

Karakterisasi Sifat Fisis Keramik Porselin Alumina Sebagai Bahan Isolator Listrik

Oleh :

Maryati Doloksaribu

Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Medan

Jl. Willem Iskandar Pasar V, Medan 20221

maryatidoloksaribu@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian karakterisasi sifat fisis pengaruh komposisi alumina untuk pembuatan keramik alumina porselin sebagai bahan isolator listrik. Bahan baku yang digunakan adalah campuran dari Kaolin (Bangka), Kuarsa (Sukabumi), Feldspar (Lodoyo) dan Alumina (Produk Jerman, 99%), dimana komposisi alumina divariasikan yaitu 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% berat total seluruh bahan. Suhu pembakaran divariasikan yaitu 1100°C, 1200°C, 1300°C, 1400°C dan 1500°C, pada masing-masing suhu ditahan selama 2 jam.

Berdasarkan pengujian densitas, porositas, termal ekspansi, kuat tembus listrik dan analisa mikrostruktur dengan menggunakan XRD dan SEM, terlihat bahwa persentase alumina memberikan pengaruh terhadap sifat fisis dari keramik porselin alumina. Dari karakterisasi sifat fisis yang dihasilkan maka besarnya kuat tembus listrik dengan komposisi alumina 10% hingga 20% yang disinter pada suhu 1500°C dapat digunakan sebagai isolator listrik tegangan tinggi.

Kata Kunci : Porselin, Alumina, Isolator Listrik Tegangan Tinggi, Sintering

ABSTRACT

Research about the influent of Alumina composition has been done for making of ceramics of alumina porcelain. The applied raw materials were Kaolin (Bangka), Quartz (Sukabumi), Feldspar (Lodoyo), Alumina (Germany, 99%), where alumina composition was varied from 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. The firing temperature/ sintering temperature was varied also from 1100°C, 1200°C, 1300°C, 1400°C, 1500°C and at these temperatures were hold for 2 hours

According to the results of measurements of density, porosity, bending strength, fracture hardness, thermal expand , dielectric strength, microstructure analysis with SEM and XRD, it found that percentage of alumina can give significant influent for physical From electrical properties, the best dielectric strength which can be use a electric insulator for high tension is obtained with sintering temperature 1500°C with composition of 10% until 20% of alumina.

Keyword : Porcelain, Alumina, Insulator high Tension, Sintering

Pendahuluan

Porselin merupakan keramik polikristalin yang umumnya mempunyai fasa *quartz*, *mullit* dan lebih dari 10% volumenya adalah fasa gelas. Porselin adalah bahan keramik yang keras, kuat, berwarna putih, tembus cahaya, tidak porous, halus bila dibakar pada suhu tinggi dan bersifat isolator listrik. Salah satu contoh pengembangan porselin dalam bidang industri otomotif adalah pembuatan busi (*Spark plugs*). Tahun 1930 dikembangkan industri porselin untuk bahan isolator frekuensi tinggi. Kemudian pengembangan dilakukan secara intensif oleh *MC.Dugel Borkett* yang menghasilkan isolator alumina yang dapat digunakan pada kondisi tekanan tinggi. Pada dasarnya material porselin dibentuk dari bahan baku : feldspar, kaolin (*ball clay*) dan kuarsa. Untuk maksud tertentu, misalnya perbaikan sifat fisisnya dilakukan penambahan aditif tertentu, antara lain : kapur, *talk*, *dolomite* dan lainnya. Aditif ini dapat juga berfungsi untuk meningkatkan plastisitas bodi, kekuatan, memudahkan pembentukannya dan terbentuknya struktur tertentu. Klasifikasi keramik porselin dibedakan berdasarkan komposisi, sifat-sifat dan aplikasinya.

Aplikasi keramik porselin lainnya adalah sebagai bahan stop kontak, sekring, busi, isolator jaringan listrik, sakelar pemutus tegangan listrik dan sebagainya. Mengingat Indonesia kaya akan bahan galian yang tersebar di daerah-daerah maka usaha untuk mendorong pemanfaatan bahan tersebut, khususnya untuk pembuatan bahan isolator listrik menjadi topik dalam penelitian ini. Dengan demikian melalui penelitian ini dapat diharapkan suatu terobosan pemanfaatan bahan galian sehingga memberikan nilai tambah tersendiri yang cukup berarti. Langkah-

langkah yang ditempuh dalam usaha penelitian keramik porselin alumina akan membahas aspek-aspek sifat fisis, mekanis dan analisa struktur mikronya.

Bahan dan Metode

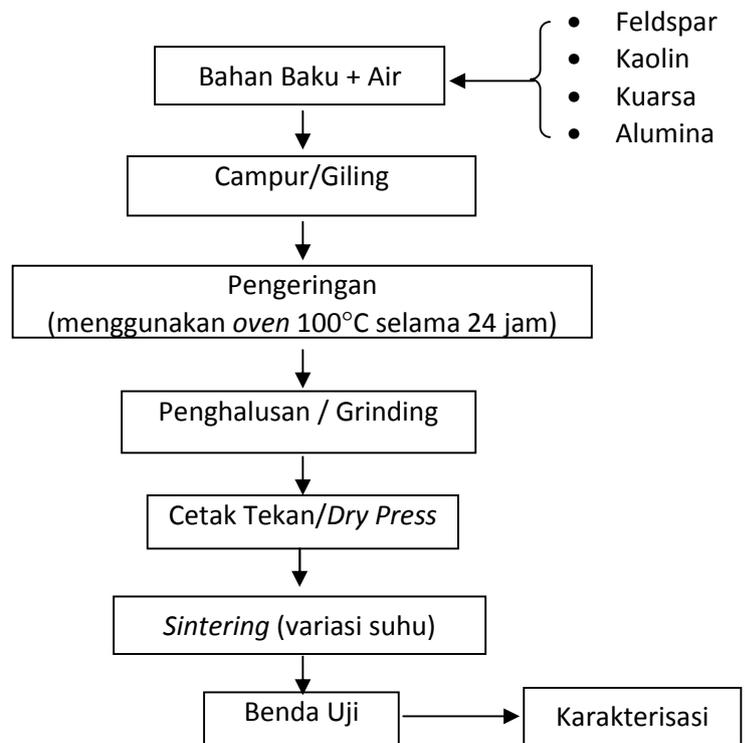
Bahan dan Alat Penelitian.

Bahan baku untuk pembuatan keramik porselin alumina yang digunakan adalah : *Feldspar* [$(\text{KNa})_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$], produk lokal dari Lodoyo, Jawa Timur, *Kaolin* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), produk lokal dari Belitung, *Kuarsa* (SiO_2), produk lokal dari Cibadak, Sukabumi, *Alumina* (Al_2O_3), produk luar buatan *Merk Jerman*.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca teknis, ball mill, oven, grinding, sintering, dry press, SEM, XRD. Pengukuran koefisien ekspansi termal dengan alat Dilatometer *Harrop T-70*.

Prosedur Penelitian.

Ada dua tahap pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian yaitu preparasi benda uji dan karakterisasi.



Gambar 1. Diagram Alir Preparasi Benda Uji

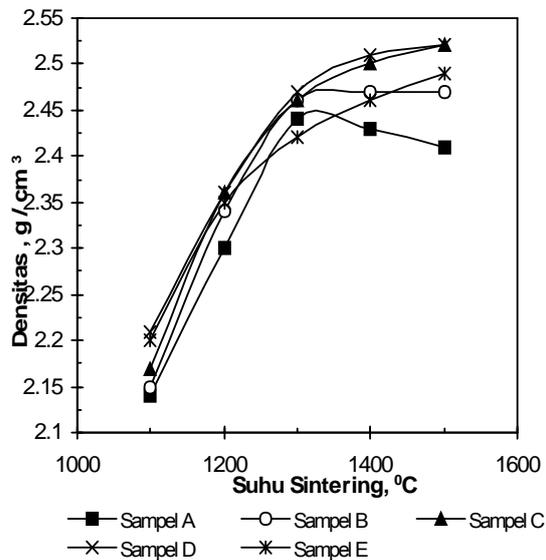
Tabel 1. Komposisi keramik alumina porselin yang dibuat

Bahan Baku	Komposisi (% berat)				
	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Sampel D	Sampel E
Kaolin	50	50	50	50	50
Feldspar	30	30	30	30	30
Kuarsa	20	20	20	20	20
Total	100	100	100	100	100
Al ₂ O ₃ (% berat dari total)	0	5	10	15	20

Hasil Dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini :

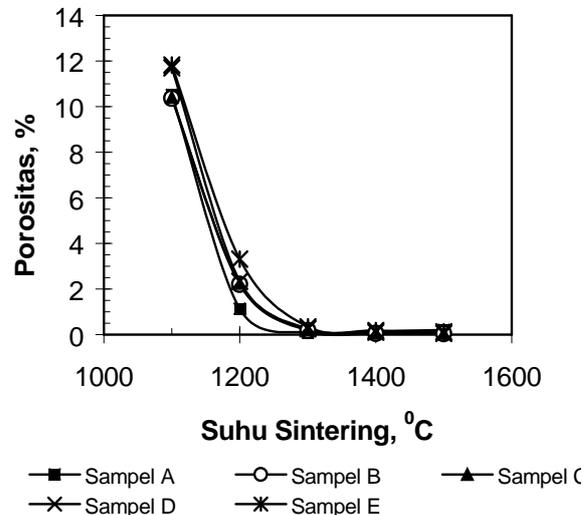
A. Densitas



Dengan penambahan Al₂O₃ cenderung meningkatkan suhu sintering dan nilai densitasnya, karena Al₂O₃ memiliki titik lebur yang lebih tinggi dari bahan baku yang lain, dan densitasnya lebih besar. Dari kurva hubungan densitas dengan suhu sintering, ternyata sampel dengan 5 % Al₂O₃ memiliki suhu sintering optimun

1400°C dengan densitas 2, 47 g/cm³. Sedangkan sampel dengan aditif 10 % dan 15 % Al₂O₃ mencapai suhu sintering optimal pada suhu 1500°C dengan densitas 2,52 g/cm³. Tetapi nilai densitas untuk sampel dengan aditif 20 % Al₂O₃ sampai suhu sintering 1500°C densitas hanya 2,49 g/cm³ dan ternyata lebih kecil dari sampel dengan aditif 15 % Al₂O₃, seharusnya densitasnya sama atau lebih besar. Jadi dapat dikatakan sampel dengan aditif 20 % Al₂O₃ belum mencapai suhu sintering yang optimum dan perlu suhu sintering yang lebih tinggi lagi. Bila dibandingkan dengan literatur bahwa densitas untuk High Voltage Porcelain adalah sekitar 2,3 – 2,5 g/cm³, dan dari eksperimen densitas yang diperoleh telah memenuhi literature tersebut.

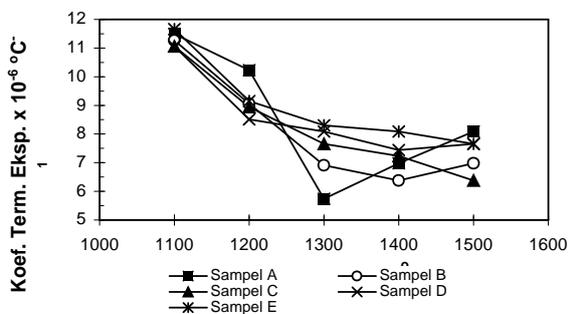
B. Porositas



Berdasarkan kurva hubungan porositas dengan suhu sintering terlihat bahwa semakin tinggi suhu sintering maka nilai porositasnya semakin kecil, sesuai dengan fenomena sintering, dimana selama proses sintering terjadi eliminasi / pengurangan pori akibat adanya pertumbuhan butir dan mencairnya bahan feldspar yang dapat

menutup pori-pori yang ada di batas butir. (Karena feldspar pada suhu diatas 1200°C sudah menjadi fasa cair. Sampel tanpa Al₂O₃ (sampel A) mencapai porositas terkecil dan mulai konstan (0,08 %) pada suhu 1300°C, sedangkan sampel dengan Al₂O₃ , mencapai porositas terendah dan cenderung konstan mulai suhu 1400°C. Sama seperti pada densitas dimana semakin banyak penambahan Al₂O₃, maka suhu sintering cenderung meningkat, yaitu untuk mencapai porositas dibawah 0,1 %. Jadi untuk sampel dengan 5 % Al₂O₃ dengan suhu sintering 1400 °C memiliki porositas 0,053 % , sedangkan sampel dengan 10 % dan 15 % Al₂O₃ dengan suhu sintering 1500 °C memiliki porositas masing-masing adalah 0,06 % . Tetapi untuk sampel dengan 20 % Al₂O₃ dengan suhu sintering 1500 °C memiliki porositas masih lebih besar yaitu 0,12 % .

C. Hasil Pengukuran Koefisien Termal Ekspansi

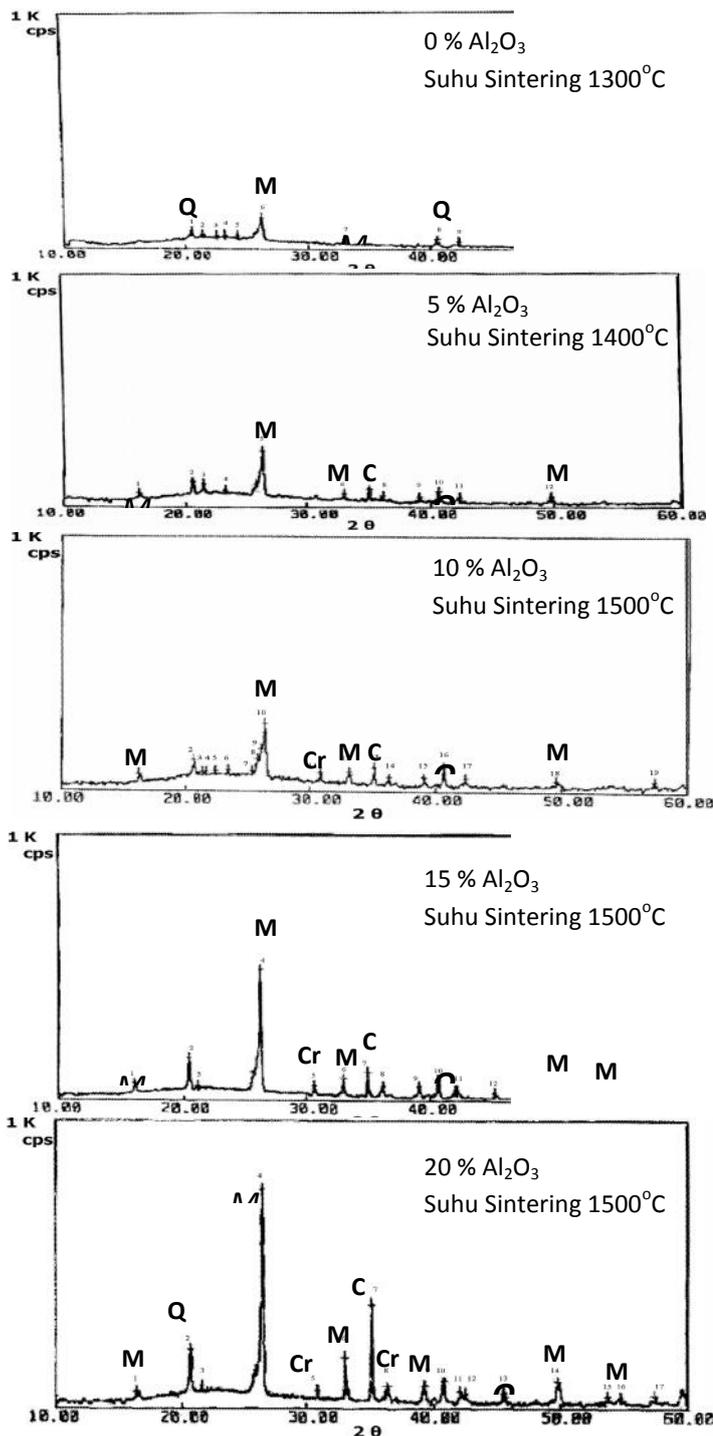


Kurva hubungan koefisien termal ekspansi (λ) dengan suhu sintering menunjukkan bahwa terjadi penurunan yang tajam nilai koefisien termal ekspansi yaitu mulai dari suhu sintering 1100°C sampai suhu 1300°C. Hal ini dikarenakan adanya perubahan porositas yang besar dimana pada suhu 1100°C semua sample masih berpori yang memiliki porositas cukup besar yaitu sekitar 10% -11%, sedangkan

pada suhu 1300°C semua sampel mulai memadat dengan berkurang porositas yang cukup besar. Jadi bila benda berpori maka nilai λ nya akan besar, karena didalam rongga terdapat udara, sehingga pemuaiannya menjadi lebih besar. Disamping itu nilai koefisien termal ekspansi berbanding terbalik dengan densitas, dimana densitas semakin besar berarti benda semakin rapat / padat sehingga nilai koefisien termal ekspansi cenderung mengecil. Untuk sampel porselin tanpa aditif alumina memiliki koef. termal eksp. paling rendah yaitu $5,74 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, ternyata lebih rendah dari nilai literatur yaitu $6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Semakin rendah nilai koefisien termal ekspansinya maka benda keramik akan semakin kuat terhadap kejutan suhu. Dengan ditambahkan aditif alumina nilai koefisien termal ekspansinya cenderung meningkat, hal ini karena Al₂O₃ memiliki nilai λ yang lebih besar dari porselin yaitu $6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Dari hasil percobaan diperoleh nilai koefisien termal ekspansi dari sampel dengan aditif 5% Al₂O₃ yang telah disintering 1400°C adalah $6,38 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, sedangkan sampel dengan aditif 10 % ,15 % , dan 20 % Al₂O₃ yang telah disintering 1500°C memiliki koefisien termal ekspansi masing-masing sebesar $6,38 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, $7,66 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, $7,66 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Dimana menurut literatur bahwa keramik alumina porselin memiliki koefisien termal ekspansi sekitar $(5,5 - 8,1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

D. Hasil Analisa Dengan Difraksi Sinar X

Pola difraksi sinar X dari beberapa sample yang telah disintering ditunjukkan pada gambar berikut ini :



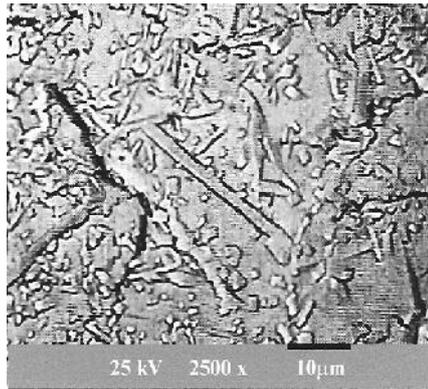
M = Mullite, Q = Quartz, C = corundum, Cr = cristobalite

Dari hasil analisa difraksi sinar X, ternyata untuk sampel porselin tanpa aditif Al₂O₃ dan telah disinterring 1300°C memiliki fasa dominan adalah fasa mullite 3Al₂O₃.2SiO₂ dan Quartz (SiO₂).

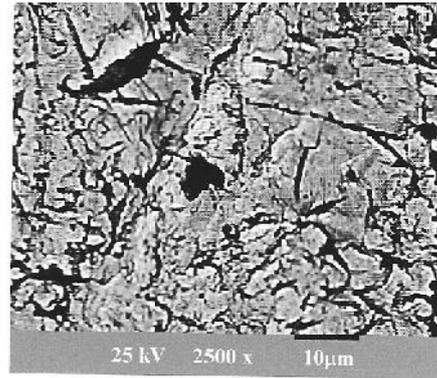
Terbentukny fasa mullite tersebut merupakan hasil reaksi antara kaolin dengan SiO₂ pada kuarsa, dan pembentukkan fasa mullite terjadi sekitar suhu 1200 – 1400°C. Sedangkan fasa Quartz muncul dari perubahan kuarsa SiO₂. Sedangkan fasa dominan yang terbentuk untuk sampel dengan aditif Al₂O₃ (5 – 20 %) adalah sama yaitu mullite dan Quartz, dengan fasa minor Corundum (α-Al₂O₃). Fasa corundum muncul karena pada campuran bahan baku ada penambahan aditif Al₂O₃. Efek penambahan alumina tidak merubah fasa yang dominan, tetapi dengan munculnya fasa corundum dapat memberikan peningkatan pada sifat mekanik dan kekuatan tembus listrik / kuat dielektriknya.

E. Hasil Analisa Mikrostruktur Dengan SEM

Pada gambar berikut ditunjukkan foto hasil observasi dengan menggunakan SEM dari sampel - sampel yang telah disinterring.

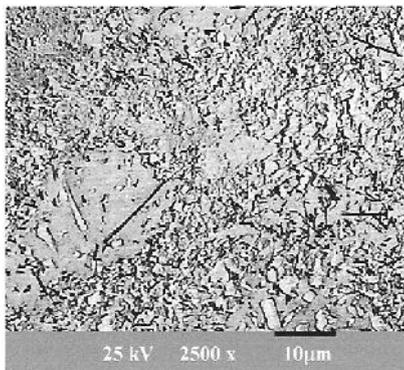


A-1300°C

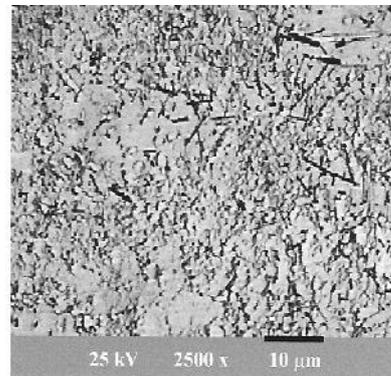


A- 1400°C

Gambar Foto SEM sampel A yang telah disinterring 1300 dan 1400°C

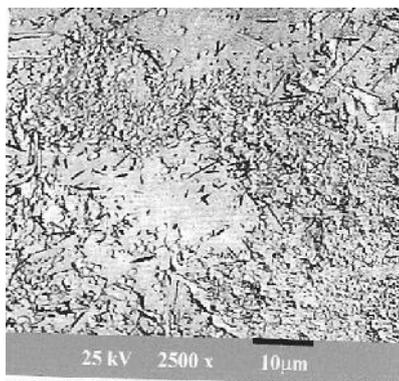


B- 1400°C

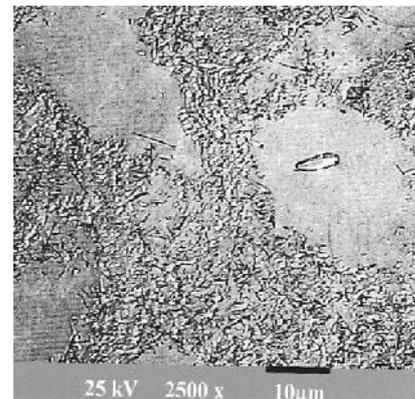


B- 1500°C

Gambar Foto SEM sampel B yang telah disinterring 1400 dan 1500°C

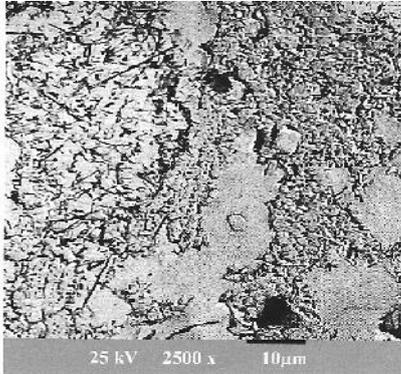


C- 1400°C

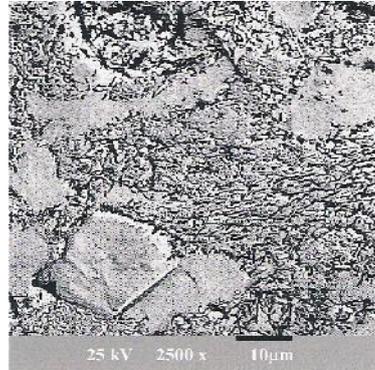


C- 1500°C

Gambar Foto SEM sampel C yang telah disinterring 1400 dan 1500°C

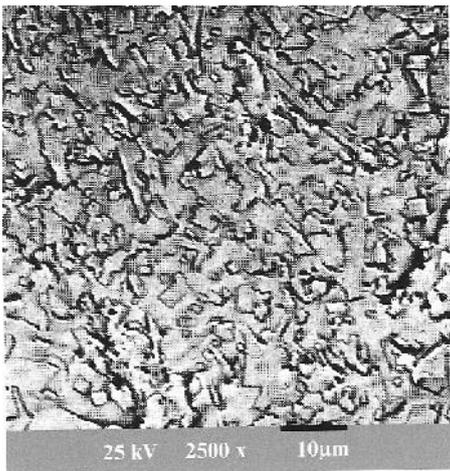


D- 1400°C

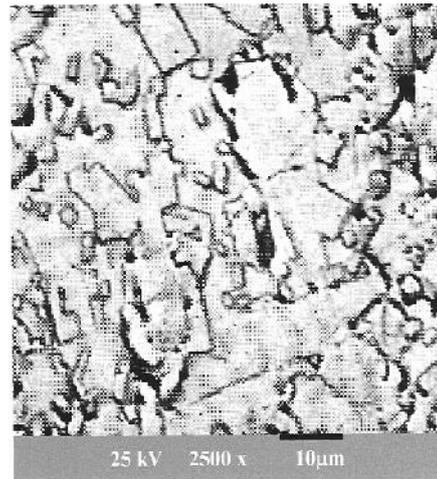


D- 1500°C

Gambar Foto SEM sampel D yang telah disinterring 1400 dan 1500°C



E- 1400°C



E- 1500°C

Gambar Foto SEM sampel E yang telah disinterring 1400 dan 1500°C

Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Keramik porselin 0% alumina disinter dengan suhu 1300°C, 5% alumina disinter pada suhu 1400°C dan 10%, 15%, 20% alumina disinter pada suhu 1500°C.
2. Besarnya nilai densitas dan porositas untuk high tension porcelain dapat dipenuhi oleh keramik porselin dengan 5% - 20% alumina, dimana nilai densitasnya 2,3 – 2,5g/cm³ dan porositas terkecil 0,053 %.
3. Nilai koefisien ekspansi termal semakin meningkat dengan bertambahnya alumina, dimana nilai

- maksimumnya dicapai oleh sampel D dan E sebesar $7,66 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$,
4. Keramik Porselin tanpa alumina mempunyai fasa dominan mullite dan quartz, sedangkan keramik dengan alumina memiliki fasa dominan mullite dan quartz, serta fasa minor adalah Corundum.

Saran.

Penelitian ini perlu dilanjutkan, terutama untuk mendapatkan isolator dengan tegangan yang lebih besar lagi.

Daftar Pustaka :

- Clipton G. *et all*, 1984, *Introduction to Phase equilibria in Ceramics*, The American Ceramics Society Inc, Columbus Ohio.
- Gernot Kostorz, 1988, *High Tech Ceramics*, Academic Press Zurich.
- James Reed, 1994, *Principle of Ceramics Processing*, John Wiley and Son, Inc
- Man F. Yan, 1991, *Solid State Sintering, Engineering Material handbook*, Handbook Commitee, New York.
- Masaru Miyayama, 1992, *Engineer Material Handbook*, Handbook Commitee, New York.
- Muljadi *et all*, 2002, *Journal Fisika LIPI*.
- Norton. F. H, 1997, *Fine Ceramics Technology and Application*, McGraw – Hill Book Company
- Perdamean *et all*, 2002, *Journal Telaah Fisika*, LIPI Volume 23.
- Randall M. German, 1991, *Fundamental of Sintering*, Engineering Material Handbook, New York.
- Relva Buchanan, 1991, *Electronics Application for Advanced ceramics*, Engineering Material Handbook. New York.
- Relva Buchanan, 1986, *Ceramics Material for Electronics*, Marcel dekker Inc, New York.
- Samuel J. Scheneider Jr, 1991, *Ceramics and Glass*, Vol 4, Engineering Material, USA
- Yan H. Lavac, 1983, *The Technology of Glass and Ceramics and Introduction*, Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- Yet Ming, 1997, *Physical Ceramics, Principle for Ceramica Science and Engineering*, John Willey and Song Inc, Canada.

