

# Pengaruh Suhu dan Waktu Sintering terhadap Sifat Bahan Porselen untuk Bahan Elektrolit Padat (Komponen Elektronik)

RAMLAN DAN AKHMAD AMINUDDIN BAMA

Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia

**INTISARI:** Telah diteliti pengaruh suhu sintering terhadap sifat fisis maupun sifat listrik bahan keramik porselen. Proses sintering dilakukan untuk memperkecil atau menghilangkan pori dalam bahan padat sehingga bahan lebih mampat. Bahan porselen dibuat dari bahan dasar kaolin [ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ], feldspar [ $\text{K}/\text{Na}/\text{Ca}/\text{BaAlSi}_3\text{O}_8$ ], dan quartz [ $\text{SiO}_2$ ] melalui proses reaksi padatan dengan variasi suhu sintering, kemudian sifat fisis dan sifat listriknya dikarakterisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu sintering sangat mempengaruhi sifat bahan. Kenaikan suhu sintering memberikan nilai densitas antara 2,3 - 2,5  $\text{gram}/\text{cm}^3$ , kuat patah 180 - 659  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , kuat tembus 6 - 12  $\text{kV}/\text{mm}$ ; porositasnya menurun 7,6 - 0,35%. Berdasarkan hasil pengujian kuat tembus dan resistivitas listriknya, bahan porselen yang dibuat dapat diaplikasikan sebagai bahan isolator listrik tegangan menengah.

**KATA KUNCI:** suhu sintering, keramik porselen, bahan isolator

**ABSTRACT:** We have investigated the influence of sintering temperature on physical and electrical properties of porcelain ceramic materials. Sintering process undertaken to minimize or eliminate the pores in the porous solid material so that the material is more compressible. The material porcelain is made from basic materials kaolin [ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ], feldspar [ $\text{K}/\text{Na}/\text{Ca}/\text{BaAlSi}_3\text{O}_8$ ], and quartz [ $\text{SiO}_2$ ] through the process of reaction sintering of solids with temperature variations, then the nature of physical and electrical properties characterized. The results showed that the sintering temperature greatly affects the properties of materials. Sintering temperature gives rise density value between 2.3 to 2.5  $\text{g}/\text{cm}^3$ , strongly fractured 180-659  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , strongly translucent 6 - 12  $\text{kV}/\text{mm}$ ; porosity decreased 7.6 - 0.35%. Based on the results of testing the electrical resistivity of solid and translucent, porcelain material that can be applied as medium voltage electrical insulator material.

**KEYWORDS:** sintering temperature, porcelain ceramic, insulator material

E-MAIL: akhmadbama@yahoo.com

Juli 2011

## 1 PENDAHULUAN

Dalam tahapan pembuatan bahan keramik, proses pembakaran merupakan proses yang sangat menentukan sifat bahan. Suhu pembakaran ditentukan oleh bahan dasar yang dipakai dan fungsi bahan yang ingin dibuat. Bahan dasar yang dipakai dapat digolongkan sebagai bahan teknis yang rendah kemurniannya, atau bahan p.a. (proanalysis) yang tinggi kemurniannya. Bahan dasar dapat juga berupa bahan oksidanya atau bahan karbonatnya, sulfidanya, hidratnya, atau yang masih mengandung air kristal. Dengan proses pembakaran, berbagai bahan yang tidak perlu diharapkan dapat hilang, agar bahan dengan komposisi dan sifat tertentu yang diinginkan terbentuk. Agar proses pembakaran efektif dan efisien, perlu dilakukan analisis termal pada campuran bahan dasar. Data analisis termal akan memberikan kurva yang memperlihatkan penyusutan berat serta reaksi yang terjadi

saat campuran bahan dasar dinaikkan suhunya.

Analisis termal suatu bahan dasar dapat dilakukan menggunakan *differential thermal analysis* (DTA) dengan analisis *thermal gravimetry*-nya (TG). Dari hasil analisis DTA-TG dapat dibuat kurva pembakaran untuk proses perlakuan panas agar bahan yang diinginkan terbentuk.

Suatu bahan tertentu dapat terbentuk pada suhu lebih rendah dari titik meltingnya, hanya saja kemampuan bahan tersebut belum tentu sesuai dengan yang diharapkan. Artinya suatu bahan dapat dibuat pada batasan suhu tertentu, sehingga dapat dipilih suhu terendah sedemikian rupa bahan yang diinginkan terjadi. Meskipun demikian, kepadatan atau densitas bahan yang dibuat belum tentu sama dengan bahan yang diinginkan. Oleh karena itu perlu proses sintering untuk lebih memampatkan bahan.

Dalam makalah ini dipaparkan hasil penelitian pe-

ngaruh suhu sintering terhadap sifat fisis dan sifat listrik bahan porselen.

## 2 METODA DAN BAHAN

### 2.1 Sintering

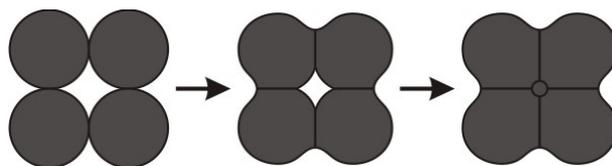
Keramik adalah bahan yang dibuat melalui pembakaran suhu tinggi. Oleh karena itu pembakaran atau perlakuan panas adalah proses utama di dalam pembuatan bahan keramik. Dalam tahap perlakuan panas, terjadi peristiwa kimia antara lain: pengeringan, peruraian bahan organik, penguapan air kristal, oksidasi logam transisi, peruraian karbonat, sulfat, aditif dan lainnya. Di dalam bahan kaolin misalnya, air kristal keluar pada suhu antara 450 - 700°C, dehidrasi pada bahan aluminium hidrat pada suhu antara 320 - 560°C, pada talc terjadi antara 900 - 1000°C. Dekomposisi bahan magnesium karbonat pada 700°C, dolomite pada 830 - 920°C, magnesium sulfat pada 970°C, sedangkan kalsium sulfat pada 1050°C. Oksidasi bahan organik yang halus umumnya terjadi pada 200 - 700°C, tetapi partikel karbon yang kasar terjadi pada 1000°C. Bersamaan dengan terjadinya reaksi kimia, terjadi pula perubahan fisis yaitu yang disebut sintering.

Perubahan struktur mikro terjadi melalui beberapa tahapan. Pertama, perataan permukaan partikel, pembentukan *grain boundary* (batas butir) melalui pertumbuhan leher antar partikel, gerakan di antara partikel dalam pori terbuka, difusi dan penurunan porositas. Ke-dua, penyusutan pori antara *grain boundary*, porositas menurun lebih banyak, perlahan-lahan grain tumbuh. Terakhir, pori-pori menutup, mengecil dan posisinya terselip di antara *grain boundary* [1,2].

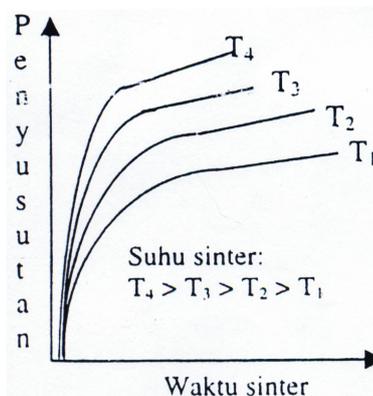
Sintering adalah proses penggabungan partikel-partikel serbuk melalui peristiwa difusi pada saat suhu meningkat [3]. Pada dasarnya sintering adalah peristiwa penghilangan pori-pori antara partikel bahan, pada saat yang sama terjadi penyusutan komponen, dan diikuti oleh pertumbuhan *grain* serta peningkatan ikatan antar partikel yang berdekatan, sehingga menghasilkan bahan yang lebih mampat/kompak [4]. Peristiwa sintering dapat dilukiskan seperti pada Gambar 1 [3]. Suhu sintering mempengaruhi proses penyusutan, sedangkan pengaruh waktu sintering tidak banyak, hal ini dinyatakan oleh Richerson seperti terlihat pada Gambar 2. Sintering umumnya dapat terjadi di dalam produk pada suhu tidak melebihi dari setengah sampai duaapertiga dari suhu meltingnya, suhu yang membuat atom cukup mampu untuk berdifusi [1].

### 2.2 Porselen

Porselen adalah bahan keramik polikristal dengan struktur gelas lebih dari 10 %, struktur Kristal de-



GAMBAR 1: Perubahan struktur mikro pada saat sintering



GAMBAR 2: Pengaruh suhu sinter terhadap penyusutan

ngan fasa *mullite*, *quartz* dan *cristobalite*. Berwarna putih translucent, porositasnya rendah dan mempunyai sifat mekanik yang kuat. Bahan porselen dapat dibuat melalui proses padatan menggunakan campuran bahan clay ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ), *feldspar* ( $\text{K/NA/Ca/BaAlSi}_3\text{O}_8$ ) dan *quartz* ( $\text{SiO}_2$ ). Kandungan utama bahan tersebut adalah silica, alumina dan oksida dari unsure K/NA/Ca/Ba [5]. Kandungan senyawa bahan dasar berbeda untuk lokasi sumber yang satu dengan lokasi lainnya. Komposisi bahan porselen dari beberapa pustaka berbeda-beda, namun berada di dalam batasan antara 15 - 40 dan 35 - 60 dalam % berat masing-masing *feldspar*, *quartz* dan *clay/kolin* [6,8]. Perbandingan bahan oksida untuk isolator porselen adalah  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{KNaO} = 70 : 26 : 4$  [9]. Dalam penelitian ini bahan dasar disintering dengan suhu dan waktu yang divariasikan. Porselen dapat diaplikasikan sebagai bahan *sockets*, *bushings*, *hot plate*, *table ware*, dan gigi palsu, tergantung dari komposisi atau sifat-sifat yang dimilikinya. Sebagai isolator listrik misalnya, sifat utama yang harus dimiliki oleh bahan adalah resistivitasnya tinggi dan kuat tembusnya lebih dari 3kV/mm [6,7].

## 3 PERCOBAAN

Bahan porselen dibuat dari campuran bahan dasar *Clay/Kaolin* Belitung, *Feldspar* Lodoyo dan *Quartz* Cibadak Sukabumi, komposisi bahan seperti yang tertera di Table 1. Kandungan bahan dasar dianalisis menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*). Metode pembuatan bahan porselen dalam penelitian

ini adalah proses padatan. Tahapan yang dilakukan adalah penimbangan, pencampuran, dan penggilingan bahan dasar selama 10 jam menggunakan *ballmill* dalam media aquades, lalu dikeringkan. Sesudah kering digerus dan dibentuk pelet menggunakan *hydraulic press* dengan tekanan 30.000 kPa. Metoda pembuatan mengacu pada publikasi/penelitian Nanik<sup>[10]</sup> dan Ramlan<sup>[1]</sup>. Terhadap pelet campuran dilakukan analisis termal menggunakan DTA-TG, dan hasilnya digunakan untuk proses perlakuan panas dan proses sintering. Selanjutnya, pelet cuplikan dikarakterisasi sifat fisis dan listriknya yang meliputi densitas dan porositas (menggunakan metoda standard ASTM C 20 - 92), kuat tembus listrik (menggunakan alat ukur *metrohm E 3640 flash tester*), serta resistivitas listrik (menggunakan *impedance bridge*).

TABEL 1: Kuat patah bahan

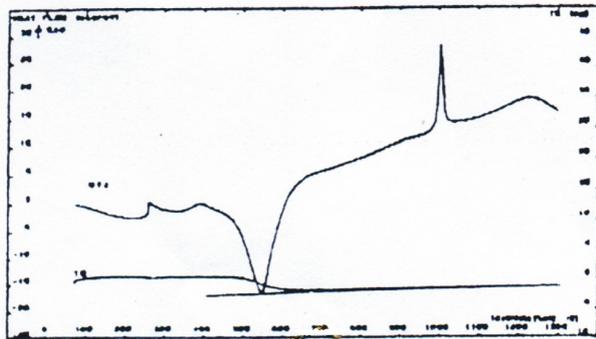
| Kandungan | Clay | Feldspar | Quartz |
|-----------|------|----------|--------|
| %         | 50   | 32       | 18     |

#### 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis kimia menggunakan XRF dapat diketahui kandungan masing-masing bahan dasar, kemudian dihitung kandungan oksida dalam komposisi bahan porselen yang dibuat, Table 2.

TABEL 2: Kuat patah bahan

| Kandungan | SiO2   | Al2O3  | KBaCaO |
|-----------|--------|--------|--------|
|           | %      | %      | %      |
| Sampe     | 64,534 | 24,191 | 3,442  |
| Ref.8     | 70     | 26     | 4      |

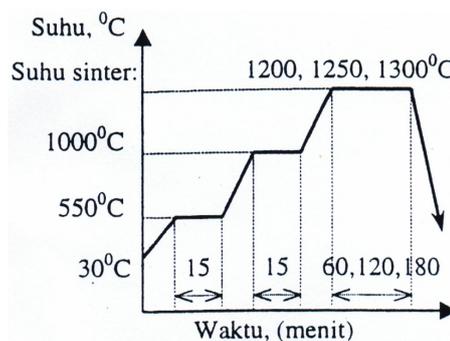


GAMBAR 3: Kurva hasil analisa DTA

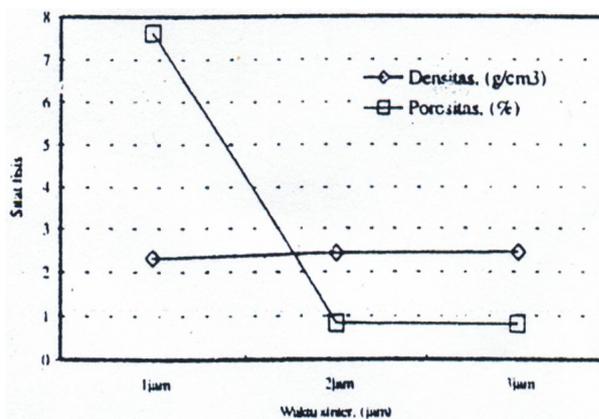
Sifat termal bahan dasar porselen dianalisis menggunakan DTA, hasilnya terlihat pada Gambar 3, yang memperlihatkan reaksi eksoterm dan endoterm. Pada suhu sekitar 550°C, terjadi reaksi penghilangan air

kristal, pada suhu sekitar 1000°C mulai terbentuk cairan gelas, dan mulai suhu sekitar 1200°C terjadi perubahan fasa.

Selanjutnya, dari hasil DTA dibuat kurva perlakuan panas untuk membuat bahan porselen, ditunjukkan pada Gambar 4. Suhu sinter divariasikan pada 1300, 1350, 1400 1450°C, untuk waktu sintering masing-masing selama 1 jam. Kemudian untuk suhu sinter 1300°C, waktu sintering divariasikan 1,2, dan 3 jam.



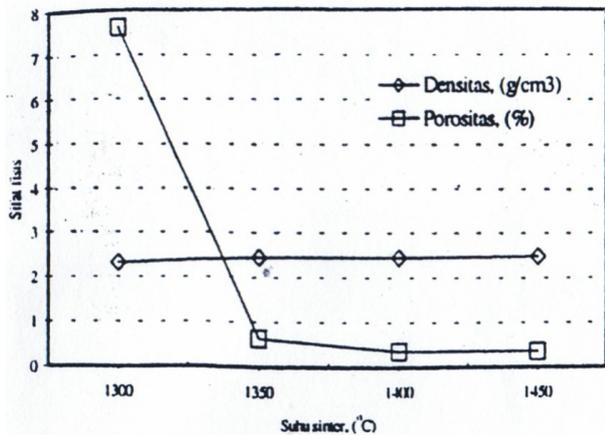
GAMBAR 4: Kurva perlakuan panas



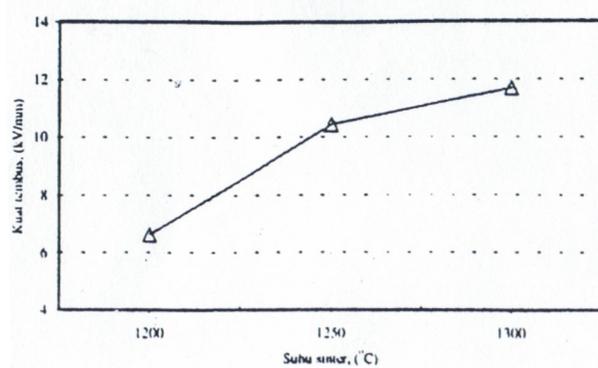
GAMBAR 5: Sifat fisis bahan dengan suhu sinter 1300 °C

Pengujian sifat fisis bahan dapat dilihat pada Gambar 5 (suhu sintering 1300°C) dan Gambar 6 (waktu sintering 1 jam). Densitas naik seiring dengan kenaikan suhu, indikasi ini diimbangi oleh menurunnya porositas. Bahan porselen yang dibuat memiliki densitas antara 2,3 - 2,5 gr/cm<sup>3</sup> dan porositas antara 7,6 - 0,35 %. Hasil ini jelas menunjukkan bahwa suhu dan waktu sintering mempengaruhi sifat fisis bahan.

Hasil pengujian kuat tembus listrik dapat dilihat pada Gambar 7. Sampel yang disintering pada suhu 1200 - 1300°C memiliki kuat tembus antara 6 - 12 kV/mm., dan pada suhu sinter 1300°C merupakan kondisi terbaik. Resistivitas bahan ini antara 107 - 1010Ω cm pada suhu antara 200 - 400°C. Kekuatan bahan (Table 3) naik terhadap naiknya suhu sintering<sup>[10]</sup>.



GAMBAR 6: Sifat fisis bahan dengan Waktu sinter 1 jam



GAMBAR 7: Kuat tembus listrik bahan

Dari sifat listrik yang telah diuji, bahan yang dibuat dapat digunakan untuk isolator listrik tegangan menengah.

TABEL 3: Kuat patah bahan

| Suhu sinter | 1200°C | 1250°C | 1300°C |
|-------------|--------|--------|--------|
| Kg/cm       | 180    | 517    | 659    |

5 KESIMPULAN

Dari data hasil pengamatan dan pengujian yang telah dilakukan pada bahan porselen yang dibuat dapat disimpulkan bahwa:

- Kenaikan suhu sinter meningkatkan densitas bahan (2,3 - 2,5 gram/cm<sup>3</sup>), kuat patah (180 - 659 kg/cm<sup>2</sup>), kuat tembus (6 - 12 kV/mm), sebaliknya porositas menurun (7,6 - 0,35%), begitu pula bila waktu sinter diperlama.
- Bahan porselen dengan suhu sinter 1300°C dapat diaplikasikan sebagai isolator listrik tegangan menengah.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ramlan, 2001, Pengaruh MgO dan Suhu Sintering Terhadap Mikrostruktur dan Sifat Fisis Keramik Beta Alumina ( $\beta$  - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Tesis Magister Ilmu Material (S2), Universitas Indonesia

[2] Reed, J.S., 1995, *Introduction to the Principles of Ceramic Processing*, John Wiley & Son, p. 583-598

[3] Callister, Jr.W.D., 1994, *Materials Science and Engineering an Introduction*, 3 ed., p. 434-784

[4] Richerson, D.W., 1982, *Modern Ceramic Engineering*, p. 217 - 239

[5] Hawley, G.G., 1971, *The Condensed Chemical Dictionary*, edisi 8

[6] Buchanan, R.C., 1986, *Ceramic Materials for Electronics*, p.21-53, M. Dekker, New York

[7] Hlavas, J., 1983, *The Technology of Glass and Ceramics*, p. 232 - 344, Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam

[8] Moulson, A.J. and J.M. Herbert, 1990, *Electroceramics Mat., Prop., Apli.*, Chapman & Hall, p. 206 - 213

[9] Schneider, S.J., ----, *Ceramics and Glasses*, Eng. Mat. Handbook Vol.4, ASM Internasional, p. 934

[10] Nanik Indayaningsih dkk., 2000, Sintesa dan Karakterisasi Bahan Porcelain untuk Isolator, *Prociding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia 2000*, ISSN 1410-9891, hal.C. 12-1 s/d C.12.8