Antibakteri dan Antioksidan. *Al-Kimiya*, 8(2), 51–58. <https://doi.org/10.15575/ak.v8i2.13473>.
- Sutama, A., & Oemiati, N. (2022). Studi Mikrostruktur Beton Ringan Geopolimer dengan Scanning Electron Microscope (SEM) dan X-Ray Diffraction (XRD). *Jurnal Deformasi*, 7(2), 145–160. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v7i2.9387>.
- Thebora, M. E., Kurnia Nastira Ningsih, & Muhammad Irhash Shalihin. (2020). Sintesis Grafena dari limbah Pelepah Sawit (*Elaeis Sp.*) dengan metode Reduksi Grafit Oksida Menggunakan Pereduksi Zn. *Jurnal Khazanah Intelektual*, 3(2), 462–476. <https://doi.org/10.37250/newkiki.v3i2.48>.
- Wijaya, N. E., Limantoro, C., Tjandra, D., & Wijaya, G. B. (2020). Pengaruh Densitas Aarus Listrik Tinggi Dengan Kadar Grafit Terhadap Efektifitas Cathodic Protection Beton Mutu Tinggi. 172–179.