



Pengaruh Tingkat Kekristalan Material Grafena Oksida Tereeduksi Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Normal

Umi Nuraini^{1*}, *Rahayu Pradita*², *Qurrotus Shofiyah*³, *Mohammad Dani Al Qori*⁴, *Dedi*⁵

^{1*} Departement of Industrial engineering, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia.

²³ Departement of Civil engineering, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi, Indonesia.

⁴⁵ Research centre for advanced materials, National research and innovation agency, Jakarta, Indonesia.

*Corresponding email: umi.nuraini@ft.unsika.ac.id

Received: 25/August/2023
Accepted: 28/November/2023

Revised: 28/November/2023
Published: 31/December/2023

To cite this article:

Nuraini. U., Pradita. R., Shofiyah. Q., Al Qori. M. D., & Dedi (2023). Pengaruh Tingkat Kekristalan Material Grafena Oksida Tereeduksi Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Normal. *SPECTA Journal of Technology*, 7(3), 624-631. <https://10.35718/specta.7i3.947>

Abstract

Reduced graphene oxide (rGO) phase from coconut shell charcoal through heating using either a furnace or an artificial burner has been successfully formed. Heating was carried out through 2 temperature variations, namely 500 and 1000°C, with a holding time of 5 hours. Heating through an artificial burner is carried out using used fuel oil equipped with a thermostat to measure the temperature. Phase identification was carried out using Xrays Diffraction Spectroscopy (XRD) testing with an angle of 2θ , namely 15-50°. The diffraction pattern shows that all samples have rGO phases with different intensity values. The higher the temperature, the greater the intensity value compared to the other samples. This intensity value indicates an increase in the sample's crystallinity due to an increase in temperature.

Keywords: Carbon, Coconut shell, Crystallinity, Reduced Graphene Oxide, rGO

Abstrak

Fase Reduced Graphene Oxide (rGO) dari arang tempurung kelapa melalui pemanasan baik menggunakan tungku maupun pembakar buatan telah berhasil dibentuk. Pemanasan dilakukan melalui 2 variasi temperatur yaitu 500 dan 1000°C dengan waktu penahanan 5 jam. Pemanasan melalui pembakar buatan dilakukan dengan menggunakan bahan bakar minyak bekas yang dilengkapi termostat untuk mengukur suhu. Identifikasi fase dilakukan dengan menggunakan pengujian Xrays Diffraction Spectroscopy (XRD) dengan sudut 2θ yaitu 15-50°. Pola difraksi menunjukkan bahwa semua sampel memiliki fase rGO dengan nilai intensitas yang berbeda. Semakin tinggi suhu maka semakin besar nilai intensitasnya dibandingkan dengan sampel lainnya. Nilai intensitas ini menunjukkan peningkatan kristalinitas sampel akibat peningkatan suhu. Lebih lanjut, kristalinitas sampel juga berpengaruh pada nilai kekuatan beton normal dibuktikan dengan penurunan nilai kekuatan beriringan semakin meningkatnya nilai kristalinitas material.

Kata Kunci: Arang tempurung kelapa. Karbon, Kristalinitas, Reduced Graphene Oxide, rGO

1. Introductions

Perkembangan teknologi di bidang konstruksi selalu dituntut untuk mengalami peningkatan berupa sarana prasarana yang lebih baik, salah satunya beton. Beton normal merupakan salah satu bahan yang sering digunakan dalam konstruksi infrastruktur dan dibuat dari campuran agregat halus dan kasar, air, semen, dan dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya. Beton banyak diminati karena memiliki beberapa keunggulan dibanding material lain, seperti mudah dibentuk, kuat kaku, awet, tahan api, dan tidak mudah degradasi (Abbady and Abd-Elnaiem 2019). Namun, karena sifatnya yang rapuh, beton lemah dalam menahan lentur dan tegangan. Penambahan bahan lain ke dalam campuran beton bertujuan untuk meningkatkan nilai kekuatannya, baik kuat tekan, tarik, maupun lentur bahan beton tersebut. Bahan tambahan dalam campuran beton memberikan pengaruh yang cukup signifikan dalam sifat dan karakteristik beton itu sendiri. Penelitian Agung menunjukkan penambahan 5% abu sekam dan 10% arang tempurung kelapa kedalam campuran beton mampu meningkatkan kekuatannya sebesar 12.5% (Prayogi 2021).

Bahan berbasis karbon saat ini sedang diteliti dan dikembangkan karena sifatnya yang unggul. Terbukti dalam beberapa aplikasi teknologi, seperti perangkat elektronik, optik, penyimpanan energi, biomedis, dan banyak aplikasi lainnya (Darminto et al. 2018). Graphene (G), graphene oxide (GO), dan reduce graphene oxide (rGO) adalah beberapa karbon- bahan turunan yang memiliki keunggulan dibandingkan dengan turunan lainnya. Hal ini karena struktur dua dimensinya, yang memiliki biokompatibilitas dan luas permukaan yang tinggi menghasilkan kinerja yang lebih tinggi (Trinugroho 2021). Graphene (G) adalah bahan berbasis karbon dengan keunggulan dibandingkan logam besi: lebih ringan, lebih kuat, lebih menantang, lebih fleksibel, dapat didaur ulang, berkelanjutan, ramah lingkungan, dan lebih murah (Darminto et al., 2018). Namun, proses sintesis dan pembentukan fase graphene membutuhkan suhu tinggi dan reaksi kimia yang lebih rumit. Reduced graphene oxide (rGO) memiliki struktur yang mirip dengan graphene (G) tetapi dengan ikatan karbon heksagonal yang lebih kecil (Ristiani et al. 2020). Ini mempengaruhi sifat optik bahan grafena oksida tereduksi yang lebih lemah dari bahan graphene. Sebaliknya, sifat mekanik tidak banyak berpengaruh (Jyothimol et al. 2020).

Sintesis material rGO dilakukan dengan menggunakan dua alat yang berbeda, yaitu pemanasan menggunakan alat burner dan furnace. Burner yang digunakan adalah hasil rancangan dari penelitian sebelumnya (Primadita 2022), dengan skema seperti Gambar 1. Burner ini menggunakan bahan bakar minyak bekas dengan variasi temperatur pemanasan 500° dan 1000°C. Pengaturan suhu pada burner dilakukan secara manual dengan menggunakan thermostat yang dipasang di dekat ruang bakar. Fse rGo dari kedua pemanasan, burner dan furnace diidentifikasi dan dibandingkan duntuk nantinya digunakan sebagai campuran beton.

2. Methods

2.1. Proses Sintesis

Bahan utama dalam penelitian ini adalah arang tempurung kelapa. Pertama, arang ditumbuk dan disaring dengan ukuran 200 mesh. Hasil saringan kemudian dipanaskan menggunakan dua alat berbeda yaitu *Furnace* dan *Burner* buatan. Pemanasan dari keduanya diatur pada temperatur yang sama, yaitu pada 500°C dan 1000°C. Arang pada pemanasan burner diletakkan pada tungku (ruang bakar) dan ditutup rapat sehingga tidak ada interaksi antara sampel dengan lingkungan. Burner buatan menggunakan bahan bakar minyak bekas yang dilengkapi dengan *thermostat* sebagai pengukur suhu (Gambar 1). Sedangkan *Furnace* yang digunakan adalah *thermolyne type 47900*.

2.2. Pembuatan Beton

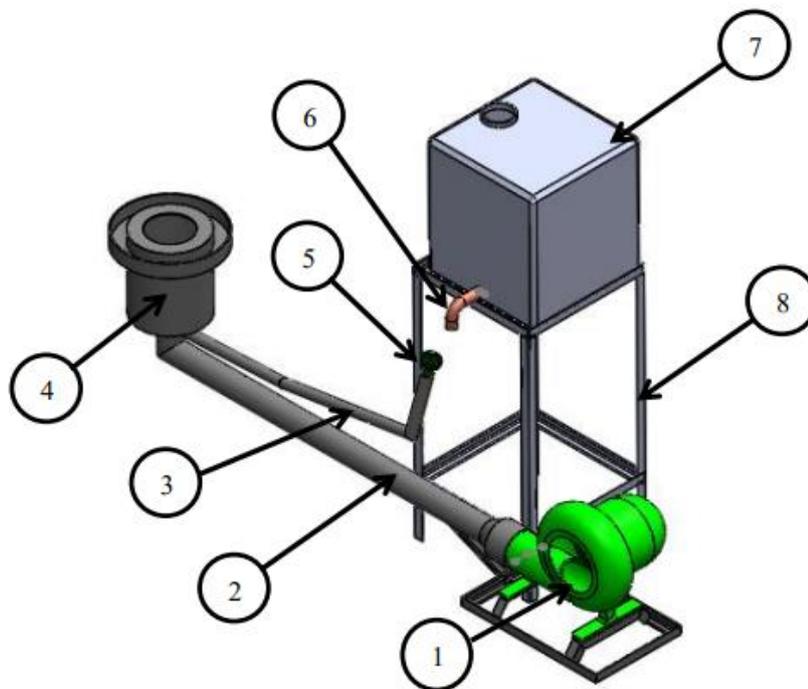
Beton dibuat melalui campuran antara campuran agregat halus dan kasar, air, semen, dan rGO sebagai material tambahan. Prosentase campuran beton adalah sebagai berikut, yaitu semen : air : agregat kasar : agregat halus = 2 : 1 : 5 : 7, serta serbuk rGO adalah 2% dari total agregat halus. Tabel 2 menunjukkan komposisi material untuk benda uji beton, tiap 1 m³ sebelum dikoreksi berdasarkan SNI 03-2834-2000.

Tabel 1. Komposisi beton sebelum dan sesudah dikoreksi menurut SNI 03-2834-2000.

No.	Variasi	sebelum
1	semen	393,62 kg
2	Air	185 liter
3	Agregat halus	889,41 kg
4	Agregat kasar	1131,97 kg

2.3. Karakterisasi

Struktur kristal sampel ditentukan dengan karakterisasi difraksi sinar-X (XRD) dengan radiasi monokromatik Cu K α (X'Pert Diffractometer, Philips). Komposisi fasa dan struktur kristal diidentifikasi menggunakan perangkat lunak Match II kemudian dianalisis menggunakan metode penyempurnaan Rietvel dari perangkat lunak Rietica (Hunter 2000). Pengujian nilai kuat tekan beton dilakukan pada saat beton mencapai usia 14 dan 28 hari dengan menggunakan mesin compression testing yang berada di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi.



Keterangan:

1. Blower
2. Pipa saluran udara
3. Pipa aliran minyak
4. Ruang bakar
5. Corong
6. Keran minyak
7. Panci minyak
8. Kerangka

Gambar 1: Skema Alat *Burner*

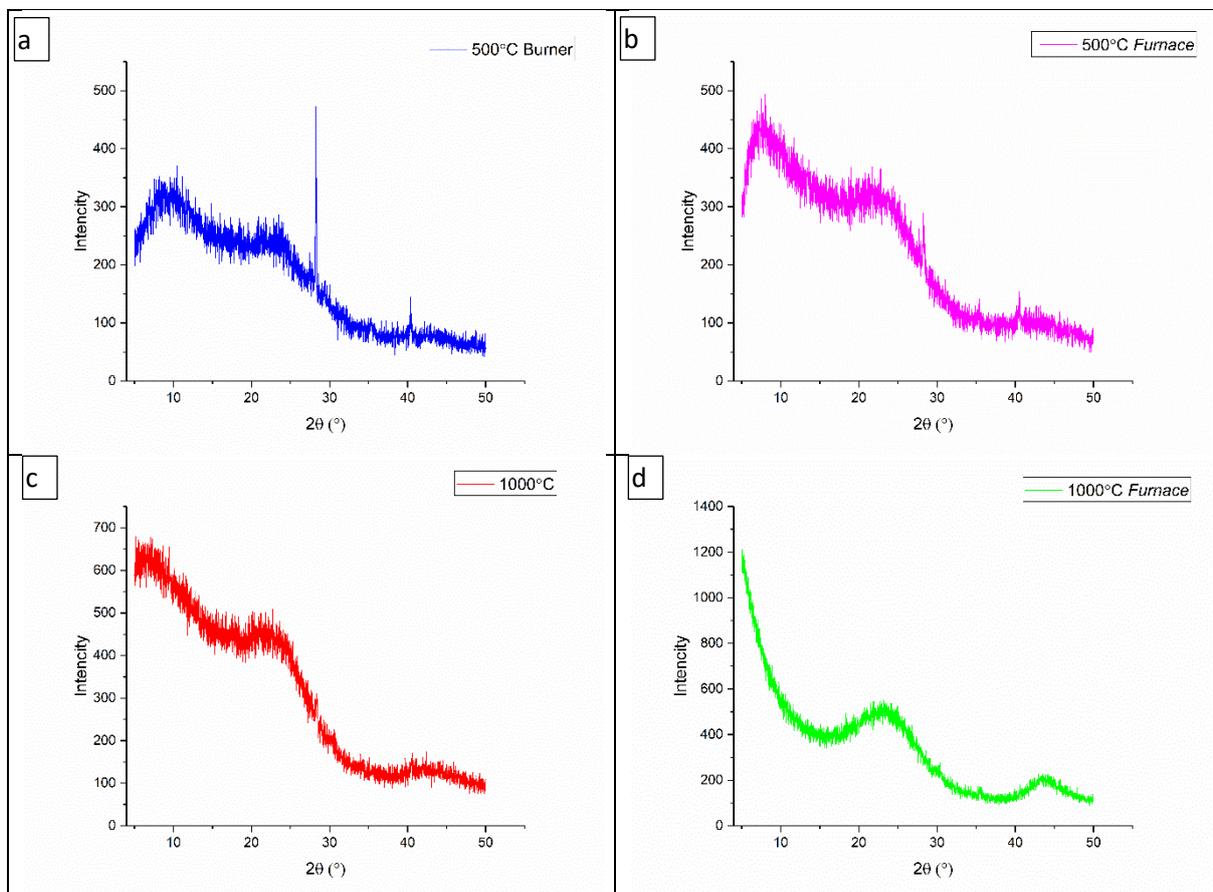
3. Results and Discussion

3.1. Results

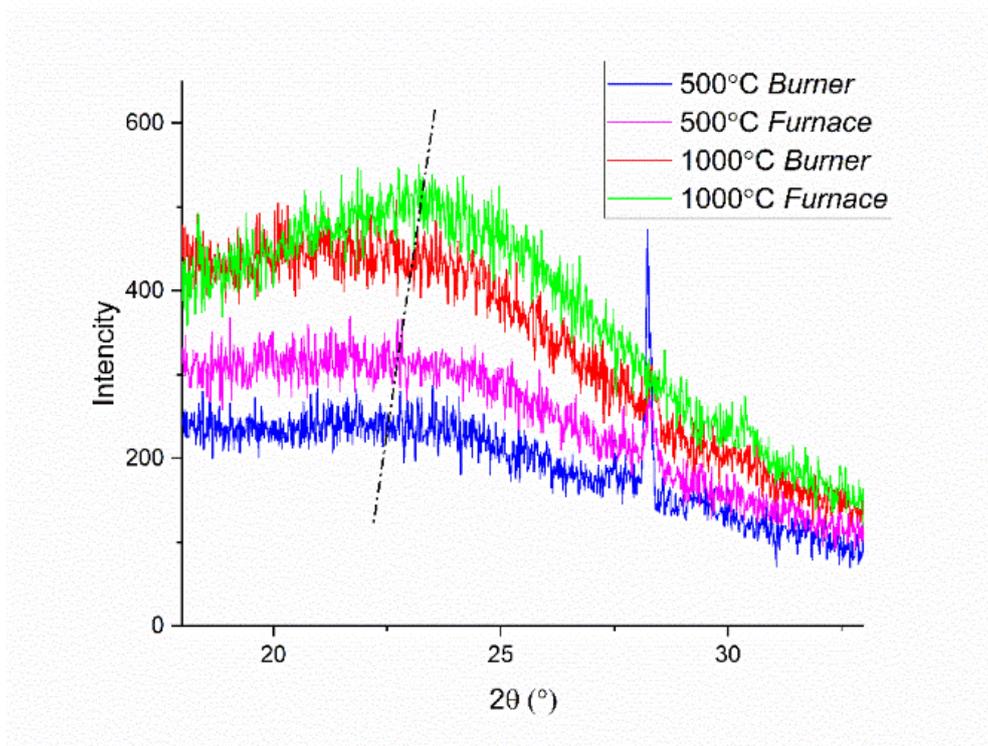
Gambar 2 menunjukkan pola difraksi sampel arang tempurung kelapa sebelum dan sesudah dipanaskan baik menggunakan furnace maupun burner. Proses pemanasan dilakukan pada temperatur 500°C dan 1000°C dengan holding time 5 jam. Berdasarkan gambar tersebut, seluruh sampel memiliki pola difraksi yang sama dengan intensitas yang berbeda. Puncak difraksi terjadi pada sudut sekitar 23,5° dan 43,5°. Sebaliknya, puncak pada sudut antara 5°-15° merupakan latar belakang yang mungkin terjadi karena kesalahan instrumen. Perbedaan intensitas juga terlihat pada kedua heater (furnace dan artificial burner) pada suhu 500°C dan 1000°C.

Gambar 3 memperlihatkan pergeseran puncak difraksi keempat sampel ke arah kanan dan sudut yang lebih besar. Pergeseran dimulai dari puncak difraksi sampel 500°C menggunakan pembakar buatan, 500°C menggunakan tungku, 1000°C menggunakan pembakar buatan, dan 1000°C menggunakan tungku, masing-masing sebesar 22.9°, 23.4°, 23.6° dan 23.9°.

Selanjutnya, nilai kristalinitas dan nilai kuat tekan setelah masing-masing material ditambahkan pada campuran beton normal ditampilkan pada Tabel 2. Berdasarkan data, beton normal memiliki kuat tekan sebesar 9.3 (pada 14 hari) dan 12.2 (pada 28 hari) kg/cm². Penambahan material rGO, lebih tepatnya prosentase kekristalan material rGO, dalam beton memberikan perubahan pada nilai kuat tekannya. kekristalan material karbon melalui pemanasan furnace memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan burner. Selain itu, nilai kristalinitas ini juga meningkat seiring bertambahnya temperatur pemanasan, baik pemanasan melalui furnace maupun melalui burner. Tabel 1 juga menampilkan nilai kekuatan beton normal yang telah dicampurkan dengan material karbon hasil pemanasan. Penambahan material karbon dengan pemanasan 500°C, baik melalui furnace maupun burner, meningkatkan nilai kuat tekan beton normal. Sebaliknya, pencampuran material karbon dengan pemanasan 500°C menyebabkan penurunan nilai kuat tekan beton normalnya.



Gambar 2: Pola difraksi pada sampel arang (a) pemanasan sampai 500°C menggunakan burner dan (b) tungku, dan pemanasan (c) tungku 1000°C dan (d) tungku selama 5 jam.



Gambar 3: Pergeseran pola difraksi pada sampel

Tabel 2: Nilai krisnalitas dan kuat tekan beton pada seluruh sampel

Variasi	Nilai krisnalitas	Kuat Tekan (Kg/Cm2)	
		14 hari	28 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

3.3. Discussion

Semua sampel yang dipanaskan pada suhu 500°C dan 1000°C memiliki pola difraksi yang sama (Gambar 2), yaitu grafena oksida tereduksi (rGO). Pola difraksi ini juga sejalan dengan penelitian Retno (Ristiani et al. 2020). Puncak difraksi pada sudut 2θ 23.5° dan 43.5° menunjukkan bidang (002) dan (100) pada fase rGO (Enayati et al. 2019). Puncak ini lebih jelas terlihat pada temperatur 1000°C. Hal ini dimungkinkan oleh hadirnya fase baru, yaitu fase grafit. Fase grafit mulai terjadi pada temperatur tinggi, yaitu sekitar 1000°C (Huang et al. 2011). Fase ini menyebabkan peningkatan intensitas puncak sekitar sudut $\sim 43^\circ$. Selain itu, pola puncak yang luas menunjukkan orientasi acak di sepanjang arah susunan lapisan material rGO. Kehadiran fase grafit ini juga mempengaruhi nilai kristalinitas dari keseluruhan susunan material dalam sampel rGO.

Gambar 2 juga menunjukkan bahwa pemanasan dengan menggunakan burner cenderung memiliki pola difraksi yang tidak mulus. Bisa jadi karena jumlah fase amorf yang lebih signifikan. Pada proses pemanasan, temperatur burner dikontrol secara manual dengan mengatur jumlah minyak aging. Perubahan suhu lebih sulit dikendalikan daripada menggunakan tungku dengan pengatur suhu otomatis. Pemanasan dan pendinginan yang tidak stabil akan mendorong pembentukan struktur acak dan tidak

teratur (amorf) (Abbadly and Abd-Elnaiem 2019). Pemanasan dengan suhu yang tidak stabil akan mempengaruhi jumlah dan distribusi dalam susunan material. Hal ini dibuktikan dari peningkatan prosentase nilai kristalinitas pada pemanasan menggunakan *furnace* dibandingkan dengan *burner*, baik pada pemanasan 500°C maupun 1000°C.

Berdasarkan Gambar 3, nilai intensitas difraksi sebanding dengan penambahan temperatur pemanasan baik menggunakan *burner* maupun *furnace*. Perbedaan intensitas pada puncak difraksi terkait dengan fase kristalinitas dan susunan teratur atom dalam struktur itu sendiri. Semakin tinggi suhu pemanasan, pembentukan fase kristal (efek perlakuan panas) semakin meningkat (Lin and Song 2018). Energi yang diterima dari panas lingkungan diubah dan digunakan untuk bertransformasi menjadi struktur atau fase yang lebih stabil. Oleh karena itu, sampel dengan pemanasan 1000°C akan memiliki struktur kristal yang lebih banyak dibandingkan sampel dengan pemanasan 500°C.

Pergeseran puncak difraksi pada sudut 23,5° menghasilkan nilai sudut yang lebih signifikan (ke kanan). Hal ini dapat disebabkan oleh meningkatnya gaya interaksi atom (Zhang et al. 2011) atau interaksi atom dengan gugus fungsi pada tepi lembaran *graphene* (Lin 2018). Keduanya menyebabkan jarak antar atom dalam sistem material menjadi lebih kecil. Hal ini secara tidak langsung memberikan pengaruh pada penurunan energi ikat dalam susunan material tersebut. Ketika ada tekanan atau gaya dari luar kondisi ini akan memberikan potensi terputusnya susunan atom dalam material tersebut, yang ditunjukkan dengan adanya retakan atau patahan.

Berdasarkan Gambar 3, sampel arang memiliki kekuatan puncak difraksi maksimum setelah lima jam pemanasan dalam *furnace* pada suhu 1000°C. Hal tersebut menunjukkan bahwa sampel tersebut memiliki susunan kristal yang lebih besar dibandingkan sampel lainnya. Walau demikian, pemanasan dengan *burner* juga menawarkan intensitas yang hampir sama dengan saat melakukannya dengan *furnace*. Hal ini menunjukkan bahwa pemanasan pada *burner* pembakar dapat menghasilkan pola serupa dalam pengembangan fase rGO seperti pemanasan dengan *furnace*.

Tabel 1 memperlihatkan adanya hubungan nilai kristalinitas material terhadap kuat tekan beton normal campurannya. Semakin tinggi nilai kristalinitas dari material pencampur, dalam hal ini material karbon, semakin rendah pula nilai kuat tekan beton normalnya. Material karbon dengan pemanasan 1000°C melalui *furnace* memiliki nilai kristalinitas tertinggi, yaitu sebesar 15.43, tetapi menghasilkan kuat tekan beton paling rendah, yaitu 9.0 (14 hari) dan 9.3 (28 hari). Berdasarkan data terlihat bahwa nilai kristalinitas sampel rGO sebagai material campuran beton memiliki pengaruh yang cukup besar. Material rGO dengan prosentase kekristalan tinggi cenderung memiliki kuat tekan rendah. Sebaliknya, material rGO dengan tingkat kekristalan rendah nilai kuat tekan beton normalnya cenderung lebih tinggi. Hal ini dapat dikaitkan dengan defek Kristal dalam peningkatan kekuatan material.

Susunan dengan nilai kekristalan rendah memiliki kemampuan distribusi energi antar atom rendah sehingga dapat menahan tekanan atau gaya dari luar. Ketika struktur material memiliki susunan Kristal dengan prosentase tinggi, gaya atau tekanan dari luar akan lebih cepat terdistribusi dan berakibat pada timbulnya keretakan pada beton. Pernyataan ini dibuktikan dari nilai kekuatan beton pada sampel rGO pemanasan 500°C yang cenderung lebih tinggi jika dibandingkan pada pemanasan 1000°C, baik pada 14 ataupun 28 hari.

Penambahan material rGO dengan pemanasan 1000°C terlihat memiliki nilai kuat tekan yang lebih kecil dibandingkan dengan beton tanpa campuran. Selain dari faktor kristalinitas dari sampel juga dimungkinkan adanya penurunan nilai *workability* saat proses pencampuran beton. Penurunan kemampuan *workability* ini mengharuskan adanya penambahan air lebih banyak pada pengerjaannya. Hal ini dapat terjadi mengingat material rGO merupakan material *hydrophobic*, material anti air, Penambahan jumlah air akan menurunkan kemampuan ikat dalam campuran beton sehingga lebih mudah retak. Oleh karena itu, prosentase material rGO baik dari segi jumlah maupun prosentase kekristalan strukturnya harus diperhatikan saat menjadikan material tersebut sebagai bahan campuran beton. Penelitian lain menyebutkan bahwa konsentrasi material rGO yang tinggi akan menyebabkan sifat mekanik beton normal mengalami penurunan (Jyothimol et al. 2020).

4. Conclusion

Fasa grafena oksida tereduksi (rGO) telah berhasil dibentuk, baik dengan menggunakan burner maupun furnace. Pola difraksi pada pemanasan 1000°C selama 5 jam menunjukkan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan pada 500°C. Dengan meningkatnya suhu, nilai intensitas ini dipengaruhi oleh struktur kristalinitas yang lebih besar. Pola difraksi pada pemanasan burner cenderung tidak teratur karena banyaknya amorf dalam sampel. Ini dipengaruhi oleh proses pemanasan dan pendinginan yang tidak stabil. Puncak difraksi semua sampel terjadi di sekitar sudut $\sim 23.5^\circ$ dan $\sim 43.5^\circ$ yang mewakili bidang (002) dan (100) rGO. Peningkatan kedua puncak difraksi kedua sudut pada pemanasan 1000°C dimungkinkan adanya fase grafit dalam material tersebut. Pergeseran puncak ke kanan (sudut lebih besar) dengan kenaikan suhu menunjukkan pengurangan jarak antar atom atau peningkatan nilai kristalinitas dalam material tersebut. Lebih lanjut, campuran material rGO pada beton normal memberikan perubahan dalam kuat tekannya. Perubahan kuat tekan bergantung nilai kristalinitas sampel rGO dalam campuran beton tersebut. Campuran material dengan kristalinitas rendah menghasilkan beton dengan nilai kuat tekannya yang lebih tinggi. Sebaliknya, nilai kristalinitas dengan prosentase lebih kecil memberikan nilai kuat tekan yang lebih tinggi. Susunan teratur pada material dengan nilai kristalinitas tinggi memudahkan distribusi energi dari gaya atau tekanan dari luar. Energi eksternal ini yang kemudian menyebabkan keretakan dalam beton. Kemampuan *hydrophobic* dari material rGO juga dimungkinkan menjadi penyebab dalam penurunan energi ikat dalam campuran beton dan menurunkan nilai kekuatan tekannya.

Acknowledgments

Politeknik Negeri Banyuwangi mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Pemula (PDP). Badan Riset dan Inovasi Nasional juga membantu penggunaan peralatan di laboratorium bahan yaitu tungku.

References

- Abbady G, Abd-Elnaiem AM (2019) Thermal stability and crystallization kinetics of Ge₁₃In₈Se₇₉ chalcogenide glass. *Phase Transitions* 92:667–682
- Darminto D, Baqiya M, Asih R (2018) Pengembangan BAHAN KARBON dari Biomassa (Development of carbon - based materials from biomass)
- Enayati M, Nemati A, Zarrabi A, Shokrgozar MA (2019) The role of oxygen defects in magnetic properties of gamma-irradiated reduced graphene oxide. *Journal of Alloys and Compounds* 784:134–148
- Huang NM, Lim HN, Chia CH, et al (2011) Simple room-temperature preparation of high-yield large-area graphene oxide. *International journal of nanomedicine* 6:3443
- Hunter BA (2000) Rietica-A visual Rietveld program
- Jyothimol P, Hazeena R, Issac MT, Mathiazhagan A (2020) Effect of reduced graphene oxide on the mechanical properties of concrete. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, p 012038
- Lin J-H (2018) The Influence of the interlayer distance on the performance of thermally reduced graphene oxide supercapacitors. *Materials* 11:263
- Lin K-Y, Song S-R (2018) Low-Temperature Graphitization of Amorphous Carbon. In: *EGU General Assembly Conference Abstracts*. p 3795
- Primadita T (2022) Perencanaan Dan Fabrikasi Used Oil Atomizing Burner Sebagai Pemanas Boiler Pada Usaha Mikro Kecil Menengah Tahu Putih. Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi
- Prayogi A (2021) Pengaruh Campuran Abu Sekam Padi Dan Abu Arang Tempurung Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Stmj (Structure Technology Management Journal)* 1:1–1. <https://doi.org/10.32520/stmj.v1i1.1487>
- Ristiani D, Asih R, Puspitasari NS, et al (2020) Introduction of Na⁺ in Reduced Graphene Oxide Prepared From Coconut Shells and Its Magnetic Properties. *IEEE Transactions on Magnetics* 56:1–6
- Trinugroho S (2021) Analisis Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Arang Briket dan Bestmittel pada Kuat Tekan Beton. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil* 14:69–71. <https://doi.org/10.23917/dts.v14i2.16882>
- Zhang K, Mao L, Zhang LL, et al (2011) Surfactant-intercalated, chemically reduced graphene oxide for high performance supercapacitor electrodes. *Journal of Materials Chemistry* 21:7302–7307