

# PENGARUH SUHU PEMBAKARAN DAN KONSENTRASI GRAFENA TERHADAP KARAKTERISTIK BATU BATA

Suci Afrianti<sup>1</sup>, Amun Amri<sup>2</sup>, Rozanna Sri Irianty<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, <sup>2</sup>Dosen 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: [suci.afrianti@student.unri.ac.id](mailto:suci.afrianti@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*This research aims to produce bricks by adding few layer graphene (FLG) and studies the effects of firing temperature and graphene concentration on the characteristics of the produced bricks. The produced bricks were tested their compressive strength, porosity, morphology using the scanning Electron Microscope (SEM), X-ray diffraction (XRD) analysis and fourier transform infrared (FTIR). The brick was made by adding the few layer graphene to the clay, then mixed them and casted in size (5x5x5) cm<sup>3</sup>. The samples then dried at room temperature for a week, and fired in furnace for 1 hour at the temperature variation of 600 °C, 800 °C, and 1000 °C with graphene concentration variations of 10 mg/ml, 20 mg/ml and 30 mg/ml. The results showed that the highest compressive strength (9 MPa) and lowest porosity (6.1%) was exhibited by brick synthesized using graphene concentration of 30 mg/ml and the firing temperature of 1000°C. The Scanning Electron Microscope (SEM) analysis results showed that the addition of graphene reduced the porosity of the brick. The X-ray diffraction (XRD) analysis results showed that a diffraction peak of few layer graphene at 25.41° and the graphene did not influenced the crystal structure of the brick. This research showed that the increase in firing temperature and concentration of graphene made the structure of the brick increasingly dense. The few layer graphene could improve mechanical strength of the brick by reduce the stress concentration and prevent the development of the cracks.*

**Keywords :** bricks, concentration, compressive strength, few layer graphene, firing, graphene, 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).

Banyak industri bangunan yang bersaing untuk menciptakan beraneka macam produk bahan bangunan. Para

produsen yang kurang memperhatikan mutu bahan bangunan mengakibatkan banyaknya bangunan yang cepat rusak. Dalam proses pembangunan sederhana biasanya tidak mengacu pada peraturan-peraturan yang berlaku. Dampak tersebut 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).

Pemanfaatan batu bata dalam konstruksi baik non-struktur ataupun struktural perlu adanya peningkatan, baik dengan cara meningkatkan kualitas bahan material batu bata itu sendiri maupun penambahan dengan bahan lainnya yang dapat menciptakan bahan bangunan yang memiliki keunggulan lebih baik dibandingkan dengan bahan bangunan yang sudah ada (SNI 15-2094-2000).

Kuat tekan secara umum dipengaruhi oleh suhu pembakaran, metode produksi, sifat fisika, kimia, dan mineralogi dari bahan baku. Pada batu bata, kuat tekan dapat ditingkatkan melalui inovasi metode produksi yaitu dengan memberikan bahan tambahan ke dalam campuran bata pada saat pencampuran berlangsung (Karaman dkk, 2006). 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.

Grafena menjadi sangat menarik untuk dikaji karena memiliki sifat kelistrikan, termal, dan mekanik yang luar biasa. Karena perkembangannya yang luar biasa, grafena memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai aplikasi.

Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan disintesis batu bata dengan variasi suhu pembakaran dan konsentrasi grafena.

## 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 anioik 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 ) cm<sup>3</sup>, blender, 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 (5 x 5 x 5) cm<sup>3</sup>, lama pengeringan 1 minggu, Lama pembakaran 1 jam. Variable berubah adalah konsentrasi penambahan grafena 10 mg/ml , 20 mg/ml, 30 mg/ml, dan variasi suhu pembakaran 600°C, 800°C, dan 1000°C.

## 2.4 Prosedur Penelitian

### 2.4.1. Pembuatan 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 grafena dengan konsentrasi 20 mg/ml. (Varrla, 2014)

### 2.4.2. Pembuatan Batu Bata

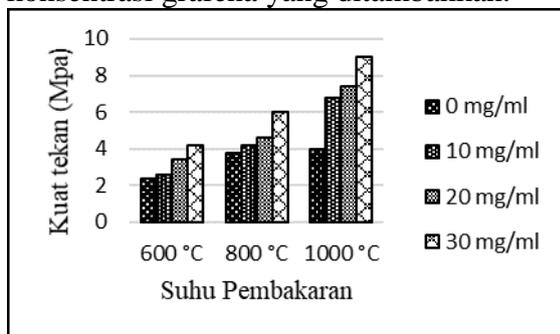
Pembuatan campuran batu bata ini dilakukan dengan mencampurkan bahan-bahan yang akan digunakan yaitu tanah liat ditambahkan grafena sesuai variasi yang direncanakan, kemudian diaduk sampai merata hingga didapat *workability*. Setelah

selesai di campur material tersebut kemudian dimasukkan kedalam cetakan dengan ukuran (5 x 5 x5) cm<sup>3</sup>. Batu bata yang sudah dicetak didiamkan selama 1 minggu pada suhu ruang untuk proses pengeringan, kemudian dibakar menggunakan furnace. Pada proses pembakaran material ini dilakukan beberapa variasi temperatur yaitu 600°C, 800°C dan 1000°C. Peningkatan temperatur dilakukan secara bertahap atau perlahan-lahan untuk menghindari kerusakan dan keretakan pada bata apabila langsung dipanaskan dengan temperatur tinggi. 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 Suhu Pembakaran dan Konsentrasi Grafena Terhadap Sifat Kuat Tekan Batu Bata

Salah satu sifat mekanis yang penting dalam material batu bata adalah kuat tekan. Kuat tekan didefinisikan sebagai kemampuan material dalam menahan beban atau gaya mekanis sampai terjadinya kegagalan (Kartika dan Darmawan, 2008). Gambar 3.1 merupakan hasil uji kuat tekan batu bata berdasarkan variasi suhu pembakaran dengan konsentrasi grafena yang ditambahkan.



**Gambar 3.1** Kuat tekan batu bata pada variasi suhu pembakaran dan konsentrasi grafena

Gambar 3.1 secara umum terlihat bahwa kuat tekan batu bata meningkat seiring peningkatan suhu pembakaran pada

setiap variasi konsentrasi grafena. Kuat tekan batu bata meningkat secara signifikan dari suhu pembakaran 600 °C sebesar 2,4 MPa menjadi 4 MPa pada suhu 1000 °C tanpa penambahan grafena dengan peningkatan sebesar 66%. Sedangkan setelah ditambahkan grafena, kuat tekan batu bata juga mengalami peningkatan signifikan sebesar 114% dari 4,2 MPa saat suhu pembakaran 600 °C menjadi 9 MPa di suhu 1000 °C. 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*) (Kartika dan Darmawan, 2008). Pada pembuatan batu bata, air yang terabsorpsi secara fisik atau yang disebut air bebas akan menguap pada suhu 20 - 150°C, sedangkan air terabsorpsi kimia (air terikat) dalam bentuk H O atau OH akan menguap mulai pada temperatur 600°C (Akinshipe dan Kornelius, 2017).

Pembakaran pada suhu lebih dari 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 tetapi belum maksimal. Hasil uji kuat tekan batu bata yang dibakar pada suhu 1000°C memiliki kuat tekan paling tinggi karena sudah mengalami fasa pembentukan kristalin yaitu fasa *mullite*. *Mullite* merupakan senyawa yang sangat stabil, sehingga dapat dikatakan pembentukan *mullite* ini merupakan tujuan dari pembakaran keramik seperti batu bata, karena dengan adanya *mullite*, sifat-sifat keramik yang keras dan padat mulai terbentuk (Kartika dan Darmawan, 2008). Selain itu pada suhu 1000°C batu bata sudah mengalami proses vitrifikasi. Lempung akan menguat saat mengalami vitrifikasi yang dimulai pada suhu 900°C dan kuat tekan tersebut akan maksimal saat temperatur semakin dinaikkan sampai suhu maksimal lempung

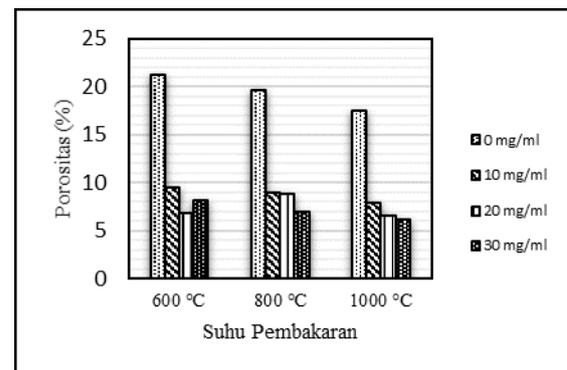
1500°C. Selama proses vitrifikasi pori akan mengecil serta kekuatan dan kepadatan naik. Secara umum semakin tinggi suhu pembakaran, maka kualitas bata yang dihasilkan akan semakin baik, karena pada temperatur tersebut kristal silika akan meleleh secara efektif dan mengalami kristalisasi (Kartika dan Darmawan, 2008).

Gambar 3.2 merupakan hasil uji kuat tekan batu bata berdasarkan variasi konsentrasi grafena yang ditambahkan dengan variasi suhu pembakaran. Dari Gambar 3.1 secara umum terlihat bahwa penambahan grafena dapat meningkatkan kuat tekan batu bata, saat terjadi peningkatan konsentrasi grafena maka kuat tekan batu bata semakin meningkat. Batu bata yang dibakar pada suhu 1000°C, dengan konsentrasi grafena 0 mg/ml, 10 mg/ml, 20 mg/ml, dan 30 mg/ml mengalami peningkatan kuat tekan secara berturut turut yakni sebesar 4 MPa, 6,8 MPa, 7,4 MPa, dan 9 MPa.

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 m<sup>2</sup>/g sehingga dapat meningkatkan kontak dan interaksi antara grafena dan matriks. Interaksi antara grafena yang mengandung gugus CH<sub>3</sub> dengan mekanisme *Van Der Walls* melalui ikatan sekunder dengan atom O pada matriks batu bata (Si-O-Al) sehingga grafena dapat terikat kuat dalam matriks (Ranjhbar dkk, 2015).

### 3.2 Pengaruh Suhu Pembakaran dan Konsentrasi Grafena Terhadap Porositas Batu Bata

Gambar 3.2 menunjukkan hasil porositas batu bata pada variasi suhu pembakaran baik dengan penambahan grafena maupun tanpa penambahan grafena. Porositas batu bata menurun dari 21,3% pada suhu pembakaran 600°C menjadi 17,5% pada suhu 1000°C tanpa penambahan grafena. Setelah dilakukan penambahan grafena, terlihat bahwa pada suhu pembakaran 600°C porositas batu bata sebesar 8,2% mengalami penurunan menjadi 6,11% pada suhu 1000°C.



**Gambar 3.2** Porositas batu bata pada variasi suhu pembakaran dan konsentrasi grafena

Dari Gambar 3.2 terlihat bahwa pada suhu 600°C, porositas batu bata mencapai 21,3%. Nilai dari porositas ini tidak sesuai dengan peraturan SNI-2094-2000, yang menyatakan bahwa porositas maksimum untuk batu bata yaitu sebesar 20%. Hal ini terjadi karena pada suhu 600°C, hanya terjadi proses penguapan air yang terikat secara kimia dan zat-zat lain yang terdapat dalam tanah liat. Partikel-partikel dari tanah liat belum mengalami kristalisasi secara sempurna atau SiO<sub>2</sub> yang terdapat pada tanah liat masih dalam fasa amorf dan belum terbentuk fasa kristalin, dimana proses pembentukan fasa kristalin tersebut baru terjadi pada suhu diatas 800°C, sehingga pepadatan yang terjadi belum sempurna dan pori-pori tidak tertutup dengan baik karena silika belum meleleh secara efektif serta partikel-partikel tanah liat tidak terikat secara kuat. Hal ini menyebabkan banyaknya jumlah pori yang terdapat dalam matriks pada

pembakaran 600°C (Kartika dan Darmawan, 2008).

Dari gambar 3.2 pada suhu 800°C terlihat mulai terjadinya penurunan porositas. Hal ini disebabkan karena terjadinya perubahan-perubahan kristal dari tanah liat yang akan mengisi pori-pori batu bata menjadi lebih padat dan keras. Semakin tinggi suhu maka silika akan memasuki pori-pori dan mengikat semua partikel tanah liat dengan membentuk ikatan yang dikenal sebagai ikatan silika alumina (Kartika dan Darmawan, 2008). Porositas paling rendah yaitu dengan pembakaran pada suhu 1000°C. Hal ini berkaitan dengan sifat keramik yang terbentuk melibatkan pemecahan struktur kisi dari mineral lempung, diikuti dengan pembentukan senyawa kristal atau disebut dengan tahap vitrifikasi. Temperatur yang diperlukan pada tahap vitrifikasi ini berkisar antara 900°C hingga 1100°C (Abdeen, 2016).

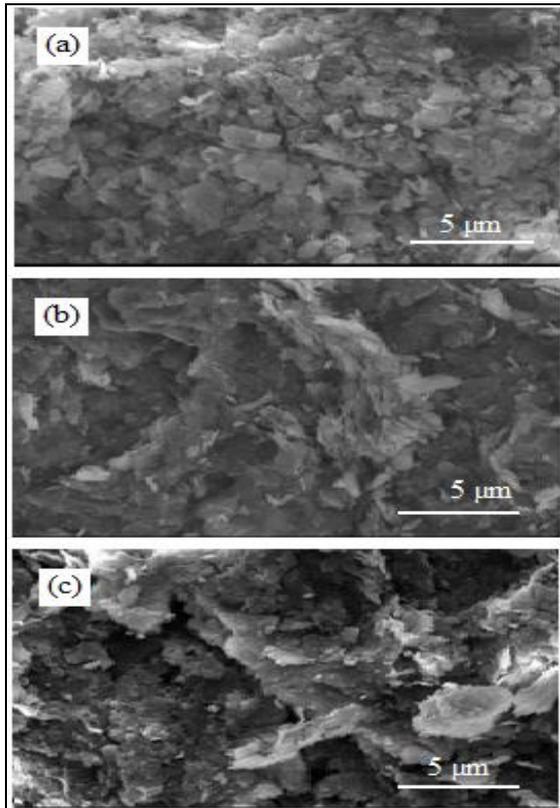
Gambar 3.2 secara umum memperlihatkan nilai porositas yang semakin menurun pada variasi konsentrasi penambahan grafena, saat suhu 1000°C, dengan konsentrasi grafena 0 mg/ml, 10 mg/ml, 20 mg/ml, dan 30 mg/ml porositas batu bata secara berturut-turut yakni sebesar 17,5%, 7,9%, 6,6% dan 6,11%. Penambahan grafena ke dalam matriks batu bata secara umum dapat membantu mengurangi volume pori pada batu bata, dikarenakan grafena yang berukuran nano 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. Peningkatan konsentrasi grafena menyebabkan banyaknya grafena yang terdistribusi dalam matriks, dan dapat menutupi pori dengan baik. Modulus Grafena memiliki kekuatan mekanis dan fleksibilitas yang tinggi sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik serta dapat mengurangi porositas (Saafi dkk, 2014).

### 3.3 Pengaruh Suhu Pembakaran dan penambahan Grafena Terhadap Morfologi Batu Bata

Gambar 3.3 merupakan hasil analisa morfologi menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM) pada matriks batu bata yang disintesis pada suhu pembakaran 600°C dan 1000°C baik dengan maupun tanpa penambahan grafena. Analisa SEM berfungsi untuk mengetahui struktur morfologi dari matriks batu bata-grafena. Dari gambar 3.3 terlihat secara visual bahwa struktur morfologi batu bata relatif berubah dari sebelum penambahan grafena (a), dibandingkan setelah ditambahkan grafena (b), dan (c). Struktur partikel matriks yang awalnya terlihat relatif berbentuk *sphere* (bulat) yang terpisah mengalami perubahan struktur yang disebabkan karena adanya penambahan grafena (b) dan peningkatan suhu (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. Hal ini disebabkan karena matriks cenderung didominasi struktur amorf (Rosalia dan Asmi, 2016). Pada gambar 3.3 (a) dan (b) terlihat adanya perbedaan penampakan pada matriks. Gambar 3.3 (b) menunjukkan batu bata yang dibakar pada suhu yang sama yaitu 600°C tetapi dilakukan penambahan grafena. Adanya grafena memperlihatkan terjadinya perubahan struktur morfologi, dimana grafena dapat mengisi dan menutup pori-pori karena ukuran nano dari grafena dapat dengan mudah masuk ke pori-pori matriks (Saafi dkk, 2014). Sehingga secara visual terlihat bahwa matriks mengalami perubahan struktur seperti lembaran-lembaran dan penampakan penutupan pori yang mulai merata. Gambar 3.3 (c) menunjukkan struktur morfologi yang berbeda dari gambar 3.3 (b), hal ini disebabkan karena adanya peningkatan suhu pembakaran. Gambar 3.3 (c) menunjukkan morfologi ukuran butir pada

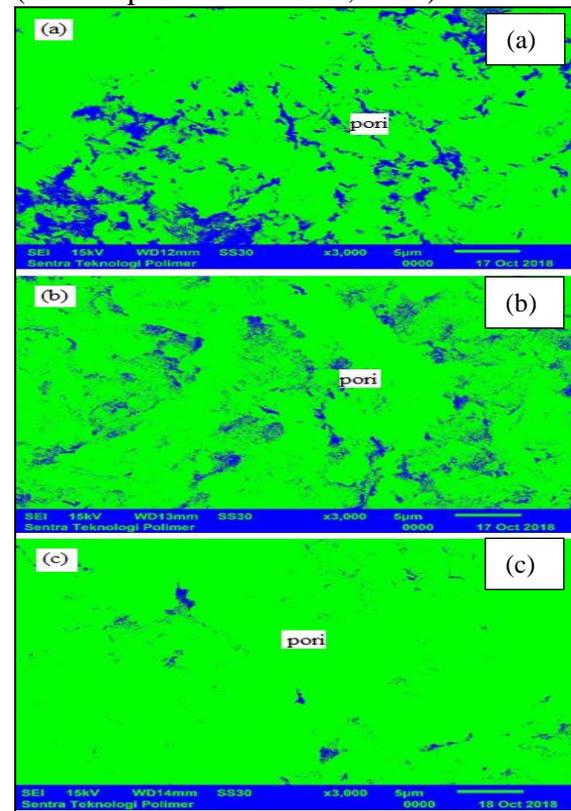
matriks semakin merata dan bentuk butiran yang terlihat seragam.



**Gambar 3.3** Morfologi batu bata dengan (a) suhu 600°C tanpa grafena (b) suhu 600°C, 30 mg/ml grafena (c) suhu 1000°C, 30 mg/ml grafena

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. Sampel yang dibakar pada suhu 1000°C (c) tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pembakaran maka struktur cenderung terlihat memiliki pertumbuhan partikel yang semakin luas. Suhu pembakaran di atas 800°C menyebabkan partikel tanah liat telah mengalami kristalisasi dan *ceramic change* sehingga terbentuk kristalinitas yang

mempengaruhi tingkat kepadatan matriks (Akinshipe dan Kornelius, 2017).



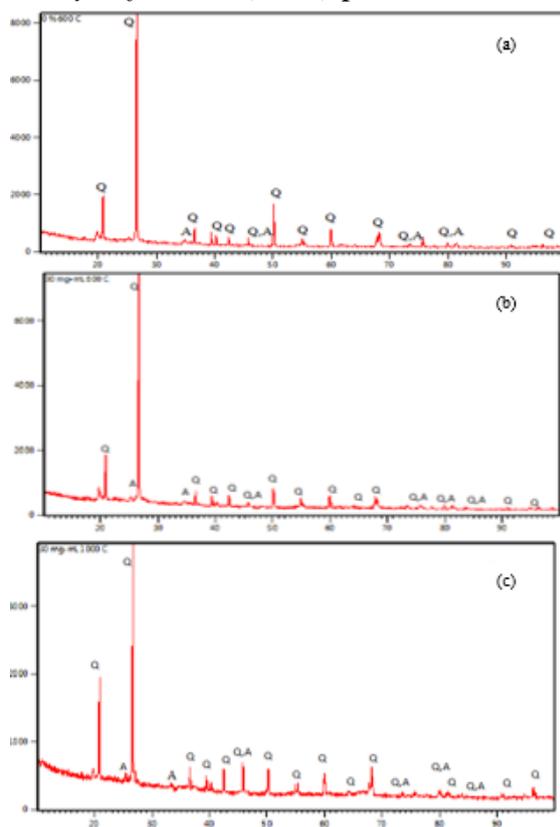
**Gambar 3.4** Morfologi matriks batu bata menggunakan aplikasi *ImageJ* dengan (a) suhu 600°C tanpa grafena (b) suhu 600°C, 30 mg/ml grafena (c) suhu 1000°C, 30 mg/ml grafena

Gambar 3.4 merupakan hasil analisa kuantitatif morfologi menggunakan *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), (b) dan (c) terlihat bahwa terjadi penurunan distribusi porositas akibat pengaruh penambahan grafena dan peningkatan suhu. Pada analisa morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) melalui aplikasi *ImageJ*, nilai persentasi area pori dari sampel batu bata pada variasi suhu dan penambahan grafena secara berturut-turut yaitu sebesar 28,9%, 14,3%, dan 5,4%. Penurunan jumlah pori ini terjadi karena saat suhu dinaikkan, maka tingkat kristalinitas tanah liat meningkat (Abdeen,

2016). Kemudian pada gambar 3.4 (b) terlihat adanya pengurangan pori dari gambar 3.4 (a) setelah penambahan grafena. Dengan adanya penambahan grafena maka dapat mengisi pori-pori pada matriks karena ukuran nano dari 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 dan mengurangi porositas (Saafi dkk, 2014). Hal ini mendukung hasil pengujian kuat tekan dan porositas sebelumnya.

### 3.4 Pengaruh Suhu Pembakaran dan Penambahan Grafena Terhadap Kristalinitas Batu Bata

Gambar 3.5 merupakan hasil analisa X-Ray Diffraction (XRD) pada variasi suhu



**Gambar 3.5** kristalinitas batu bata pada (a) tanpa grafena suhu 600°C (b) 30 mg/ml grafena, suhu 600°C, (c) 30 mg/ml grafena, suhu 1000°C

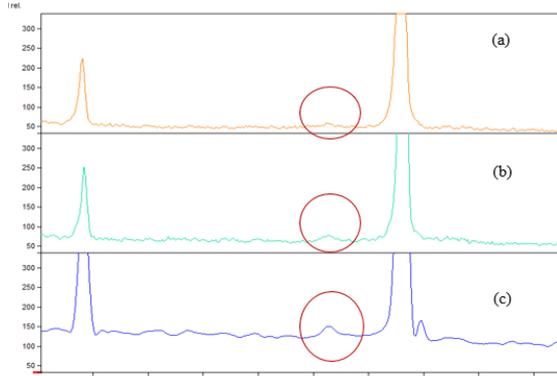
pembakaran dan penambahan grafena. Dari Gambar 3.5 secara umum terlihat bahwa masing-masing gambar memiliki

puncak difraksi tertinggi pada 26,6°. Hal ini menandakan bahwa telah terbentuk berupa fasa kristal dari Si-O yang dilambangkan dengan *quartz* (Q). Dimana quartz merupakan bentuk mineral utama dari semi kristal silika (SiO<sub>2</sub>). Serta pada masing- masing gambar memiliki puncak difraksi tertinggi pada 26,6°. Hal ini menandakan bahwa telah terbentuk berupa fasa kristal dari Si-O yang dilambangkan dengan *quartz* (Q). Dimana quartz merupakan bentuk mineral utama dari semi kristal silika (SiO<sub>2</sub>). Serta pada masing-masing gambar juga terbentuk beberapa kristal *albite* (A) pada puncak difraksi 31,1°. Dimana *albite* merupakan bentuk mineral dari silika alumina (Ranjhbar dkk, 2015).

Terbentuknya kristal-kristal tersebut membuktikan bahwa telah terbentuknya ikatan Si-O-Al. Pola difraksi sinar x yang dihasilkan pada suhu 600°C merupakan struktur amorf. Sementara pada suhu 1000°C, fasa amorf berubah menjadi kristal yang diperjelas dengan munculnya satu puncak difraksi pada 20,8° yang tajam dan jelas (Rosalia dan Asmi 2016). Selain terbentuknya ikatan Si-O-Al yang dilambangkan dalam bentuk Kristal *quartz* dan *albite*, pada puncak difraksi 25,41° juga terbentuk grafena (Liu dkk, 2016) yang ditunjukkan melalui Gambar 3.6 (b) dan (c). Untuk lebih memperjelas kemunculan grafena ini, dapat dilihat pada Gambar 3.6. Kemunculan puncak kecil pada gambar 3.6 (a) mengindikasikan adanya silika amorf (Alnawafleh, 2009), dimana puncak tersebut terlihat lebih kecil dibandingkan puncak yang muncul pada matriks dengan penambahan grafena (b) dan (c) yang lebih lebar dan jelas.

Dari Gambar 3.6 terlihat bahwa batu bata yang ditambahkan grafena tidak mengubah struktur kristal batu bata, hal ini menandakan grafena bersifat inert. Gugus H dari CH<sub>3</sub> yang terdapat pada tepi grafena berinteraksi dengan mekanisme *Van Der Waals* dengan matriks (Si-O-Al) melalui ikatan sekunder O--H sehingga grafena dapat terikat kuat dalam matriks.

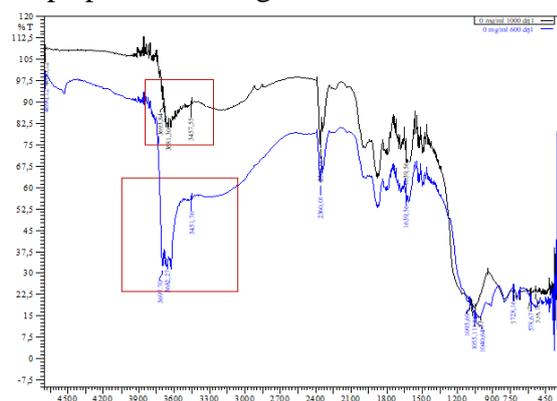
Dari perhitungan menggunakan persamaan *Scherrer* didapatkan ukuran kristal grafena pada penambahan grafena sebesar 30 mg/ml grafena pada suhu 600°C dan 1000°C ke dalam matriks batu bata adalah sebesar 26,52 nm dan 26,54 nm.



**Gambar 3.6** Grafik puncak grafena pada (a) tanpa grafena suhu 600°C (b) 30 mg/ml grafena, suhu 600°C , (c) 30 mg/ml grafena, suhu 1000°C

### 3.5 Pengaruh Suhu Pembakaran dan Penambahan Grafena Terhadap Gugus Fungsi Batu Bata

Spektrum FTIR berupa puncak-puncak pada rentang bilangan gelombang dan transmittansi tertentu, yang menunjukkan gugus fungsi pada matriks batu bata. Gambar 3.7 merupakan hasil analisis FT IR pada batu bata yang disintesis pada suhu 600°C dan 1000°C tanpa penambahan grafena.



**Gambar 3.7** Analisis FT IR tanpa grafena pada suhu 1000°C dan 600°C

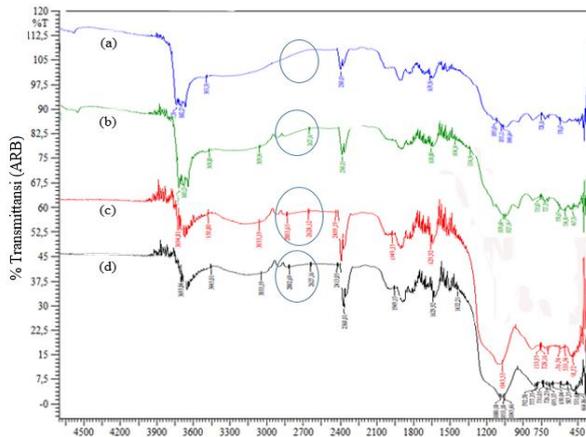
Gambar 3.7 secara umum menunjukkan adanya perbedaan spektra matriks batu bata pada suhu 600°C (biru) dan suhu 1000°C (hitam). Spektra pada

puncak sekitar 3400-3700  $\text{cm}^{-1}$  merupakan uluran -OH yang terikat pada -Al, spektra pada suhu 600°C memiliki transmittansi lebih rendah dari pada transmittansi pada suhu 1000°C, hal itu membuktikan bahwa dengan meningkatnya suhu pembakaran 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 dan Velraj, 2007).

Serapan 2360,01  $\text{cm}^{-1}$  yang muncul adalah fasa pembentukan *mullite*. Kemudian *hematite* dapat diamati pada panjang gelombang 538,16  $\text{cm}^{-1}$ . Bilangan gelombang ini memiliki intensitas yang lemah pada pembakaran 600°C dibandingkan pada matriks dengan suhu pembakaran 1000°C, karena mineral ini mulai terbentuk pada suhu di atas 600 °C. Mineral hematite dibentuk oleh senyawa  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang mempengaruhi warna pada batu bata, semakin tinggi suhu pembakaran, maka warna batu bata yang dihasilkan semakin cerah (Palanivel dan Velraj, 2007).

Pada 600°C, struktur silikat melebur dan band simetri lebar diamati pada 1030  $\text{cm}^{-1}$  untuk tanah liat merah dan 1080  $\text{cm}^{-1}$  untuk jenis tanah liat putih. Adanya pita simetri lebar yang berpusat di sekitar 1080  $\text{cm}^{-1}$  dan 1040  $\text{cm}^{-1}$  dalam spektrum yang diterima menunjukkan bahwa matriks bata pada Gambar 3.7 telah dibakar dengan suhu di atas 600°C. Dua rentang bilangan gelombang yang berbeda karena band regangan (Si-O) dapat dibedakan pada panjang gelombang yang berpusat di sekitar 1050  $\text{cm}^{-1}$  dan 1080  $\text{cm}^{-1}$ . Pada Gambar 4.10 band ini berada di 1055,11 dan 1082,11 (Palanivel and Velraj 2007). Kehadiran pita tajam sekitar 790 bersama dengan 695  $\text{cm}^{-1}$  dalam spektrum IR matriks adalah karena adanya kuarsa (Si-O). Selain itu, pada gambar 3.8 mengindikasikan kuarsa dalam fasa kristalin yang muncul di sekitar panjang gelombang 779  $\text{cm}^{-1}$  (Palanivel and Velraj, 2007).

Gambar 3.8 merupakan analisis FT IR batu bata yang disintesis pada 600 °C tanpa penambahan grafena serta pada 1000°C dengan penambahan grafena 10 mg/ml dan 30 mg/ml. Interaksi yang terjadi antara grafena terhadap matriks batu bata diketahui untuk mengetahui keefektifan grafena didalam matriks tersebut. Adapun spektrum FTIR dapat dilihat pada Gambar 3.8.



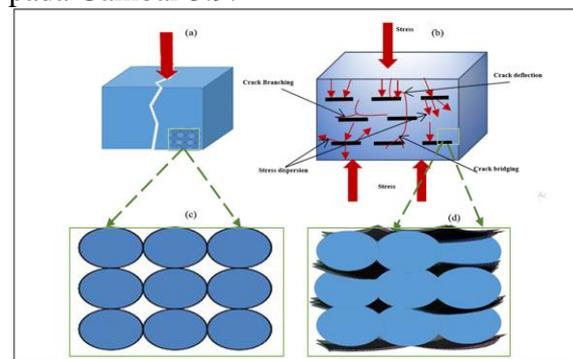
**Gambar 3.8** Analisis FTIR pada (a) tanpa grafena, suhu 600°C, (b) 10 mg/ml grafena, suhu 600°C (c) 10 mg/ml grafena, suhu 1000°C (d) 30 mg/ml grafena, suhu 1000°C

Gambar 3.8 secara umum menunjukkan penambahan grafena pada matriks batu bata memberikan perubahan terhadap spektrum FT IR yang diperoleh, yaitu munculnya puncak pada bilangan gelombang sekitar  $2803\text{ cm}^{-1}$  dan  $2628\text{ cm}^{-1}$ . Bilangan gelombang ini mengindikasikan gugus C-C dan C=C, dimana puncak tersebut tidak terlihat pada matriks tanpa penambahan grafena (a) (Vazquez dkk, 2016).

### 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. Penambahan grafena ke

dalam matriks batu bata, menyebabkan percabangan, dispersi, penjemputan ataupun defleksi pada retakan (Wang dkk, 2016). *Modulus elastisitas* grafena yang tinggi dapat menyebabkan dispersi tekanan (*stress dispersion*) yaitu dengan mengurangi 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 3.9.



**Gambar 3.9** Perkiraan mekanisme penguatan pada batu bata (a) batu bata tanpa grafena diberikan tekanan (b) batu bata dengan penambahan grafena diberi tekanan (c) pori-pori batu bata tanpa grafena (d) penutupan pori oleh grafena (Wang dkk, 2016)

## 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 sebagai aditif.
2. Peningkatan suhu pembakaran dan penambahan grafena sebagai aditif pada pembuatan batu bata dapat meningkatkan kuat tekan dan menurunkan porositas dari batu bata yang dihasilkan.
3. Semakin tinggi suhu pembakaran dan konsentrasi grafena, maka kuat tekan batu bata yang dihasilkan

semakin tinggi, dan porositas semakin rendah.

4. Kuat tekan tertinggi dan porositas terendah yaitu pada batu bata yang disintesis dengan suhu 1000°C dan penambahan grafena 30 mg/ml sebesar 9 MPa dan 6,11%,

#### Daftar Pustaka

- Abdeen, H. H. (2016). Properties of Fired Clay Bricks Mixed with Waste Glass. The Islamic University–Gaza Research.
- Alnawafleh, M. A. (2009). Mechanical and Physical Properties of Silica Bricks Produced from Local Materials. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2), 418–423.
- 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. .
- Bhatnagar, J.M., and Goel, R.K. (2002). Thermal changes in clay products from alluvial deposits of the indo-gangetic plains. *Cons build Mat*, 16, 113-122.
- 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, H., Dong, M., Huang, W., Gao, J., Dai, K., Guo, J., Guo, Z. (2016). Lightweight Conductive Graphene/Thermoplastic Polyurethane Foams with Ultrahigh Compressibility for Piezoresistive Sensing. *Royal Society of Chemistry*, 10(1039), 1–29.
- 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.
- 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., Mehrali, M., Mehrali, M., Alengaram, U. J., and Zamin, M. (2015). Graphene Nanoplatelet- Fly Ash Based Geopolymer Composites. *Cement and Concrete Research Journal*, 76, 222–231.
- Rosalia, R., and Asmi, D. (2016). Preparasi dan Karakterisasi Keramik Silika (SiO<sub>2</sub>) Sekam Padi dengan Suhu Kasinasi 800°C - 1000°C. *Teori Dan Aplikasi Fisika*, 04(01), 101–106.
- 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.
- 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.
- Stankovich, S. (2007). Synthesis Of Graphene Based Nanosheets Via Chemical Reduction Of Exfoliated Graphite Oxide. *Journal carbon*. 7(45):1558-1565.
- 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.
- Vazquez, N., Alexander, E., and Javier, F. (2016). Analysis Spectroscopy of the Absorption of Calcium Carbonate on Graphene / Polyurethane Composites Applied Computational Simulation and Artificial Neuronal Networks. *Nanomedicine Research*, 3(4), 1–7.
- 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.