

PENGARUH PENAMBAHAN GRAFENA DAN WAKTU KALSINASI TERHADAP KARAKTERISTIK BATU BATA

Puji Rahmawati Dwi Sukma¹, Amun Amri², Aman²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia

Laboratorium Dasar Proses dan Operasi Pabrik

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

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

E-mail: puji.rahmawati@student.unri.ac.id

ABSTRACT

This study aims to produce bricks with the addition of few layers graphene (FLG) and to study the effects of graphene addition and calcination time to the characteristics of the bricks produced. The brick-graphene composites synthesis was started from the manufacture of FLG using the turbulence-assisted shear exfoliation (TASE) method. The graphene was then added to the prepared clay, and formed size 5x5x5 cm³ and dried at room temperature for a week. Then the bricks were calcined with variations of 1-5 hours, and the addition of graphene 5-15%wt in furnace at temperature of 800°C. The mechanical properties of bricks were obtained from compressive strength and porosity tests. With the addition of graphene and the length of time calcination increased the compressive strength and decreases the porosity in bricks. The results showed that the highest compressive strength (6 MPa) was exhibited by sample with the addition of 15% wt graphene and 5 hours calcination time. The lowest porosity (8%) was showed by sample with the addition of 15% wt graphene and 5-hours calcination time. The structure and morphology of graphene were characterized with the fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR) and scanning electron microscopy (SEM), while the crystal size of graphene was probed using the diffraction x-ray (X-RD). The XRD test showed the crystal size FLG of 25.5nm, while the SEM results show that graphene was evenly diffused.

Keywords : additives, graphene, clay, compressive strength, porosity

2.1 Pendahuluan

Pertambahan jumlah penduduk di Indonesia, ditandai dengan meningkatnya kebutuhan sarana dan prasarana dalam masyarakat terutama di bidang pembangunan. Material yang sering digunakan dalam pembuatan bangunan salah satunya adalah batu bata. Di seluruh dunia, batu bata adalah bahan bangunan utama dan salah satu yang tertua. Produksi batu bata tahunan dunia saat ini sekitar 1391 miliar unit dan permintaan batu bata diprediksi akan terus meningkat (Zhang, 2013).

Batu bata merupakan salah satu bahan material sebagai bahan pembuatan dinding. Batu bata adalah bahan bangun

yang telah lama dikenal dan dipakai oleh masyarakat baik di pedesaan maupun di perkotaan yang berfungsi untuk bahan bangunan konstruksi. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya pabrik batu bata yang dibangun masyarakat untuk memproduksi batu bata. Tetapi masih banyak produsen tidak memperhatikan kaidah-kaidah pembuatan batu bata, sehingga dapat mengakibatkan runtuhnya bangunan ketika terjadi bencana gempa bumi. Kerusakan yang sering terjadi yaitu pada dinding rumah. Sehingga diperlukan penelitian-penelitian yang lebih banyak dan lebih dalam untuk meningkatkan karakteristik

batu bata lokal ini yang dapat digunakan untuk mengatasi kejadian kegagalan bangunan yang menggunakan struktur dinding batu bata (Wisnumurti, 2013).

Wisnumurti (2013) telah membuktikan melalui uji sifat fisik dan mekanik batu bata dengan mengambil 7 sampel di Jawa Timur menggunakan peraturan SNI 15-2094-1991. Hasil tersebut menunjukkan dimensi yang disyaratkan dalam peraturan di Indonesia tidak terpenuhi dengan sempurna dan kuat tekan batu bata rata-rata berada di bawah kelas 25. Karakteristik batu bata sangat dipengaruhi oleh perubahan sifat fisika, kimia dan mineraloginya. Kuat tekan dan daya serap air merupakan dua sifat fisika yang mempertahankan batu bata dari keretakan. Kuat tekan secara umum dipengaruhi oleh suhu pembakaran, metode produksi, sifat fisika, kimia, dan mineralogi dari bahan baku. Menurut Karaman, dkk (2006) kuat tekan batu bata dapat ditingkatkan melalui inovasi metode produksi yaitu dengan memberikan bahan tambahan ke dalam campuran bata pada saat pencampuran berlangsung. Penambahan nanomaterial seperti grafena dapat meningkatkan kualitas dengan mengurangi keretakan pada bata.

Grafena merupakan material dua dimensi monoatomik dari satu lapis grafit yang ditemukan pada tahun 2004 oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov. Saat ini grafena banyak diinvestigasi oleh para peneliti dari berbagai bidang karena tertarik dengan keunggulan dan sifat unik yang dimilikinya. Dengan ketebalan sekitar satu atom karbon, grafena memiliki transparansi optik hingga 97,7% (Nair dkk, 2008). Diharapkan dengan penambahan grafena didapatkan batu bata yang memiliki sifat kuat tekan yang kuat.

2.2 Metode Penelitian

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanah liat sebagai bahan dasar batu bata, *aquadest* (PT. Bratako Chemika), serbuk grafit (lolos saringan 200 mesh) dari pensil 2B, dan cairan pencuci piring dengan komposisi surfaktan anionik 18,9% (*Sodium Lauryl Sulfate*).

2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa wadah es, gelas piala, gelas ukur, pipet tetes, wadah percampuran pembuatan batu bata, cetakan dengan ukuran (5 x 5 x 5) cm³, blender Kenwood BL370, Furnace, Mesin uji tekan (*Compressing Test Machine*), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Analisa X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

2.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini meliputi variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap penelitian ini adalah ukuran batu bata (5x 5 x 5) cm³, lama pengeringan 1 minggu dan suhu pembakaran 800°C. Variable berubah adalah penambahan grafena 5%w, 10%wt, 15%wt, dan variasi waktu kalsinasi 1 jam, 3 jam, 5 jam.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1. Pembuatan FLG Grafena

Pada penelitian ini pembuatan grafena dilakukan dengan menggunakan metode *turbulence-assisted shear exfoliation* (TASE). Pada metode ini grafena disintesis dari grafit batang pensil menggunakan blender dan cairan pencuci piring dengan komposisi surfaktan anioik 18,9% (*sodium lauryl sulfate*). dimana, sepuluh gram grafit batang pensil dihaluskan dan disaring hingga lolos saringan 200 mesh. Kemudian 10 gram grafit (lolos saringan 200 mesh), cairan pencuci piring sebanyak 1,227 ml, dan aquades dimasukkan kedalam blender hingga diperoleh total larutan sebanyak 500 ml, blender dioperasikan pada kecepatan 1500 rpm (power angka 2) dalam waktu 1 jam (1 menit hidup/1 menit

mati). Selama blender tidak beroperasi blender harus didinginkan dengan memberikan jaket pendingin, setelah proses selesai maka akan dihasilkan larutan FLG grafena dengan konsentrasi 20 mg/ml. (Varrla, 2014)

2.4.2. Pembuatan Batu Bata

Pembuatan campuran batu bata ini dilakukan dengan mencampurkan bahan-bahan yang akan digunakan yaitu tanah liat ditambahkan grafena 5%wt, 10%wt dan 15%wt, kemudian diaduk sampai merata hingga didapat *workability*. Setelah selesai di campur material tersebut kemudian dimasukkan kedalam cetakan dengan ukuran (5 x 5 x5) cm³. Batu bata yang sudah dicetak didiamkan selama 1 minggu pada suhu ruang untuk proses pengeringan, kemudian dibakar menggunakan furnace dengan suhu 800°C. Pada proses pembakaran material ini dilakukan beberapa variasi waktu kalsinasi 1 jam, 3 jam dan 5 jam. Peningkatan temperatur dilakukan secara bertahap atau perlahan-lahan untuk menghindari kerusakan dan keretakan pada bata apabila langsung dipanaskan dengan temperatur tinggi (Karaman dkk, 2016). Setelah itu, material tersebut diuji morfologi dan kuat tekan, serta porositas. Pada pembuatan batu bata ini dibuat dengan variasi pembuatan batu bata-grafena dan pembuatan batu bata tanpa grafena.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Penambahan Grafena dan Waktu Kalsinasi Terhadap Kuat Tekan Batu Bata

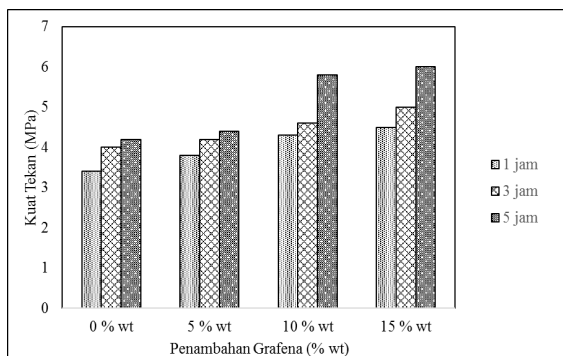
Kuat tekan didefinisikan sebagai kemampuan material dalam menahan beban atau gaya mekanis sampai terjadinya kegagalan (Kartika & Darmawan, 2008). Tabel 4.1 dan Gambar 3.1 merupakan hasil uji kuat tekan batu bata berdasarkan variasi waktu kalsinasi dengan penambahan grafena konsentrasi 20 mg/ml pada suhu 800°C. Pembakaran pada suhu 800°C menyebabkan batu bata mulai mengalami pembentukan fasa kristalin dari metakaolin, sehingga pada

suhu pembakaran 800°C hasil kuat tekan batu bata mulai meningkat. Batu bata yang dibakar pada suhu 600°C memiliki nilai kuat tekan paling rendah, sebab baru mengalami reaksi dehidroksilasi berupa hilangnya molekul air yang terserap pada kisi-kisi kristal dan menuju pada pembentukan metakaolin. Metakaolin merupakan senyawa antara menuju senyawa berikutnya (*mullite*). *Mullite* merupakan senyawa yang sangat stabil, sehingga dapat dikatakan pembentukan *mullite* ini merupakan tujuan dari pembakaran keramik, karena dengan adanya *mullite*, sifat-sifat keramik yang keras, kompak, dan padat mulai terbentuk (Kartika & Darmawan, 2008).

Berdasarkan Tabel 3.1 dan Gambar 3.1 secara umum terlihat bahwa kuat tekan batu bata meningkat seiring penambahan grafena (%wt). Kuat tekan batu bata meningkat secara signifikan dari 3,4 MPa menjadi 4,5 MPa pada 15 %wt grafena dengan waktu kalsinasi yang sama yaitu 1 jam. Sedangkan semakin lama waktu kalsinasi dari 1 jam ke 5 jam tanpa penambahan grafena (0 %wt) terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 23,53%, tetapi setelah penambahan grafena kuat tekan batu bata mengalami peningkatan sebesar 33,33% dari 4,5 MPa saat penambahan 15 %wt grafena menjadi 6 MPa pada penambahan grafena yang sama. Menurut Rahmawati dkk (2015), semakin lama waktu pembakaran akan membuat air yang mengisi pori tanah liat menguap dan menyebabkan molekul-molekul tanah liat merapat dan saling mengisi pori yang kosong. Penambahan grafena dapat mengisi pori tanah liat yang kosong tersebut.

Tabel 3.1 Kuat Tekan Batu Bata pada Variasi Penambahan Grafena

Waktu Kalsinasi (jam)	Grafena (% wt)	Kuat Tekan (Mpa)
1	0	3,4
	5	3,8
	10	4,3
	15	4,5
3	0	4
	5	4,2
	10	4,6
	15	5
5	0	4,2
	5	4,4
	10	5,8
	15	6



Gambar 3.1 Kuat Tekan Batu Bata Pada Variasi Penambahan Grafena Terhadap Waktu Kalsinasi

Peningkatan kuat tekan batu bata setelah penambahan grafena disebabkan oleh adanya sifat kekuatan mekanis dan elastisitas dari grafena yang unggul, dimana modulus elastisitas grafena sebesar 1,1 TPa sehingga mengabsorpsi tekanan yang diterimanya sampai batas tertentu sebelum terjadi retakan pada matriks, selanjutnya tekanan yang diterima oleh grafena akan didistribusikan ke segala arah bidang yang menyebabkan kapasitas kompresi batu bata mengalami peningkatan (Wang dkk, 2016). Secara teoritis, grafena memiliki luas permukaan mencapai $2630 \text{ m}^2/\text{g}$ sehingga dapat meningkatkan kontak dan interaksi antara grafena dan matriks. Interaksi antara grafena yang mengandung gugus CH_3 dengan mekanisme *Van Der Waals* melalui ikatan sekunder dengan atom O pada matriks batu bata (Si-O-Al) sehingga

grafena dapat terikat kuat dalam matriks (Ranjhbar dkk, 2015).

Peningkatan kuat tekan tertinggi terlihat pada batu bata dengan penambahan 15%wt grafena dan waktu kalsinasi 5 jam yaitu 6 MPa. Berdasarkan SNI-0021-1991, standar kuat tekan batu bata tersebut masuk ke dalam kelas 100. Hal ini lebih baik dari penelitian yang dilakukan oleh Siregar (2010) dan Handayani (2010) dengan penambahan aditif abu ampas tebu dan serbuk gergaji, dimana kuat tekan batu bata maksimal didapatkan hanya sebesar 5,8 MPa dan 2,5 MPa.

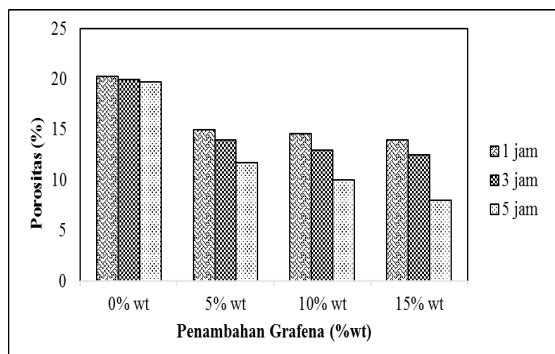
3.2 Pengaruh Penambahan Grafena dan Waktu Kalsinasi Terhadap Porositas Batu Bata

Pengujian porositas bertujuan untuk mengetahui fraksi pori yang menyebabkan meningkatnya penyerapan air dan menurunnya kekuatan batu bata setelah masa pembakaran. Semakin besar fraksi pori-pori maka semakin besar pula tingkat penyerapan air dan mempengaruhi kuat tekan batu bata (Huda, 2012). Tabel 3.2 dan Gambar 3.2 merupakan hasil uji porositas batu bata berdasarkan variasi waktu kalsinasi dan penambahan grafena. Saat tanah lempung dibakar pada suhu 800°C , terjadi perubahan-perubahan kristal dari tanah liat sehingga batu bata menjadi lebih keras. Adanya kristalisasi, maka pori-pori batu bata semakin rapat, sehingga air tidak banyak yang dapat menembus (Kartika dan Darmawan, 2008).

Berdasarkan Tabel 3.2 dan Gambar 3.2 secara umum terlihat porositas batu bata menurun dengan lamanya waktu kalsinasi dengan dan tanpa penambahan grafena. Porositas batu bata menurun dari 20,3% (0% grafena) menjadi 14% pada 15%wt penambahan grafena dengan waktu kalsinasi 1 jam. Nilai dari porositas ini sudah sesuai dengan peraturan SNI-0021-1991, yang menyatakan bahwa porositas maksimum untuk batu bata yaitu sebesar 20%.

Tabel 3.2 Porositas Batu Bata pada Variasi Penambahan Grafena

Waktu Kalsinasi (jam)	Grafena (% wt)	Porositas (%)
1	0	20,3
	5	15
	10	14,6
	15	14
3	0	20
	5	14
	10	13
	15	12,5
5	0	19,73
	5	11,7
	10	10
	15	8



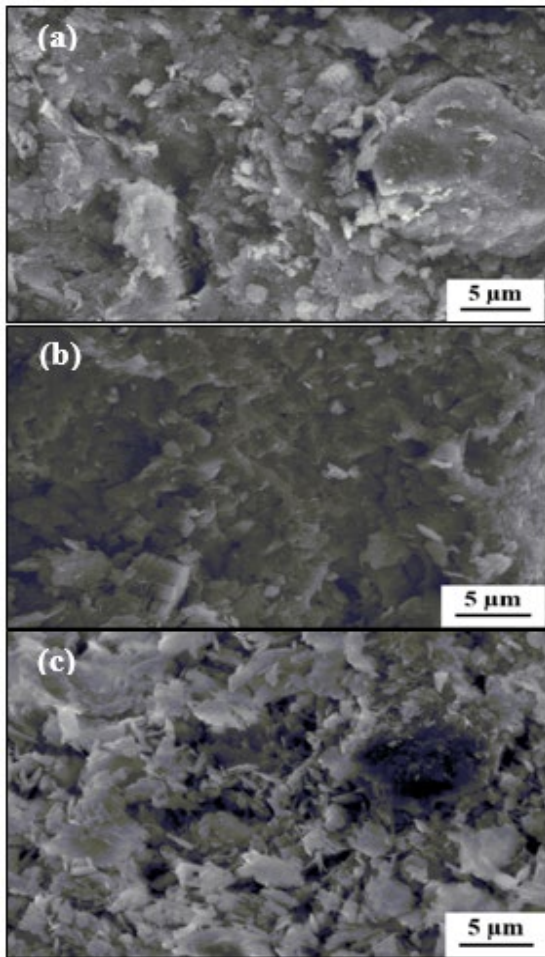
Gambar 3.2 Porositas Batu Bata pada Variasi Penambahan Grafena (%wt) terhadap Waktu Kalsinasi

Penambahan grafena ke dalam matriks batu bata secara umum dapat membantu mengurangi volume pori pada batu bata, dikarenakan grafena yang sangat kecil yaitu dalam ukuran nanometer yang dapat dengan mudah mengisi pori pada matriks batu bata. Hal ini menyebabkan batu bata dengan penambahan grafena menjadi semakin padat dibandingkan dengan batu bata tanpa penambahan grafena. Modulus elastisitas yang tinggi dari grafena (1,1 TPa) dapat mengurangi konsentrasi tegangan dalam matriks dan memindahkan tegangan secara seragam ke bagian matriks lainnya (Ranjhbar dkk., 2015). Grafena memiliki kekuatan mekanis dan fleksibilitas yang tinggi sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik serta dapat mengurangi porositas (Saafi dkk., 2014).

3.3 Analisa Morfologi Batu Bata Terhadap Penambahan Grafena dan Waktu Kalsinasi

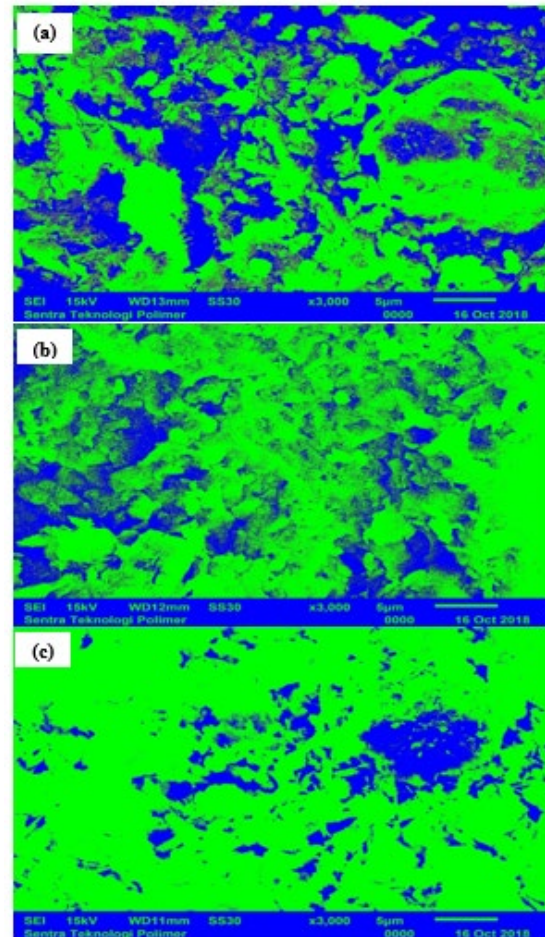
Gambar 3.3 merupakan hasil analisa scanning electron microscopy (SEM) pada matriks batu bata baik dengan maupun tanpa penambahan grafena. Analisa SEM berfungsi untuk mengetahui struktur morfologi dari matriks batu bata-grafena. Gambar 3.3 terlihat secara visual bahwa struktur morfologi batu bata relatif berubah antara sebelum penambahan grafena (a), setelah ditambah grafena (b) dan (c).

Pada Gambar 3.3 (a) dapat dilihat bahwa struktur dari partikel-partikel penyusun batu bata tersebut masih terdiri dari gumpalan (cluster) yang mengindikasikan adanya butiran yang tidak merata pada permukaan matriks, sedangkan gambar 3.3 (b) dan (c) yang sudah ditambahkan grafena mengindikasikan morfologi yang semakin merata. Dengan penambahan grafena dapat melapisi permukaan morfologi serta menutup pori-pori batu bata karena ukuran grafena yang sangat kecil (nanometer) (Saafi dkk, 2014). Pada lama waktu kalsinasi terlihat pada gambar 3.3 (b) dan (c) morfologi permukaan terkesan lapisan grafena semakin berkurang, hal ini kemungkinan akibat grafena berdifusi ke bawah lapisan permukaan.



Gambar 3.3 Hasil SEM matriks batu bata (a) Tanpa Grafena, kalsinasi 1 jam (b) 15 %wt Grafena, kalsinasi 1 jam (c) 15 %wt Grafena, kalsinasi 5 jam

Suhu pembakaran 800°C menyebabkan partikel tanah liat telah mengalami kristalisasi dan ceramic change sehingga terbentuk kristalinitas yang mempengaruhi tingkat kepadatan matriks (Akinshipe & Kornelius, 2017). Menurut Nuryadin dan Khairurrijal, (2009) pada proses pembakaran keramik menggunakan tanah liat, partikel-partikel yang semula terikat lemah karena hanya melakukan kontak lemah satu sama lain, mulai memperluas permukaan kontak. Kontak tersebut tumbuh menjadi aglomerasi yang ukurannya bergantung pada suhu pemanasan, semakin tinggi suhu maka ukuran aglomerasi tersebut semakin besar sehingga ikatan partikel semakin kuat.



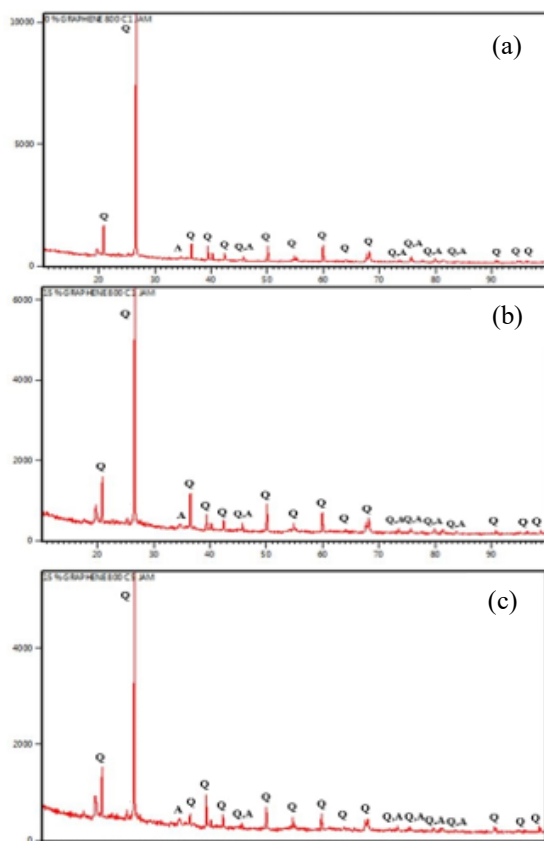
Gambar 3.4 Morfologi matriks batu bata menggunakan aplikasi *ImageJ* dengan (a) kalsinasi 1jam tanpa grafena (b) kalsinasi 1jam, 15%wt grafena (c) kalsinasi 5jam, 15%wt grafena

Gambar 3.4 merupakan hasil analisa kuantitatif morfologi Scanning Electron Microscopy (SEM) melalui aplikasi *ImageJ*. Dari gambar 3.4 terlihat lebih jelas bagaimana perbedaan distribusi atau struktur pori dari matriks batu bata dengan atau tanpa penambahan grafena. Dari gambar 3.4 (a) dan 3.4 (b) terlihat bahwa terjadi penurunan distribusi porositas akibat pengaruh penambahan grafena yaitu dengan persen area pori dari 17,6 % menjadi 11,5%. Hal ini membuktikan dengan adanya penambahan grafena maka pori-pori pada matriks akan terisi dimana grafena dapat dengan mudah masuk ke celah antara partikel-partikel tersebut dan menutupi pori dengan baik sehingga memperkuat struktur dari matriks yang meningkatkan kepadatan pada batu bata

serta mengurangi porositas (Saafi dkk, 2014). Sedangkan dari gambar 3.4 (b) dan 3.4 (c) juga menunjukkan penurunan pori-pori dengan lamanya kalsinasi, hal ini membuktikan bahwa grafena pada waktu kalsinasi yang lama memiliki cukup waktu untuk berdifusi secara merata. Persen area pori 3.4 (c) lebih kecil yaitu 5,4%. Hal ini mendukung hasil pengujian kuat tekan dan porositas sebelumnya.

3.4 Pengaruh Penambahan Grafena dan Waktu Kalsinasi Terhadap Kristalinitas Batu Bata

Gambar 4.5 merupakan hasil analisa X-Ray Diffraction (XRD) pada variasi suhu pembakaran dan penambahan grafena. Dari gambar 4.5 secara umum terlihat

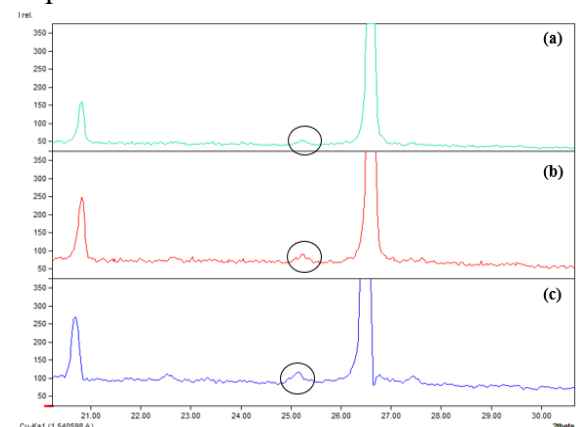


Gambar 3.5 Kristalinitas batu bata pada (a) 0%wt grafena, kalsinasi 1jam (b) 15%wt grafena, kalsinasi 1jam , (c) 15%wt grafena, kalsinasi 5jam

bahwa masing-masing gambar memiliki puncak difraksi tertinggi pada $26,6^\circ$. Hal ini menandakan bahwa telah terbentuk fasa kristal dari Si-O yang dilambangkan

dengan quartz (Q). Dimana quartz merupakan bentuk mineral utama dari kristal silika (SiO_2). Serta pada masing-masing gambar juga terbentuk beberapa kristal albite (A) pada puncak difraksi 35° . Dimana albite merupakan bentuk mineral dari silika alumina (Ranjhbar dkk., 2015). Terbentuknya kristal-kristal tersebut membuktikan bahwa telah terbentuknya ikatan Si-O-Al. Terbentuknya kristal-kristal tersebut membuktikan bahwa telah terbentuknya ikatan Si-O-Al.

Perbesaran dari gambar 4.5 pada area $20^\circ - 30^\circ$ dapat dilihat pada gambar 3.6. Pada gambar 3.6 (b) dan (c) terdeteksi puncak difraksi grafena pada $25,1^\circ$ sebagaimana dilaporkan Liu,dkk (2017). Sedangkan gambar 3.6 (a) muncul puncak kecil yang kemungkinan mengindikasikan adanya karbon dalam bentuk amorf yang mirip struktur grafena. Dari yang telah diuraikan terlihat bahwa batu bata yang ditambahkan grafena tidak mengubah struktur kristal batu bata. Gugus H dari CH_3 yang terdapat pada tepi grafena berinteraksi dengan mekanisme Van Der Walls dengan matriks (Si-O-Al) melalui ikatan sekunder O-H sehingga grafena dapat terikat dalam matriks.



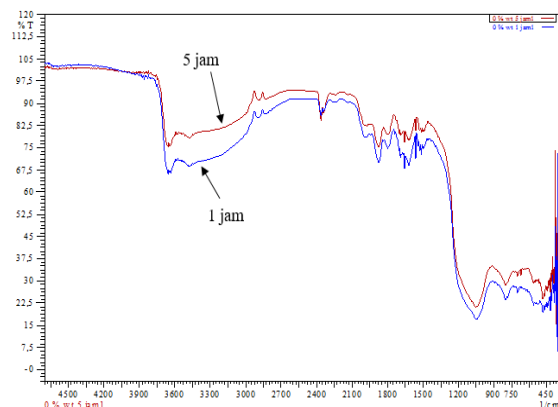
Gambar 3.6 Grafik puncak grafena (a) tanpa grafena, kalsinasi 1jam (b) 15%wt grafena, kalsinasi 1jam (c) 15%wt grafena, kalsinasi 5jam

Dari perhitungan menggunakan persamaan Scherrer di atas didapatkan ukuran butiran grafena pada penambahan 15%wt grafena ke dalam matriks batu bata pada waktu kalsinasi 1 jam dan 5 jam

adalah sebesar 26,5175 nm dan 25,5190 nm. Dari ukuran butiran tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu kalsinasi ukuran butiran kristal dari grafena relatif sama.

3.5 Pengaruh Penambahan Grafena dan Waktu Kalsinasi Terhadap Gugus Fungsi Batu Bata

Spektrum FTIR berupa puncak-puncak pada rentang bilangan gelombang dan transmitansi tertentu, yang menunjukkan gugus fungsi pada matriks batu bata. Gambar 3.7 merupakan hasil analisis FT IR pada batu bata yang disintesis pada suhu 800°C, tanpa penambahan grafena dengan waktu kalsinasi berbeda.



Gambar 3.7 Analisis FT IR 0% grafena pada waktu kalsinasi 1 jam dan 5 jam

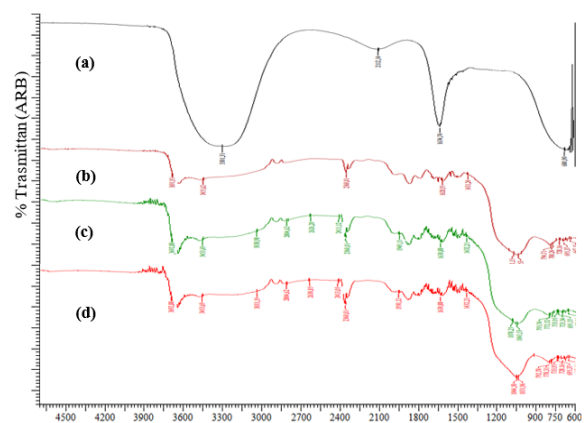
Gambar 3.7 secara umum menunjukkan adanya perbedaan spektra matriks batu bata pada kalsinasi 1 jam dan 5 jam. Spektra pada puncak sekitar 3400-3700 cm^{-1} merupakan uluran -OH yang terikat pada -Al, spektra pada kalsinasi 1 jam memiliki transmitansi lebih rendah dari pada transmitansi pada kalsinasi 5 jam, hal ini membuktikan bahwa dengan pembakaran dan lama kalsinasi maka -OH yang terikat pada -Al banyak terlepas dan meningkatkan terbentuknya ikatan dengan SiO, membentuk ikatan silika alumina, ikatan yang terjadi adalah ikatan kovalen (Palanivel and Velraj, 2007).

Serapan 2360,01 cm^{-1} yang muncul adalah fasa pembentukan mullite ($2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). Kemudian hematite dapat diamati pada panjang gelombang 583,49

cm^{-1} . Bilangan gelombang ini memiliki intensitas yang lemah pada kalsinasi 1 jam dibandingkan pada matriks dengan kalsinasi 5 jam, karena mineral ini mulai terbentuk pada suhu di atas 600 °C. Mineral hematite dibentuk oleh senyawa Fe_2O_3 yang mempengaruhi warna pada batu bata, semakin tinggi suhu pembakaran, maka warna batu bata yang dihasilkan semakin cerah (Palanivel dan Velraj, 2007).

Pada suhu 800°C, struktur silika sudah melebur pada panjang gelombang 1031 cm^{-1} untuk tanah liat merah. Kehadiran pita tajam sekitar 790 cm^{-1} dalam spektrum IR pada kalsinasi 5 jam lebih besar dari kalsinasi 1 jam yang menunjukkan adanya kuarsa (Si-O). Selain itu, pada gambar 4.7 mengindikasikan kuarsa dalam fasa kristalin yang muncul di sekitar panjang gelombang 779 cm^{-1} (Palanivel and Velraj, 2007).

Gambar 3.8 merupakan analisis FT IR grafena dan batu bata yang disintesis baik dengan penambahan grafena maupun tanpa penambahan grafena pada waktu kalsinasi 5 jam. Interaksi yang terjadi antara grafena terhadap matriks batu bata diketahui untuk mengetahui keefektifan grafena dindalam matriks tersebut. Adapun spektrum FTIR dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 Analisis FT IR pada (a) Grafena, (b) tanpa grafena, (c) 5% grafena, (d) 15% grafena dengan waktu kalsinasi 5 jam

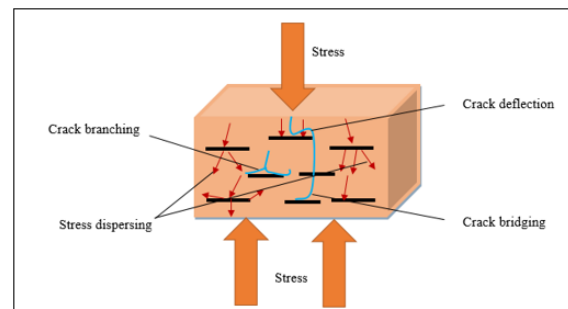
Gambar 3.8 (a) menunjukkan puncak-puncak pada panjang gelombang 680,90 cm^{-1} , 1634,14 cm^{-1} , 2112,14 cm^{-1} dan 3301,31 cm^{-1} . Pada puncak 3301,31 cm^{-1} menunjukkan gugus OH yang besar, karena grafena yang telah dibuat dalam bentuk campuran dengan air. Sedangkan panjang gelombang 680,90 cm^{-1} dan 1634,14 cm^{-1} masing-masing menunjukkan gugus C-H dan aromatik (C=C). Menurut Tucureanu et al (2016) puncak-puncak grafena oksida yaitu pada puncak ikatan CO yang muncul pada 1230 cm^{-1} -1215 cm^{-1} , 1120 cm^{-1} -1110 cm^{-1} (gugus epoksi), 1451 cm^{-1} , 1160 cm^{-1} (gugus karbonil atau karboksil) dan 1080 cm^{-1} -1040 cm^{-1} (gugus alkoksi atau epoksi). Sedangkan pada analisa spektrum IR pada grafena dengan metode TASE tidak didapat puncak-puncak tersebut yang menandakan keberhasilan produksi grafena.

Gambar 3.8 (b), (c) dan (d) dapat dilihat terbentuknya gugus OH pada rentang 3455,62 cm^{-1} – 3453 cm^{-1} dengan intensitas yang kecil dari gambar 3.8 (a), hal ini menunjukkan bahwa waktu kalsinasi yang lama menyebabkan air berkurang. Adanya pergeseran gugus OH karena terjadinya vibrasi pada uluran OH. Sedangkan gugus aromatik (C=C) pada gambar 3.8 (d) lebih tajam dari gambar 3.8 (c), hal ini juga menunjukkan bahwa waktu kalsinasi lama juga menguatkan gugus aromatik pada batu bata.

3.6 Perkiraan Mekanisme Penguatan Pada Batu Bata Setelah Penambahan Grafena

Secara umum penambahan grafena dapat meningkatkan sifat mekanik dan menutupi pori pada batu bata. Pada matriks tanpa penambahan grafena, ketika diberikan tekanan maka terjadi keretakan yang berpusat di bagian tengah matriks

dan menyebabkan patahan langsung ke bagian bawah. Sedangkan penambahan grafena ke dalam matriks batu bata, menyebabkan percabangan (*crack branching*), dispersi (*stress dispersion*), penjemabatanan (*crack bridging*) dan defleksi (*crack deflection*) pada retakan (Wang dkk, 2016). Modulus elastisitas grafena yang tinggi dapat menyebabkan dispersi tekanan (*stress dispersion*) yaitu pengurangan konsentrasi tegangan pada matriks dan mengalihkan tegangan secara seragam ke bagian matriks lainnya (Ranjbar dkk, 2015). Berdasarkan analisa dan uraian tersebut, maka dapat diperkirakan mekanisme penguatan batu bata setelah penambahan grafena seperti pada Gambar 3.



Gambar 3.9 Perkiraan mekanisme penguatan batu bata dengan penambahan grafena saat diberi tekanan (Wang dkk, 2016)

Pada Gambar 3.9 terlihat bahwa ketika batu bata diberikan tekanan, maka tekanan cenderung akan berpusat pada bagian tengah dan menimbulkan retakan, penambahan grafena ke dalam batu bata akan memberikan penghambatan yang tinggi terhadap penjaralan retakan, dimana ketika retakan mencapai permukaan grafena retakan akan berkembang sepanjang antarmuka antara grafena dan matriks batu bata. Percabangan atau defleksi pada retakan membutuhkan energi yang besar untuk terjadinya penjaralan retakan, sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik dari batu bata. Selain itu, mekanisme crack bridging dapat menyerap lebih banyak energi secara efektif ketika batu bata diberikan tekanan atau beban

(Wang dkk., 2016). Singkatnya, karena modulus elastisitas yang tinggi, serta morfologi dua dimensi yang unik dari grafena maka dapat mengurangi konsentrasi tegangan dan mencegah perkembangan retakan sehingga meningkatkan kuat tekan batu bata.

4. Kesimpulan

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

1. Batu bata telah berhasil disintesis dengan melakukan penambahan grafena dari pensil bekas 2B sebagai aditif.
2. Penambahan grafena sebagai aditif dan waktu kalsinasi yang lama pada batu bata dapat meningkatkan kuat tekan dan menurunkan porositas dari batu bata yang dihasilkan. Kuat tekan tertinggi dan porositas terendah diperoleh pada batu bata yang disintesis dengan penambahan grafena 15%wt dan kalsinasi 5 jam sebesar 6 MPa dan 8%.

Daftar Pustaka

- Akinshipe, O., and Kornelius, G. (2017). Journal of Pollution Effects and Control Chemical and Thermodynamic Processes in Clay Brick Firing Technologies and Associated Atmospheric Emissions Metrics-A Review. *Pollutions Effect and Control*, 5(2), 1–12. .
- Handayani. (2010). Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*. Volume 12 No. 1. Hal. : 41-50
- Huda, M., and Hastuti, E. (2012). Pengaruh temperatur pembakaran dan penambahan abu terhadap kualitas batu bata. *Journal of science*. 4(2),142-152.
- Karaman, S., Ersahin, S., and Gunal, H. (2006). Firing temperature and firing time influence on mechanical and physical properties of clay bricks, *Journal of Scientific and Industrial Research* 65(February), 153–159.
- Kartika, A., and Darmawan, A. (2008). Pengaruh Serbuk Kaca dan Variasi Suhu Pembakaran pada Pembuatan Genteng Lempung Sedimentasi Banjir Kanal Timur Kota Semarang terhadap Kuat Tekan serta Daya Serapnya terhadap Air. *Journal of Scientific and Applied Chemistry Journal*, 11(3), 63–69.
- Liu, Y., Liu, H., Wang, J., & Zhang, X. (2017). Thermoelectric behavior of PEDOT : PSS / CNT / graphene composites.
- Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D. Katnelson, (2004). Electric field effect in atomically thin carbon films, *journal of Science*, 306, 666.
- Nuryadin, B. W., and Khairurrijal, K. (2009). Sintesis Keramik Berbasis Komposit Clay-Karbon dan Karakterisasi Kekuatan Mekaniknya. *Nanosains and Nanoteknologi*, 2(2), 83–89.ss
- Palanivel, R., and Velraj, G. (2007). FTIR and FT-Raman spectroscopic studies of fired clay artifacts recently excavated in Tamilnadu , India, *Journal of Pure and Applied Physics*, 45(June), 501–508.
- Ranjbar, N., Mehrli, M., Mehrli, M., Alengaram, U. J., and Zamin, M. (2015). Graphene Nanoplatelet- Fly Ash Based Geopolymer Composites. *Cement and Concrete Research Journal*, 76, 222–231.
- Saafi, M., Tang, L., Fung, J., and Rahman, M. (2014). Graphene/Fly Ash Geopolymeric Composites as Self-Sensing Structural mMaterials. *Smart Materials and Structures*, 065006, 2–11.
- Siregar, N .(2010). Pemanfaatan Abu Pembakaran Ampas Tebu dan Tanah Liat Pada Pembuatan Batu

- Bata. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- SNI 15-2094-1991, Mutu dan Cara Uji Batu bata Pejal, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- SNI 15-2094-2000, Mutu dan Cara Uji Batu bata Pejal, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- Țucureanu, V., Matei, A., Avram, A. M., Țucureanu, V., Matei, A., Marius, A., ... Avram, A. M. (2016). Critical Reviews in Analytical Chemistry FTIR Spectroscopy for Carbon Family Study FTIR Spectroscopy for Carbon Family Study. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 46(6), 502–520.
<https://doi.org/10.1080/10408347.2016.1157013>
- Varrla, E., Paton, Keith 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*, 10, 1–22.
- Wisnumurti, (2013). Struktur Dinding Pasangan Batu Merah Lokal Dengan Perkuatan Bilah Bambu Di Daerah Rawan Gempa, Program Doktor Teknik Sipil, Universitas Brawijaya Malang, November 2013.
- Wang, B., Jiang, R., and Wu, Z. (2016). Investigation of The Mechanical Properties and Microstructure of Graphene Nanoplatelet-Cement Composite. *Nanomaterials*, 200, 2–15.
- Zhang, L. (2013). Production of bricks from waste materials—a review. *Construction Building Material*, 47, 643–55.