



## Penggunaan Metode Taguchi untuk Menentukan Kondisi Parameter Optimum Pada Pembuatan CaO dari Batu Kapur ( $\text{CaCO}_3$ )

Lilik Widia<sup>1a</sup>, Roniyus Marjunus<sup>1b</sup>, dan Sudiby<sup>2c</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

<sup>2</sup> BPTM-LIPI, Tanjung Bintang, Lampung, Indonesia, 35361

### Article Information

#### Article history:

Received February 14th, 2021

Received in revised form February 17th, 2021

Accepted February 21th, 2021

**Keywords:** Limestone ( $\text{CaCO}_3$ ), calcium oxide (CaO), liquid lime, Taguchi, optimum conditions

### Abstract

Research has been carried out to determine the optimum conditions for making quicklime (CaO) using the Taguchi Method. CaO is the burning result of limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) in calcination process by releasing of  $\text{CO}_2$  gas until CaO solids occur. The limestone was calcined at  $950^\circ\text{C}$ . The Taguchi Method is a quality improvement technique with the selection of the most influential parameters of the making of process CaO. The parameters are particle size, CaO mass, heating temperature and stirring time. The XRF results show that the levels of CaO after the Taguchi Method design has increased from 98.779% to 98.814%. The XRD results show that the CaO phase is amorphous. The phase which were formed by calcination are Lime (CaO), Quartz ( $\text{SiO}_2$ ) and Hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Based on the SEM results, the morphology of  $\text{CaCO}_3$  has an irregular particle size and tends to be a granular solid due to the presence of impurity. Meanwhile, the results of the EDS analysis show that the content of Calcium (Ca) is quite high. From the design results of the Taguchi Method, the optimum conditions is obtained at a particle size of 140 mesh, 75 gr CaO mass, heating temperature  $70^\circ\text{C}$  and stirring time 0,5 hour.

### Informasi Artikel

#### Proses artikel:

Diterima 14 Februari 2021

Diterima dan direvisi dari 17 Februari 2021

Accepted 21 Februari 2021

#### Kata kunci:

Batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ), kapur tohor (CaO), Taguchi, kondisi optimum

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui kondisi optimum pembuatan kapur tohor (CaO) menggunakan aplikasi Metode Taguchi. CaO merupakan hasil pembakaran batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) pada saat terjadinya proses kalsinasi dengan adanya pelepasan gas  $\text{CO}_2$  hingga terjadi padatan CaO. Batu kapur dikalsinasi pada suhu  $950^\circ\text{C}$ . Metode Taguchi adalah teknik perbaikan kualitas dengan pemilihan parameter yang paling berpengaruh pada proses pembuatan CaO. Parameter yang digunakan terdiri dari ukuran partikel, massa CaO, suhu pemanasan dan waktu pengadukan. Adapun hasil XRF menunjukkan bahwa kadar CaO yang dihasilkan setelah dilakukan perancangan Metode Taguchi mengalami kenaikan dari 98,779% menjadi 98,814%. Adapun hasil XRD menunjukkan fase CaO yang terbentuk yaitu amorphous. Fase yang terbentuk dari hasil kalsinasi yaitu Lime (CaO), Quartz ( $\text{SiO}_2$ ) dan Hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Berdasarkan hasil analisis SEM, morfologi  $\text{CaCO}_3$  memiliki ukuran partikel tidak beraturan dan cenderung berbentuk padatan granular disebabkan adanya unsur pengotor. Sedangkan untuk hasil analisis EDS diperoleh kandungan kalsium (Ca) yang cukup tinggi. Dari hasil perancangan Metode Taguchi diperoleh kondisi optimum terdapat pada ukuran partikel 140 mesh, massa CaO 75 g, suhu pemanasan  $70^\circ\text{C}$  dan waktu pengadukan 0,5 jam.

### 1. Pendahuluan

Menurut Badan Pusat Statistik (2019) banyaknya usaha rumahan atau perusahaan penggalian batu kapur berjumlah 3472 unit usaha galian yang memproduksi batu kapur sebesar  $27.695.416 \text{ m}^3$ . Batu kapur merupakan bahan baku utama pembuatan kapur tohor (CaO) atau kapur yang sudah tidak memiliki kandungan  $\text{CO}_2$  akibat ---

\* Corresponding author.

E-mail address: (a) lilikwidia11@gmail.com, (b) roniyus.1977@fmipa.unila.ac.id, (c) sudiby@lipi.go.id

dari proses kalsinasi batu kapur, yang sebagian besar komposisinya adalah kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) (Amin dan Kurniasih, 2016).  $\text{CaO}$  merupakan produk pertama yang dihasilkan setelah proses kalsinasi. Produk kedua yang diharapkan pada proses lanjutan penelitian ini adalah kapur padam atau kapur tohor ( $\text{CaO}$ ) yang telah dicampur dengan air yang kemudian akan diolah menjadi kapur cair ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) atau susu kapur (Aziz, 2010).

Kondisi optimum yang diharapkan adalah keseragaman tingkat kehalusan batu kapur dan menghilangkan zat-zat pengotor yang melebur bersamaan dengan  $\text{CaO}$  pada saat proses kalsinasi (Laksono dan Soleh, 2004). Usaha yang dilakukan pada penelitian ini untuk mendapatkan kondisi optimum adalah dengan menerapkan Metode Taguchi. Metode Taguchi adalah metode teknik untuk merekayasa atau memperbaiki produktivitas selama penelitian dan pengembangan supaya produk-produk berkualitas tinggi dapat dihasilkan dengan cepat dan dengan biaya rendah (Wahjudi, 2001).

Parameter yang digunakan terdiri dari ukuran partikel, massa  $\text{CaO}$ , suhu pemanasan dan waktu pengadukan. Data dari massa  $\text{CaO}$  hasil pengendapan dan pengeringan akan diolah menggunakan Metode Taguchi *larger the better* untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh pada nilai *S/N Ratio*. Tahap akhir dari seluruh proses adalah analisis karakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui fasa dan struktur kristal yang terbentuk, XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui senyawa dan unsur yang terbentuk pada sampel serbuk  $\text{CaO}$  serta SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui morfologi permukaan serbuk kapur tohor ( $\text{CaO}$ ).

## 1. Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari proses kalsinasi batu kapur dan rancangan Metode Taguchi. Kemudian melakukan pengujian dan pengambilan data untuk mengetahui tingkat keberhasilan yang yang didapatkan.

### 1.1 Kalsinasi Batu kapur

Batu kapur yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Desa Batu Puru Kecamatan Natar. Preparasi sampel dilakukan dengan menggiling batu kapur menggunakan *jaw crusher* untuk dihancurkan menjadi bongkahan kecil. Batu kapur yang telah dihancurkan ditumbuk menggunakan mortar supaya menjadi serbuk halus dengan ukuran partikel 400 mesh. Serbuk batu kapur kemudian dianalisis menggunakan XRF dan XRD. Pada Penelitian ini dilakukan proses kalsinasi menggunakan tungku *klin* (tungku pembakar) dengan bahan bakar batu bara. Proses kalsinasi dilakukan pada suhu  $950^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Proses perubahan dari batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) menjadi kapur tohor ( $\text{CaO}$ ) menurut reaksi tertulis pada persamaan (1) (Boynton, 1999):



Selanjutnya, pendinginan dilakukan dengan dibiarkan di dalam tungku dan diambil pada keesokan harinya. Tahap berikutnya dilakukan analisis terhadap produk kapur tohor yang dihasilkan untuk mengetahui tingkat perolehan  $\text{CaO}$  dengan menggunakan XRF dan XRD.

### 1.2 Rancangan Metode Taguchi

Rancangan eksperimen Metode Taguchi dilakukan setelah mendapatkan kapur tohor ( $\text{CaO}$ ) yang telah digiling menggunakan *ball mill*. Rancangan dilakukan menggunakan 4 parameter dan 4 level, yaitu:

1. Variasi ukuran partikel menggunakan ayakan lolos 80 mesh, 140 mesh, 230 mesh dan 400 mesh.
2. Variasi massa  $\text{CaO}$  yang digunakan per 250 ml air 25g, 50g, 75g dan 100g.
3. Variasi suhu menggunakan  $30^\circ\text{C}$ ,  $50^\circ\text{C}$ ,  $70^\circ\text{C}$  dan  $100^\circ\text{C}$ .
4. Variasi waktu pengadukan menggunakan 0,5 jam, 1 jam, 1,5 jam dan 2 jam.

Penelitian dilakukan secara berurutan berdasarkan rancangan Metode Taguchi sebanyak 16 kali eksperimen. Pada setiap sampel dilakukan pengadukan menggunakan *rotary splitter* dengan kecepatan 500 rpm dan *hotplate* yang digunakan sebagai pemanas yang secara teratur diukur suhunya untuk memastikan suhu tetap stabil menggunakan termometer. Proses ini menghasilkan kapur cair ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) seperti reaksi yang dapat dilihat pada persamaan (2) (Boynton, 1999):



Tahap selanjutnya, sampel didiamkan selama 2 jam, tujuannya supaya terjadi pemisahan antara cairan dan endapan. Cairan pada bagian paling atas dikeringkan sebanyak 50 ml dan dilakukan analisis data menggunakan *software MiniTab* untuk mencari nilai *S/N Ratio* dengan menggunakan Metode Taguchi *larger the better*.

Pengolahan data bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum yang akan dilakukan sebagai eksperimen konfirmasi nilai terbaik. Tahap terakhir, analisis menggunakan XRF, XRD dan SEM-EDS.

## 2. Hasil Dan Pembahasan

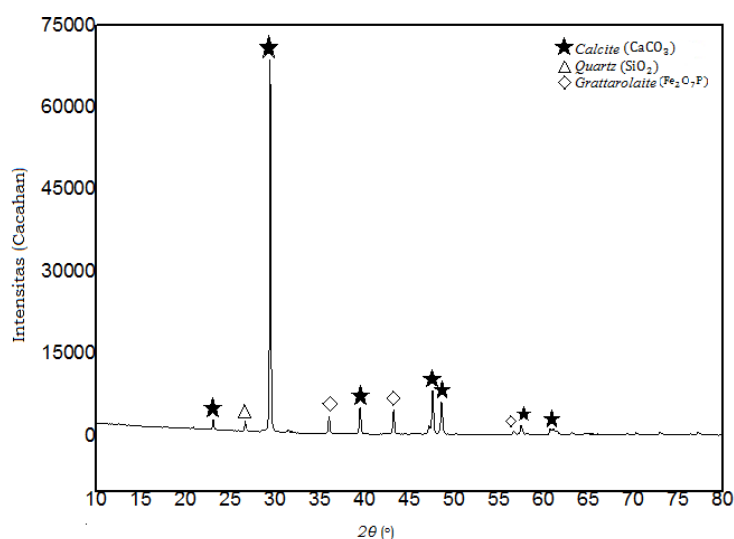
### 3.1 Hasil Analisis Serbuk Batu Kapur ( $\text{CaCO}_3$ )

Hasil analisis serbuk batu kapur menggunakan XRF ditunjukkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Hasil pengujian XRF bubuk batu kapur

No.	Senyawa	Syarat SII.1279-85 (%)	Persentase (%)
1	CaO	Minimum 54,00	91,108
2	SiO <sub>2</sub>	Maksimum 2,00	3,406
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Maksimum 0,30	2,638
4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	1,566
5	MgO	-	0,406

Berdasarkan **Tabel 1** serbuk batu kapur memiliki kandungan senyawa oksida tertinggi berturut-turut yaitu, CaO sebesar 91,108 %, Kandungan kalsium pada batu kapur adalah unsur yang mendominasi dan memiliki peranan penting di dalam proses kalsinasi batu kapur menjadi kapur tohor. SiO<sub>2</sub> sebesar 3,406 %, senyawa ini melebihi batas maksimum dari standar produksi karena fungsi dari SiO<sub>2</sub> adalah menyerap air dan batu kapur yang digunakan cukup basah sehingga serbuk yang dihasilkan cukup padat. MgO sebesar 0,406 %. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 1,566 %. Terakhir Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 2,638 %, senyawa ini memiliki persentase melebihi batas maksimum karena batu kapur yang digunakan berwarna kecoklatan. Hasil analisis pola difraktogram serbuk batu kapur ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Pola difraktogram XRD serbuk batu kapur sebelum dilakukan kalsinasi.

Gambar 1 menunjukkan bahwa karakteristik sampel bubuk batu kapur berstruktur (kristalin) yang didominasi oleh puncak dari fasa-fasa antara lain yaitu *Calcite* ( $\text{CaCO}_3$ ), *Quartz* ( $\text{SiO}_2$ ) serta *Grattarolaite* ( $\text{Fe}_2\text{O}_7\text{P}$ ).

#### 4.2 Hasil Analisis Kapur Tohor (CaO)

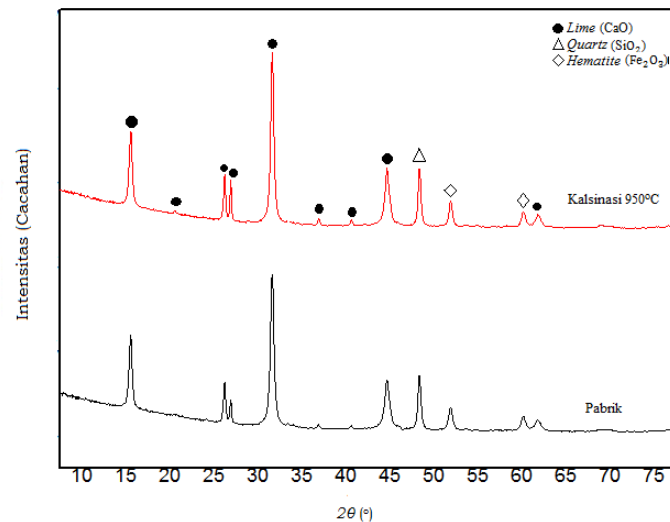
Hasil analisis XRF serbuk kapur tohor ditunjukkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 2.** Hasil analisis XRF kapur tohor (CaO) dari pabrik dan hasil kalsinasi

No.	Senyawa	Persentase (%)	
		Pabrik	Kalsinasi
1	CaO	99,081	98,779
2	SiO <sub>2</sub>	-	0,350
3	MgO	0,189	0,299
4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,230	0,348
5	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,344	0,122

Berdasarkan **Tabel 2** Sampel bubuk kapur tohor (CaO) yang telah dikalsinasi pada suhu 950 °C selama 5 jam memiliki kandungan CaO yang tinggi yaitu sebesar 98,779% dan memenuhi syarat memiliki kualitas yang baik dengan persentase CaO 85-90 % dan memiliki kandungan oksida, besi, aluminium dan magnesium dibawah 2 % (Soejardi, 1972). Hal ini dikarenakan pada suhu 950 °C terjadi keseimbangan ideal antara suhu dan waktu kalsinasi, sehingga kapur tohor (CaO) yang dihasilkan berwarna putih.

Hasil analisis pola difraktogram serbuk kapur tohor dari pabrik dan hasil kalsinasi ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pola difraktogram XRD Serbuk CaO dari pabrik dan hasil kalsinasi 950°C.

Gambar 2 menunjukkan bahwa dari kedua hasil karakterisasi XRD pada sampel diperoleh bahwa puncak tertinggi pada kapur tohor adalah fase *Lime* (CaO) diikuti oleh fase *Quartz* (SiO<sub>2</sub>) dan *Hematite* (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Sampel pabrik memiliki nilai sedikit lebih bagus dari sampel kalsinasi. Kekurangan dari sampel kalsinasi ini bisa dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu batu kapur yang digunakan berbeda dengan pabrik, dan masih banyak mengandung Fe. Semakin tinggi kandungan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada batu kapur maka akan semakin coklat warna kapur tohor (CaO) yang dihasilkan, sedangkan yang diinginkan adalah berwarna putih (Amin dan Kurniasih, 2016).

#### 4.3 Hasil Analisis Sampel Pada Kondisi Optimum

Penelitian ini menggunakan metode *leaching* untuk membersihkan kapur tohor (CaO) dari unsur pengotor (SiO<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dengan air sebanyak 250 ml sebagai pelarutnya. Sampel CaO kemudian diendapkan dan dikeringkan. Adapun hasil percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Desain eksperimen Metode Taguchi dan hasil percobaan

Desain Eksperimen Taguchi					Hasil Eksperimen	
No. Run	Ukuran Partikel (mesh)	CaO (g)/250 ml air	Suhu (°C)	Waktu (jam)	CaO Terlarut (g)	SNR (dB)
1	80	25	30	0.5	0,0500	-26,0206
2	80	50	50	1	0,2000	-13,9794
3	80	75	70	1.5	3,0900	9,7992
4	80	100	100	2	0,0001	-80
5	140	25	50	1.5	2,29	7,1967
6	140	50	30	2	0,44	-7,1309
7	140	75	100	0.5	1,23	1,7981
8	140	100	70	1	3,4	10,6296
9	230	25	70	2	2,53	8,0624
10	230	50	100	1.5	0,0001	-80
11	230	75	30	1	6,68	16,4955
12	230	100	50	0.5	10,38	20,3239
13	400	25	100	1	0,0001	-80
14	400	50	70	0.5	8,68	18,7704
15	400	75	50	2	14,04	22,9473
16	400	100	30	1.5	14,19	23,1006

Berdasarkan **Tabel 3** diperoleh bahwa pada 16 kali percobaan ada 3 sampel yang tidak menghasilkan kapur cair, yaitu pada sampel 4, 10 dan 13. Hal ini dikarenakan sampel yang di *leaching* tidak menghasilkan banyak cairan atau hampir kering. Sedangkan untuk sampel dengan perolehan CaO endapan terbanyak yaitu pada sampel 15 dan 16. Hal ini dikarenakan ukuran butiran partikel yang digunakan adalah 400 mesh yang merupakan ukuran butiran terhalus pada penelitian ini. Endapan yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan kebanyakan sampel.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Signal to Noise (S/N) Ratio* berdasarkan mode *large the better* dari Analisa Taguchi (Amri, 2008). Hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Tabel respon untuk *signal to noise ratio large the better*

Level	S/N Ratio CaO Terlarut							
	Ukuran Butir (Mesh)	SNR (dB)	CaO (g)/ 250 ml air	SNR (dB)	Waktu (Jam)	SNR (dB)	Suhu (°)	SNR (dB)
1	80	-27,550	25	-22,690	0,5	3,718	30	1,611
2	140	3,123	50	-20,585	1	-16,714	50	9,122
3	230	-8,780	75	12,760	1,5	-9,976	70	11,815
4	400	-3,795	100	-6,486	2	-14,030	100	-59,550
Delta		30,674		35,450		20,432		71,366
Rank		3		2		4		1

Berdasarkan **Tabel 4.** dapat disimpulkan bahwa parameter yang paling mempengaruhi proses *leaching* untuk mendapatkan CaO terbaik adalah suhu pemanasan yang menempati Rank ke-1 pada 70°C dengan nilai sebesar 11,815. Hal ini berarti semakin tinggi suhu pemanasan maka semakin baik proses *leaching* karena serbuk CaO yang dilarutkan akan mengalami pemanasan lebih cepat dan terjadi pemecahan ukuran butiran partikel menjadi lebih halus. Namun, untuk suhu 90°C hal ini tidak dianjurkan karena kapur cair akan mengering dan meninggalkan gumpalan endapan yang kasar dengan sangat sedikit kapur cair yang dihasilkan.

Parameter berikutnya yang paling berpengaruh adalah massa CaO yang menempati Rank ke-2 pada 75 g dengan nilai *S/N Ratio* sebesar 12,760 yang berarti bahwa semakin banyak CaO yang dilarutkan pada air akan semakin banyak CaO halus yang akan dihasilkan pada proses pengendapan. Namun, jika terlalu banyak penambahan CaO saat proses *leaching* maka proses pengadukannya akan berjalan tidak optimal, karena serbuk CaO yang diaduk akan menumpuk dan menghasilkan butiran baru dengan ukuran yang lebih besar.

Parameter selanjutnya adalah variasi ukuran butir di Rank ke-3 pada mesh 140 dengan nilai *S/N Ratio* sebesar 3,123. Hal ini dikarenakan pada ukuran butiran 80 banyak dari CaO yang tidak ikut terlarut secara optimal pada proses *leaching*. Sedangkan untuk ukuran butiran 200 mesh dan 400 mesh banyak kotoran-kotoran yang masih ikut terlarut dan mengendap karena ukurannya yang sangat kecil sehingga sulit untuk dipisahkan..

Parameter terakhir adalah waktu pengadukan di Rank ke-4 pada 0,5 jam dengan nilai *S/N Ratio* sebesar 3,718. Hal ini menunjukkan semakin lama waktu pemanasan yang dilakukan maka kapur cair yang dihasilkan akan semakin mengering karena terus terjadi penguapan, sedangkan endapan akan menggumpal dibagian bawah.

#### 4.4 Eksperimen Konfirmasi

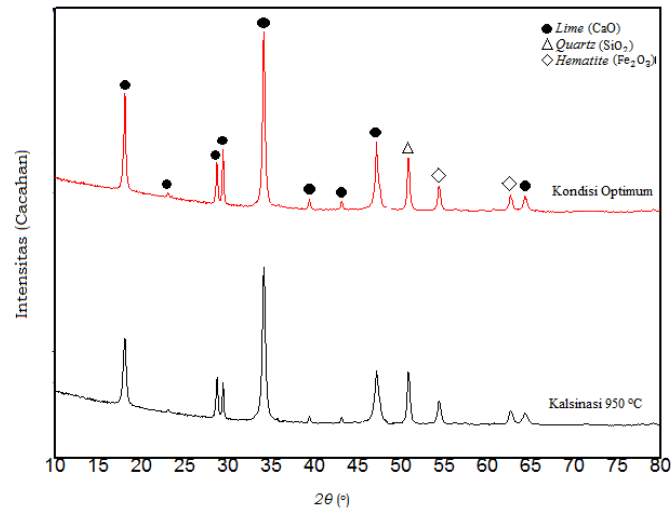
Berdasarkan pada hasil analisis respons nilai *S/N Ratio* dapat disimpulkan bahwa percobaan terbaik dilakukan pada ukuran butiran butiran partikel 140 mesh, dengan massa CaO 75 g, pada suhu 70°C dan waktu pengadukan selama 0,5 jam. Percobaan ini kemudian akan diteliti dan diperoleh hasil analisis untuk kondisi optimum pada pembuatan kapur tohor atau kapur cair. Hasil pengujian serbuk sampel kapur tohor (CaO) pada kondisi optimum ditunjukkan pada **Tabel 5.**

**Tabel 5.** Analisis XRF serbuk CaO setelah Analisis Taguchi

No.	Kalsinasi		Kondisi Optimum
	Senyawa	Persentase (%)	Persentase awal (%)
1	CaO	98,779	98,814
2	SiO <sub>2</sub>	0,350	0,190
3	MgO	0,299	0,210
4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,348	0,260
5	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,122	0,350

Berdasarkan **Tabel 5** diperoleh bahwa setelah dilakukan eksperimen perbaikan kualitas menggunakan Metode Taguchi. Kondisi optimum CaO mengalami sedikit kenaikan sebesar 0,035%. Selain itu juga terjadi penurunan kandungan senyawa pengotor seperti SiO<sub>2</sub> sebesar 0,160%, senyawa MgO sebesar 0,089 % serta senyawa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 0,088 %. Namun penurunan justru tidak terjadi pada senyawa Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, senyawa ini justru mengalami kenaikan sebesar 0,228 %. Kandungan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sangat berpengaruh pada tingkat warna yang dihasilkan pada produk kapur tohor (CaO). Semakin tinggi kandungan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada batu kapur maka akan semakin coklat warna kapur tohor (CaO) yang dihasilkan.

Hasil analisis pola difaktogram sampel serbuk kapur tohor pada kondisi optimum ditunjukkan pada Gambar 3.

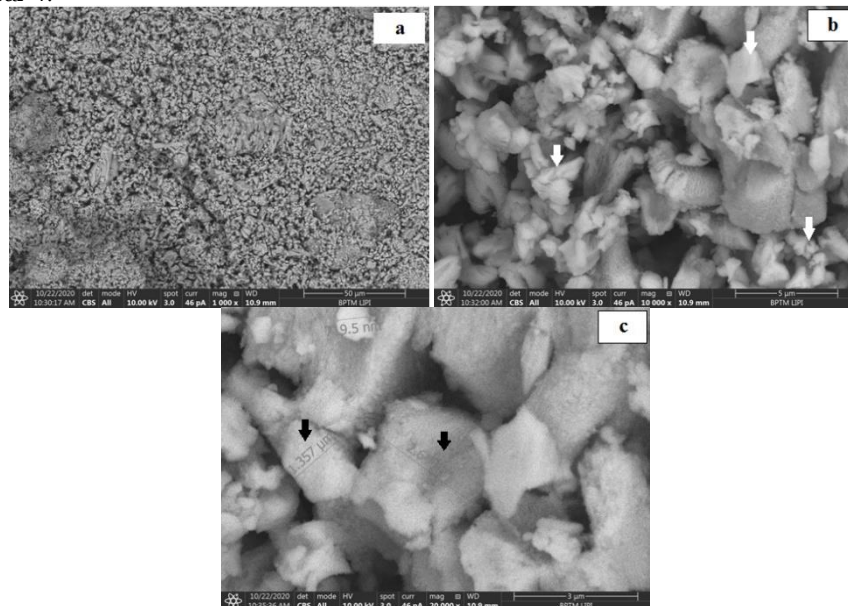


**Gambar 3.** Pola difraktogram XRD sampel serbuk CaO pada kalsinasi dan kondisi optimum.

Gambar 3 menunjukkan bahwa karakteristik sampel serbuk CaO berstruktur (kristalin) yang didominasi oleh *Lime* (CaO), *Quartz* (SiO<sub>2</sub>) dan *Hematite* (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Dari kedua hasil karakterisasi XRD pada sampel diperoleh bahwa puncak tertinggi pada kapur tohor adalah fasa *Lime* (CaO) yang terdapat pada sampel kondisi optimum. Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa sampel pada kondisi optimum memiliki nilai lebih bagus dari sampel kalsinasi.

#### 4.5 Analisis SEM-EDS

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan, bentuk material dan juga ukuran dari hasil pengolahan kapur tohor (CaO) menggunakan Metode Taguchi. Sampel yang dikarakterisasi akan dilihat bentuk permukaannya pada perbesaran 1.000 kali, 10.000 kali dan 20.000 kali. Hasil analisa SEM disajikan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** (a) Morfologi CaO dengan perbesaran 1.000 kali, (b) Morfologi CaO dengan perbesaran 10.000 kali dan (c) Morfologi CaO dengan perbesaran 20.000 kali.

Gambar 4 menunjukkan morfologi CaO pada Gambar (4a) dengan perbesaran 1.000 kali memperlihatkan adanya aglomerasi atau penumpukan partikel menjadi satu. Selain itu, terdapat beberapa sampel yang tidak sama besar dan cenderung berbentuk padatan granular atau keadaan ketika suatu materi padat dan statis. Pada Gambar (4b) dengan perbesaran 10.000 kali dapat terlihat ukuran butiran yang lebih besar dan berongga, serta mengalami oksidasi pada bagian butiran tertentu. Pada Gambar (4c) dengan perbesaran 20.000 kali terlihat kandungan unsur karbon, oksigen dan kalsium. Butiran memiliki ukuran kurang lebih 2,644 μm dan 1,357 μm terlihat seperti busa yang mengering akibat adanya oksidasi karbonat menjadi oksida. Morfologi pada CaO tampak demikian karena adanya kemunculan fase baru yakni *lime* (CaO).

Selanjutnya dengan menggunakan fasilitas *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) diketahui komposisi elemental dan oksida dari CaO pada sampel. Komposisi elemen dan oksida dari CaO disajikan pada **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Komposisi elemen dan oksida hasil analisis spektrum EDS sampel CaO menggunakan Metode Taguchi

Elemen	At.No.	Netto	Mass (%)	Mass Norm (%)	Atom (%)	Abs. error (%) (1 sigma)	rel. Error (1 sigma)
Carbon	6	452	1,83	1,87	3,75	0,64	34,75
Oxygen	8	5037	40,40	41,18	62,01	6,43	15,93
Calcium	20	11910	55,88	56,95	34,24	2,01	3,60
		Sum	98,11	100	100		

Pada **Tabel 6** terlihat bahwa kandungan tertinggi yakni kalsium (Ca) sebesar 56,95 % sebagai elemen penyusun utama CaO. Pada sampel juga terdapat elemen-elemen lain yakni Oksigen (O) sebanyak 41,18 % dan Karbon (C) sebesar 1,87 %.

## 2. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum yang diperoleh dari hasil pengolahan data menggunakan Metode Taguchi terdapat pada ukuran butiran butiran partikel 140 mesh, dengan massa CaO 75 g, pada suhu 70°C dan waktu pengadukan selama 0,5 jam. Analisis XRD menunjukkan bahwa karakteristik yang terbentuk adalah berstruktur kristalin dengan fase tertingginya adalah *lime* (CaO). Analisis SEM-EDS menunjukkan morfologi  $\text{Ca}(\text{CO}_3)$  memiliki partikel-partikel dengan ukuran yang tidak merata dikarenakan adanya fase pengotor dan akibat terdekomposisinya sampel membentuk CaO. Selain itu, elemen yang terkandung terdiri dari kalsium (Ca), oksigen (O) dan karbon (C). Analisis XRF menunjukkan bahwa terjadi kenaikan kualitas dari CaO pada kondisi optimum sebesar sebesar 0,035 % dari CaO hasil kalsinasi.

## 5. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BPTM-LIPI Tanjung Bintang yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

## 6. Daftar Pustaka

- Amin, M., Kurniasih, A. 2016. Pengaruh Ukuran dan Waktu Kalsinasi Batu Kapur Terhadap Tingkat Perolehan Kadar CaO. *Prosiding Seminar Nasional Sains Matematika Informatika dan Aplikasi IV*. Universitas Lampung. Vol, 4. Buku 1. ISSN: 2086-2342. Hal. 74-82.
- Andesta, D. 2018. Continues Proses Improvement dengan Six Sigma Pada Proses Produksi CaO. *Jurnal Teknik Industri*. Vol. 7. NO. 2. ISSN: 2621-8933. Hal. 39-53.
- Aziz, M. 2010. Batu Kapur dan Peningkatan Nilai Tambah Serta Spesifikasi Untuk Industri. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. Vol. 6. No. 3. Hal. 116-131.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Statistik Pertambangan Bahan Galian Indonesia*. Jakarta. BPS-Statistic Indonesia. Jakarta. 62 hal.
- Boynton, S. R. 1999. *Chemistry and Technology of lime and Limestone 2nd*. John Willey and Sons, Inc. United State.
- Leksono, B. E., Sholeh, M. 2004. Aplikasi Robst Design untuk Meningkatkan Kualitas Batu Kapur Olahan di Sentra Industri Batu Kapur Kec. Manyar-Gresiki. *Prosiding Seminar Peran Teknologi dalam Transformasi Budaya Manusia*. Universitas Teknologi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Leksono B. E. 2007. Peningkatan dan penyeragaman Kualitas batu Kapur Olahan dengan Aplikasi Rancangan Kokoh Taguchi. *Jurnal teknik Industri*. Vol. 8. No. 2. Hal. 166-171.
- Noviyanti., Jasruddin dan Sujiono, E. H. 2015. Karakterisasi kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dari Batu KapurKelurahan Tellu Limpo Kecamatan Suppa. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. No. 2. Hal. 169-172.
- Soetopo Edi, W., Bhakti P. 1977. *Ilmu bahan bangunan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Soejardi. 1972. *Pengetahuan Laboratorium: Bahan-bahan Pembantu untuk Pabrik Gula*. LPP Yogyakarta. Yogyakarta.