

# Pengaruh Penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebagai Foaming Agent pada Karakteristik Batu Bata Ringan Tahan Api Berbahan Dasar Fireclay dan Fly Ash PLTU Teluk Balikpapan

Adrian Gunawan<sup>\*,1</sup>, Amelia Anggraini Pangestu<sup>1</sup>, Ety Rahmayanti<sup>1</sup>, Andika A.I. Saputra<sup>2</sup>, Intan Dwi Wahyu Setyo Rini<sup>3</sup>, Ainun Zulfikar<sup>4</sup>, A. I. Arobi<sup>5</sup>

<sup>\*.1</sup>Program Studi Teknik Kimia, JTIP, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan.

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, JTSP, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan.

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, JIKL, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan.

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Material dan Metalurgi, JIKL, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan.

<sup>5</sup>PT. PLN (Persero) UPDK Balikpapan

Email: [a.gunawan@lecturer.itk.ac.id](mailto:a.gunawan@lecturer.itk.ac.id)

---

## Article Info

### Article history:

Submitted June 2021

Revised March 2022

Accepted April 2022

Published April 2022

---

### Keyword:

lightweight firebrick

Fly Ash

Hydrogen Peroxide

---

## ABSTRACT

Total demand for refractory materials in Indonesia reaches 200,000 tons per year, while the production capacity reaches 50,000 tons per year. To meet these needs, alternative raw materials are needed besides the fireclay as a main raw material which is derived from clay. One of alternative materials is Fly Ash (FA), by product from coal combustion in the power plant. The kind of refractory material in this study is light brick, with using Hydrogen Peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) as a foaming agent. The FA comes from PLTU Teluk Balikpapan, and used to substitute fireclay from of 5% to 25%, and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> with a variation of 5 ml to 9 ml. The analysis carried out is XRF for FA, and compressive strength, density, absorption, porosity, and shrinkage for light brick specimens. The best compressive strength result is 0,549 MPa with 2% linear shrinkage, absorption 37.46%, 2%, density 1.44 g/cm<sup>3</sup>, and porosity 50%

---

## Kata Kunci:

Batu Bata Ringan Tahan Api

Fly Ash

Hidrogen Peroksida

---

## ABSTRAK

Total kebutuhan material refractory di Indonesia mencapai 200.000 ton per tahun, sedangkan kapasitas produksi mencapai 50.000 ton per tahun. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, diperlukan bahan baku alternatif selain bahan baku utama yakni fireclay yang berasal dari tanah liat, yakni Fly Ash (FA) dari sisa pembakaran batu bara di PLTU. Jenis material refractory dalam penelitian ini adalah batu bata ringan tahan api, dengan menggunakan zat Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) sebagai foaming agent. Fly Ash digunakan berasal dari PLTU Teluk Balikpapan dengan tingkat substitusi fireclay sebesar 5% s.d 25%, serta H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan variasi 5 ml s.d 9 ml. Analisis yang dilakukan adalah XRF untuk FA, serta kuat tekan, densitas, penyerapan, porositas, dan shrinkage untuk specimen batu bata ringan tahan api. Hasil kuat tekan terbaik adalah 0,549 Mpa dengan linier shrinkage 2%, penyerapan 37,46%, 2%, densitas 1,44 g/cm<sup>3</sup>, dan porositas 50%

## 1. PENDAHULUAN

Refraktori merupakan material anorganik non logam yang sukar leleh pada temperatur tinggi dan material yang mampu mempertahankan sifatnya terhadap tegangan mekanik maupun serangan kimia dari gas-gas panas, cairan logam dan slag. Material refraktori sangat diperlukan untuk banyak industri proses dan industri pengecoran logam. Material refraktori ini melapisi furnace, tundish, ladle dan sebagainya. Material ini juga digunakan sebagai nozzle, spout, dan sliding. Dalam aplikasinya refraktori digunakan sebagai pelapis tungku atau dapat dikatakan sebagai dinding batu tahan api, refraktori salah satu komponen yang menunjang dalam pengoperasian tungku karena sifatnya yang tahan terhadap suhu tinggi. Berdasarkan komposisi kimia penyusunnya, material refraktori dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu refraktori asam ( $\text{SiO}_2$ ) seperti silika, refraktori basa ( $\text{MgO}$ ) seperti magnesit, refraktori netral ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) seperti alumina, serta refraktori khusus seperti karbon, silikon karbida, sulfida dan lainnya (Suyatna, 2016). Refraktori yang paling populer yaitu firebrick karena daya tahan terhadap suhu tinggi dan ketahanan terhadap korosi yang cukup baik. Firebrick terbuat dari tanah liat sebagai pengikat, silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sebagai bahan utamanya (Sukkae, 2018).

Industri refraktori di Indonesia mengalami perkembangan yang pesat sehingga menyebabkan bahan baku pembuatan fireclay bricks juga meningkat yaitu tanah liat. Penggunaan tanah liat yang meningkat berdampak pada kerusakan lingkungan, sehingga diperlukan material alternatif sebagai bahan baku. Terdapat berbagai macam pembuatan refraktori yang menggunakan fly ash dan fireclay (Otero, 2004), fly ash sebagai bahan utama (Sukkae, 2018), abu sekam padi (Sari dan Rusiyanto, 2019).

Fly Ash (FA) merupakan hasil samping pembakaran batubara pada PLTU yang jumlahnya sangat melimpah, sebagai contoh pada PLTU Teluk Balikpapan menghasilkan 150 ton FA per hari yang berasal dari 3360 ton batubara. Status FA sebagai limbah non B3 berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia no 22 tahun 2021 memberikan kesempatan lebih luas dalam hal pemanfaatannya. Salah satu jenis pemanfaatan FA adalah sebagai material substitusi fireclay dalam pembuatan firebrick. Penambahan FA pada campuran fireclay bersifat pozzolan, sehingga bisa menjadi aditif mineral yang baik untuk batu bata tahan api (Adibroto dkk, 2018).

*Lightweight firebrick* merupakan firebrick yang memiliki nilai densitas rendah dan porositas tinggi sehingga memudahkan dalam proses penggunaan. Pemanfaatan FA untuk lightweight firebrick telah dilakukan oleh Otero (2004). Hasil penelitiannya menyatakan bahwa batu bata ringan tahan api yang menggunakan 20% berat tanah liat dan 15% berat natrium silikat menghasilkan lightweight firebrick yang memiliki ketahanan kompresi yang lebih tinggi serta jumlah  $\text{H}_2\text{O}_2$  yang ditambahkan dapat mempengaruhi ukuran pori. Hidrogen peroksida digunakan sebagai foaming agent karena memiliki ketidakstabilan secara termodinamika sehingga mudah terurai menjadi  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{O}_2$  sehingga menciptakan pori pada material dan menurunkan nilai densitas material. Kelebihan hidrogen peroksida adalah tidak mencemari lingkungan karena yang tersisa hanyalah air dan oksigen. Porous fireclay brick yang disintesis diharapkan memiliki sifat kuat, pori permukaan yang luas, isolator panas dan mempunyai densitas yang rendah (Kusumastuti, 2015).

## 2. METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Fly Ash dari PLTU Kaltim Teluk Balikpapan
- Fireclay
- Sodium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )
- Hidrogen Peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) berfungsi sebagai *foaming agent*
- $\text{H}_2\text{O}$

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Cetakan Mortar berukuran 5x5x5 cm
- Gelas Beker 100 ml

- Pipet Ukur
- Karet Penghisap
- Penggaris
- Pengaduk Kaca
- Gelas Ukur
- Neraca
- *Furnace*.

## 2.2 Prosedur Penelitian

### 2.2.1 Pembuatan Spesimen

Pasta yang digunakan merupakan campuran homogen dari FA, Fireclay,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , air, dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  seperti pada table 1. Pasta homogen kemudian dicetak dengan dimensi  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ , dengan pengisian sebanyak 80% agar tidak terjadi luberan pada saat proses foaming. Bagian atas cetakan menggunakan lembaran plastik untuk menghindari penguapan dan penambahan uap air dari lingkungan yang dapat menggeser mix design. Proses foaming dilakukan selama seama 24 jam dan kemudian dikeringkan selama 12 jam pada suhu ruang

Tabel 1: Komposisi Bahan Baku Pembuatan Sampel

Variasi Fly Ash	Fireclay	Fly Ash	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	Air	$\text{H}_2\text{O}_2$		
					ml	ml	ml
5%	760	40	6	227,33	3,28	4,59	5,90
10%	720	80	12	229,03	3,30	4,63	5,95
15%	680	120	18	230,72	3,33	4,66	5,99
20%	600	150	22,5	217,88	3,14	4,40	5,66
25%	540	180	27	210,69	3,04	4,26	5,47

Sumber : Olahan peneliti, 2020 mengadopsi Sukkae, 2018; Otero, 2004.

### 2.2.2 Sintering

Pada proses sintering atau pembakaran tidak hanya bertujuan untuk mencapai suhu yang diinginkan, melainkan juga memperhatikan kecepatan pembakaran untuk mencapai suhu tersebut serta kecepatan untuk mencapai pendinginan. Proses pembakaran dilakukan dalam beberapa tahapan yakni pengeluaran air pembentuk, terjadi hingga temperatur kira-kira  $1200^\circ\text{C}$ , yang dilanjutkan dengan pembakaran penuh, hingga terjadi proses sintering dengan temperature  $1100^\circ\text{C}$  selama 60 menit. Tahap akhir adalah pendinginan yang dilakukan secara perlahan sampai dengan suhu ruang gar tidak terjadi retakan, pengembangan, dan lain-lain.

### 2.2.3 Uji linier shrinkage

Menurut ASTM C20-00 (2010) uji fisik dilakukan untuk bahan refraktori. Uji fisik pada penelitian ini bertujuan mengetahui penyusutan (*linier shrinkage*) pada sampel uji setelah mengalami proses sintering atau pembakaran. Perhitungan nilai *linier shrinkage* digunakan berdasarkan ASTM C20-00(2010) dengan persamaan sebagai berikut:

$$L, m = [(L_m - L_s) / L_m] \quad (1)$$

L = linier shrinkage (m);

$L_m$  = panjang sampel sebelum sintering (m);

$L_s$  = Panjang sampel setelah sintering (m)

### 2.2.4 Uji Kuat Tekan

Pengujian dilakukan terhadap spesimen sebelum dan setelah proses sintering. Pengujian dilakukan pada Laboratorium ITK dengan instrument UTM Tensilon. Nilai dari uji kuat tekan dinyatakan dalam satuan konversi kN. Kemudian hasil yang didapatkan dikonversi dalam satuan Mpa.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Uji XRF

Pengujian XRF bertujuan untuk mengetahui komposisi dari material dengan menerapkan interaksi antara sinar-X dengan material analit. Pada material fly ash diuji untuk mengetahui tipe dari fly ash berdasarkan ASTM C-618 dari hasil pembakaran pada PLTU Teluk Balikpapan, serta mengetahui pengaruh jumlah presentase komposisi sehingga dapat dianalisa secara reaksi. Pada tabel 2 merupakan hasil dari uji XRF pada fly ash. Pada tabel 3 merupakan hasil dari uji XRF Fireclay TNC-17

Tabel 2 : Hasil Uji XRF dari *Fly Ash* PLTU Kaltim Teluk

Komponen	Peresentase (%)	Komponen	Presentase (%)
Al	21,048	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	39,76
Ca	12,919	CaO	18,09
Si	12,281	SiO <sub>2</sub>	26,31
Fe	3,214	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,57
Ti	1,690	TiO <sub>2</sub>	2,82
K	0,558	K <sub>2</sub> O	0,67
V	0,329	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,59
Cr	0,131	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,19
Ba	0,088	BaO	0,10
Sr	0,060	SrO	0,07
Zn	0,049	ZnO	0,06

Sumber : Olahan peneliti, 2020

Tabel 3: Hasil Uji XRF dari *Fireclay* TNC-17

Komponen	Presentase (%)	Komponen	Presentase (%)
Fe	18,006	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,72
Si	14,066	SiO <sub>2</sub>	30,14
Ca	8,996	CaO	12,60
Al	7,761	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,70
Mg	3,906	MgO	6,51
S	3,133	SO <sub>3</sub>	7,83
K	0,815	K <sub>2</sub> O	0,98
Ti	0,348	TiO <sub>2</sub>	0,58
Mn	0,288	MnO	0,37

Sumber : Olahan peneliti, 2020

Berdasarkan tabel 2, didapatkan nilai komposisi FA yaitu Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 39,76%, CaO 18,09%, SiO<sub>2</sub> 26,31%, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4,57%. Dari hasil uji tersebut didapatkan total nilai Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, SiO<sub>2</sub> dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> adalah 70,54%. Berdasarkan ASTM C-618 menunjukkan total kadar >50% serta kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, SiO<sub>2</sub> dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> >10% menunjukkan bahwa tipe FA yang digunakan tergolong tipe C. FA tipe C mempunyai sifat cementitious yang kuat dan pozzolan yang kurang. Sifat pozzolan yang kurang ini akan mengakibatkan penurunan kuat tekan pada specimen yang dihasilkan.

Dari hasil pengujian XRF pada fireclay TNC-17 pada tabel 3 menunjukkan bahwa fireclay tersebut memiliki komponen dominan yakni Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 25,72%, SiO<sub>2</sub> 30,14%, CaO 12,60%, dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

14,70%. Hasil tersebut menunjukkan perbedaan komponen antara FA dan fireclay, utamanya  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{SiO}_2$ , dimana FA mengandung lebih banyak  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , sedangkan fireclay mengandung lebih banyak  $\text{SiO}_2$ .

Adanya senyawa alumina dan silika mempengaruhi pembentukan senyawa mullite, yang merupakan bahan keramik berbasis silika dalam sistem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{SiO}_2$ . Mullite memiliki karakteristik tahan terhadap zat kimia yang tinggi, konduktivitas termal rendah, dan kestabilan termal tinggi sehingga dapat digunakan sebagai isolator panas suhu tinggi dan isolator listrik tegangan tinggi karena mempunyai resistansi tinggi (Anggono, 2005).

### 3.2 Uji Linier Shrinkage

Pengujian *linier shrinkage* dilakukan untuk mengetahui nilai penyusutan dari spesimen sebelum dan sesudah proses sintering. Didapatkan hasil dari pengujian *linier shrinkage* dapat dilihat pada tabel 4. Hasil menunjukkan bahwa tidak terjadi *shrinkage* yang signifikan pada spesimen setelah sintering

Tabel 4: Hasil Data Uji *Linier Shrinkage*

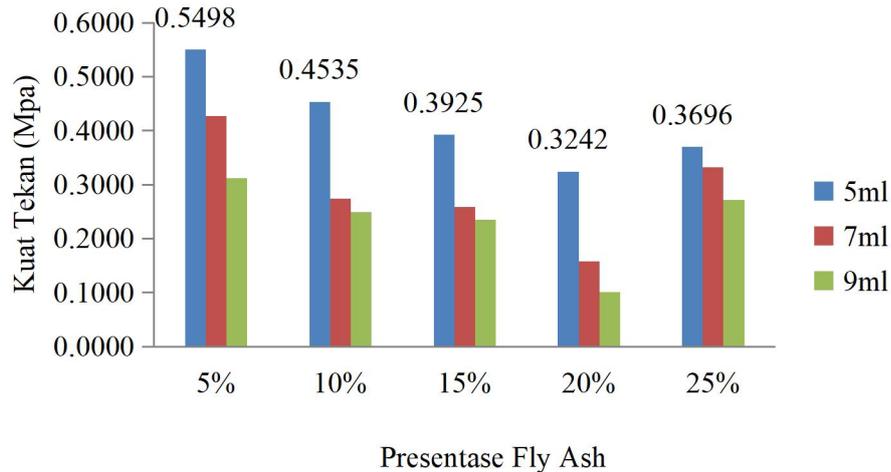
Presentase dari <i>fly ash</i>	Linier Shrinkage (%)		
	5ml	7ml	9ml
5%	2	2	2
10%	2	2	2
15%	1	1	1
20%	2	2	2
25%	2	2	2

Sumber : Olahan peneliti, 2020

Salah saktor faktor *shrinkage* batu bata tahan api dapat terjadi karena adanya *thermal shock* dan adanya pori pada sampel, sehingga apabila di sintering di dalam furnace pada suhu 1100°C pori-pori tersebut dapat mengecil dan mengurangi resiko mudah retak pada sampel batu bata tahan api. Pori terbentuk akibat adanya reaksi penguraian dari hidrogen peroksida  $\text{H}_2\text{O}_2$  yang memiliki ketidakstabilan secara termodinamika sehingga mudah terurai menjadi  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{O}_2$  dan menimbulkan pori pada material yang menyebabkan kenaikan kadar air.

### 3.3 Uji Kuat Tekan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan batu bata tahan api terhadap tekanan. Pengujian dilakukan di Lab UTM Institut Teknologi Kalimantan. Hasil dari pengujian kuat tekan dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut,



Gambar 1: Grafik Nilai Uji Kuat Tekan  
 Sumber : Olahan peneliti, 2020

Berdasarkan gambar 1 mengenai nilai kuat tekan dapat dilihat bahwa hasil kuat tekan masih masih belum memenuhi standar minimum bata berdasarkan SNI-S-04-1989-F kelas 25 sebesar  $2,5 \text{ N/mm}^2$ . Nilai presentase penambahan hidrogen peroksida  $\text{H}_2\text{O}_2$  sangat mempengaruhi nilai kuat tekan berdasarkan data dapat diamati bahwa semakin tinggi penambahan hidrogen peroksida menyebabkan penurunan nilai kuat tekan. Terutama pada penambahan 9 ml. Hal ini dikarenakan adanya porositas pada sampel (Astutik, 2014). Porositas pada sampel terbentuk akibat adanya reaksi dari hidrogen peroksida  $\text{H}_2\text{O}_2$ , serta pori yang terbentuk dari partikel air yang menguap dan meninggalkan pori dalam sampel (Syukur, 2015).

Nilai kuat tekan pada presentase 5ml hidrogen peroksida nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada presentase *fly ash* 5% kemudian semakin menurun dengan adanya penambahan *FA* hal ini diakibatkan oleh presentase *fireclay* yang semakin berkurang, menyebabkan berkurangnya nilai kuat tekan. Selain itu, *FA* type C yang digunakan memiliki sifat pozzolanic yang rendah. Pada komposisi *FA* 25%, memiliki mengalami peningkatan kuat tekan, hal ini dikarenakan binder campuran pada saat pembuatan lebih kering akibat jumlah *FA* yang semakin tinggi. *FA* memiliki sifat mudah menyerap air, karena ukuran partikel *fly ash* yang kecil sehingga molekul air lebih mudah terserap pada *fly ash* dibandingkan dengan molekul dari *fire clay*.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu *fly ash* PLTU Kaltim Teluk Balikpapan tergolong tipe C dengan sifat pozzolanic yang rendah. Spesimen yang dihasilkan tidak mengalami *shrinkage* yang signifikan setelah proses sintering. Jumlah *FA* yang digunakan berbanding terbalik dengan nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan terbaik terdapat pada presentase 5% sebesar 0,5498 Mpa dan nilai kuat tekan terendah pada presentase 20% sebesar 0,3242 Mpa.

#### REFERENSI

- [1] Adibroto, Fauna, Suhelmidawati, Etri, dan Zade, Azri Azhar Musaddiq. (2018), "Eksperimen Beton Mutu Tinggi Berbahan *Fly ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen", *JIRS*, Vol. 15, No. 1.
- [2] Anggono, Juliana. (2005), "Mullite Ceramics: Its Properties, Structure, and Synthesis", *Jurnal Teknik Mesin*, Vol 7, No.1, Hal 1-10.
- [3] Astutik, Puji Herma, Sholihin. (2014), "Kuat Tekan, Porositas dan Permeabilitas Previous Concrete dengan Campuran Agregat Limbah Gerabah", *e-jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol.2, No.1, Hal. 132-139.

- [4] ASTM C20-00.(2015),”Apparent Porosity, Water Absorption, Apparent Specific Gravity, and Bulk Dnesity of Burned Refractory Brick and Shapes by Boiling Water”, ASTM International.
- [5] Kusumastuti, Ella. (2012), “Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Merapi sebagai Geopolimer (Suatu Polimer Anorganik Aluminosilikat), Jurnal MIPA Universitas Negeri Semarang, Vol 1, No.11, Hal 45-56.
- [6] Kusumastuti, Ella. (2015), “Sintesis Geopolimer Berbusa Berbahan Dasar Abu Layang Batu Bara dengan Hidrogen Peroksida sebaai Foaming Agent”, Jurnal Sain dan Teknologi, Vol 13, No.1, Hal 17-28
- [7] Otero, J.Gonzalez. (2004), “Manufacture of Refractory Insulating Bricks using *Fly ash* and Clay”, British Ceramiic Transactions Journl, Vol 103, No.4, Hal 181-186.
- [8] Rini, I. D. W. S., Saputra, A. A. I., Gunawan, A., Sholikah, U., and Fansuri, H., 2018, “Utilization of Hazardous Waste *Fly ash* Coal from Kariangau Thermal Power Plant as Substitution of Portland Cement on Concrete”, Proceeding of 2nd Borneo International Conference on Applied Mathematics and Engineering (BICAME), November 10
- [9] Sari, April Lianita, Rusiyanto. (2019). “Pengaruh Thermal Shock Resistence dan Komposisi Bahan Refraktori terhadap Kekuatan Impact dan Struktur Makro”, Universitas Negeri Semarang, Semarang
- [10] Setiabudi, Agus, Rifan Hardian, Ahmad Muzakir. (2012), “Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia”, UPI PRESS, Bandung.
- [11] Sukkae, Rinyapat. (2018), “Utilization of coal *fly ash* as a raw material for refractory production”, Journal of metal materials and mineral, Thailand.
- [12] Suyatna, Riki Gana. (2016), “Dasar-dasar Teori Refraktori”, Alumat Untirta, Cilegon.
- [13] Syukur, Moh. (2015), “Sintesis dan Karakterisais Foamy Geopolimer Berbahan Dasar Abu Layang Batu Bara”, Indonesian Journal of Chemical Science, Vol 4, No.3, Hal 189-191
- [14] Ugheoke, Benjamin Iyenagbe, dkk. (2006), “Property Optimization of Kaolin – Rice Husk Insulating Fire – Bricks”, Leonardo Electronic Journal of Practies and Technologies, Vol.9, Hal. 167-178