

Model Kurva Sintering: Tinjauan Kurva Densifikasi

I Nyoman Sudiana dan Muhammad Zamrun Firihi

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo,
Kendari, Sulawesi Tenggara, 93231
email: sudiana75@yahoo.com

ABSTRACT

The study about sintering stages on alumina ceramics based on densification lines was conducted. The densification curve was taken from previous experimental data. By using a Origin Graphic tools and Coble sintering model, the graph of densification towards sintering temperature was used to analyze the stages of sintering. The microwave and conventional methods are compared. The results show that the alumina ceramics has three stages (initial, intermediate, and final stages) of sintering on both method. The initial stage occurs over a range of temperatures of 800°C and 1000°C, intermediate stage occurs at a temperature range of 1100°C and 1500°C, while a temperature range of 1600°C and 1700°C is the final stages.

Keywords: Alumina, sintering stages, densification, and microwave.

I PENDAHULUAN

Dalam proses sintering keramik perubahan mikrostruktur dan densitas pasti terjadi seiring dengan kenaikan suhu. Suhu pembakaran pada proses sintering sangat tergantung sekali dengan jenis bahan keramik, umumnya disekitar 80-90% dari titik lebur campuran bahan baku yang digunakan. Selama berlangsungnya proses sintering akan terjadi pengurangan pori, penyusutan dan perubahan ukuran butir yang diakibatkan oleh proses difusi atom diantara butir.

Ada beberapa tahapan difusi dan juga mekanisme seperti yang diungkapkan oleh Hasby [1]. Jenis proses difusi akan memberikan efek terhadap perubahan sifat-sifat fisis yaitu perubahan densitas, porositas, penyusutan dan ukuran butir. Umumnya peningkatan densitas, pengurangan pori dan penyusutan disebabkan karena adanya difusi volum dan difusi batas butir.

Menurut Coble (1961) [2-3] berdasarkan perpindahan massa yang terjadi pada sintering secara konvensional melalui tiga tahap proses yang berbeda yaitu sintering

tahap awal (*initial-stage sintering*), sintering tahap pertengahan (*intermediate stage sintering*) dan sintering tahap akhir (*final-stage sintering*) yang mana menunjukkan mekanisme difusi dan perpindahan massa mana yang dominan. Pada tahap awal, partikel – partikel yang melebur pada suhu tinggi akan terikat satu dengan yang lain sehingga menjadi sangat kuat (*high strength*) lalu tahap pertengahan (*intermediate stage*), pertumbuhan terus berlanjut yang diikuti dengan pertumbuhan butir dan pertumbuhan pori. Perubahan fisik yang terjadi pada tahap pertengahan, meliputi pertumbuhan ukuran leher (*neck*) antar partikel, porositas menurun atau berkurang, pusat partikel bergerak semakin dekat secara bersama-sama. Batas butir mulai berpindah sehingga butir mulai tumbuh, terbentuk saluran yang saling berhubungan (*continuous channel*) dan berakhir ketika porositas terisolasi. Densifikasi paling banyak terjadi pada tahap ini. Pada tahap ini masih terdapat banyak pori meskipun bentuknya telah berubah. Pada tahap akhir (*final stage*), ditandai dengan hilangnya struktur pori

dan munculnya batas butir. Tahap ini batas butir bergerak dan terjadi pembesaran ukuran butir sampai kanal-kanal pori tertutup dan sekaligus terjadi penyusutan [4-5].

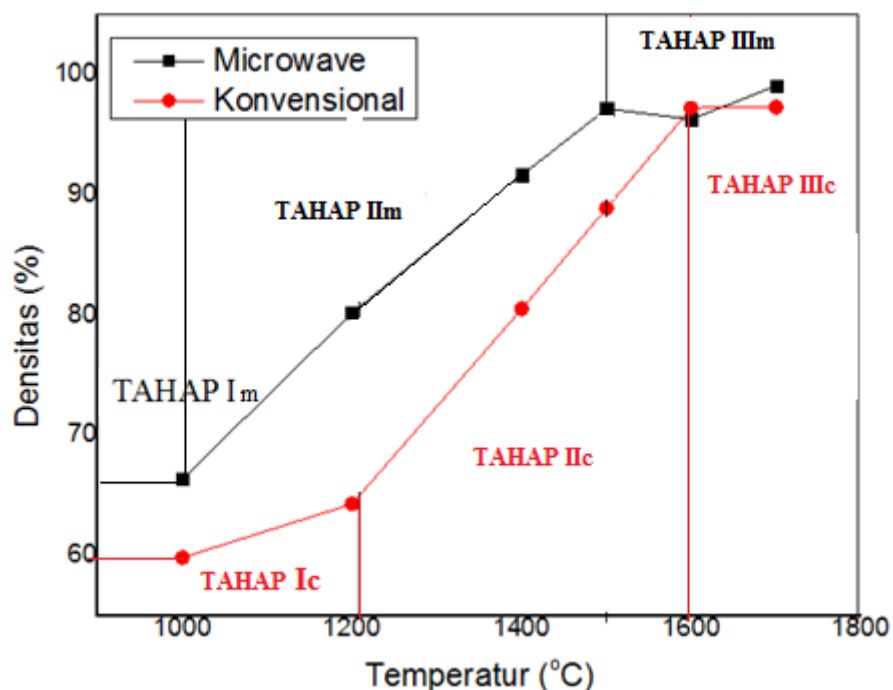
Pada tulisan ini, diuraikan hasil riset yang difokuskan pada analisa tahapan sintering keramik alumina. Tahapan sintering diidentifikasi berdasarkan proses densifikasi dan juga pertumbuhan butir (*grain growth*) yang terjadi pada keramik selama disinterring. Data sintering dengan *microwave* dan juga pemanasan konvensional digunakan sebagai pembandingan [6-8].

II. METODOLOGI

Dari data densifikasi pada Tabel 1, dengan menggunakan *Origin Graphic* di analisa tahapan sintering berdasarkan Coble sintering model dari alumina dari grafik densifikasi dari keramik alumina terhadap kenaikan suhu sintering. Kepadatan (densifikasi) dari sampel keramik alumina (Al_2O_3) terhadap kenaikan suhu sintering yang disinterring dengan menggunakan *microwave* dan konvensional seperti pada Gambar 1. Tahapan sintering berdasarkan mikrostruktur dianalisa dari hasil software *ImageJ*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 adalah grafik perubahan kerapatan benda terhadap kenaikan suhu sintering, Dari grafik ini kita bias identifikasi tahapan sintering yang mana menunjukkan perubahan-perubahan internal ketika pemanasan seperti perubahan fase, kristalisasi, mekanisme difusi yang dominan, dll. Hasil pengukuran densitas yang dilakukan pada sampel keramik alumina (Al_2O_3) menunjukkan bahwa nilai densitas meningkat seiring dengan peningkatan suhu sintering dan microwave lebih cepat dibandingkan dengan cara konvensional sintering. Perubahan kemiringan grafik menunjukkan perubahan tahapan sintering. alumina menunjukkan bahwa mekanisme sintering pada rentang suhu 1000°C dan 1200°C telah berjalan. Dari suhu 1000°C dan 1200°C merupakan awal proses sintering. Kenaikan densitas masih kecil, tetapi pada kisaran 1400°C dan 1500°C terjadi perubahan densitas yang cepat, berarti proses pertengahan sintering sedang berlangsung.



Gambar 1. Densitas terhadap kenaikan suhu sintering yang disintering dengan *microwave* dan konvensional

Pada kisaran suhu 1600°C dan 1700°C perubahan densitas mulai melambat, hal ini menunjukkan bahwa proses sintering sudah memasuki tahap akhir. Secara internal tahap pertama biasanya terjadi penghilangan beberapa zat lain yang tersisa dalam persiapan sampel diawal seperti pengotor, binder, air sehingga densitas lajunya agak lambat. Pada tahap II laju densitas paling besar. Disini pori-pori menghilang dengan cepat, bila ada kristalisasi, pada tahap ini terjadi perubahan kristalisasi. Bila laju kenaikan suhu sangat besar maka pada tahap ini keramik bias retak dan fabrikasi tidak sempurna. Untuk itu perlu kenaikan suhu yang tepat untuk mendapatkan keramik yang diinginkan.

Dari gambar 1 juga nampak bahwa tahapan sintering dari microwave yang dilambangkan dengan TAHAP (I,II,III)m dan konvensional yang dilambangkan dengan TAHAP (I, II, III)c berada pada daerah suhu yang berbeda. Mikrowave sintering kenaikan densitasnya jauh lebih cepat yakni pada suhu 1000 °C sedangkan konvensional meninggalkan tahap I pada suhu 1200 °C. Hal ini menunjukkan microwave memicu kenaikan densitas jauh lebih cepat dibandingkan dengan konvensional. Hal ini dilaporkan oleh beberapa peneliti pada material yang lain [9-13].

Tabel 1. Densitas terhadap kenaikan suhu sintering

Temperatur (°C)	Densitas	
	Microwave (%)	Konvensional (%)
1000	66.41677	59.88585
1200	80.22953	62.75408
1400	91.68345	80.55762
1500	97.17978	88.92802
1600	96.2997	97.26449
1700	99.08798	97.30495

IV KESIMPULAN

Alumina (Al_2O_3) yang disintering dengan *microwave* dan konvensional menunjukkan bahwa tahapan awal sintering terjadi pada rentang suhu yang berbeda. Tahap I yang ditandai dengan adanya kenaikan densitas yang masih kecil dan terbatas. Tahapan pertengahan sintering terjadi pada rentang ditandai dengan pertumbuhan leher yang terus berlanjut yang diikuti dengan pertumbuhan butir dan perubahan densitas yang meningkat pesat. Sementara pada rentang Tahap III yang merupakan tahapan akhir sintering yang ditandai dengan kepadatan yang semakin besar, pertumbuhan butir yang semakin besar dan perubahan densitas mulai melambat. Nampak jelas laju densitas dari kedua metode sintering berbeda menunjukkan mekanisme dari difusi atom yang dominan kemungkinan juga berbeda. Namun butuh *evident* yang menunjukkan secara jelas indikasi ini. Penelitian lanjutan dibutuhkan untuk tiap tahapan sintering secara detail.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ashby, M.F. 1974. *First report on Sintering Diagram*, Acta. Met. [22], 275-289.
- [2] Coble, R. L., 1961. *Sintering Crystalline Solids: I, Intermediate and Final Stage Diffusion Models*, J. Appl. Phys., 32 [5], 787-92.
- [3] Coble, R. L., 1961. *Sintering crystalline solids. II. Experimental test of diffusion models in powder compacts*, J. Appl. Phys. 32 (1961) [5], pp.793-799
- [4] Mawardani, Putri. 2014. *Pengaruh Kemurnian Bahan Baku alumina Terhadap Temperatur Sintering dan karakteristik Keramik Alumina*. Fakultas Sains dan Teknologi Univ. Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- [5] W. H. Sutton, *Microwave processing of Ceramic Materials*, Microwave Solutions for Ceramic Engineers, Am. Cer. Soc., Ed.by D.E. Clark, D.C. Folz, C.E. Folgar, M.M. Mahmoud, pp.35-65 (2005).
- [6] I. N. Sudiana, I.N., R. Ito, S. Inagaki, K. Kuwayama, K. Sako, S. Mitsudo, *Densification of Alumina Ceramics Sintered by Using Sub-millimeter Wave Gyrotron*, Int. J. of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves. 34 (2013) 627-638.

- [7] K. H. Brosnan, *Sintering of Alumina Parts with Microwave Energy*, Master Thesis, Dept. of Materials Science and Engineering, Pennsylvania State University, 2002.
- [8] K. H. Brosnan, G. L. Messing, D. K. Agrawal, , *Microwave Sintering of Alumina at 2.45 GHz*, J. of the Am. Cer. Soc. [86], 8, pp. 1307–1312, August 2003
- [9] M.A. Janney and H.D. Kimrey, *Microwave Sintering of Alumina at 28 GHz*, Ceramic Powder Science, II, pp. 919-924, Ohio, (1988).
- [10] M. Janney, H. Kimrey, W. Allen, J. Kiggans, *Enhanced diffusion in sapphire during microwave heating*, J. Materials Science 32, pp. 1347–1355, (1997).
- [11] T. Ueno, Y. Makino, S. Miyake, S. Sano, *Observation of the Microwave Effect on the Diffusion Behavior in 28 GHz Millimeter-Wave Sintered Alumina*, the 8th Inter. Conf. on Microwave and High Frequency Heating, Bayreuth, Germany, September 3-7, 2001.
- [12] S. Sano, Y. Makino, S. Miyake, Y. V. Bykov, A. G. Eremeev, S. V. Egorov, *30 and 83 GHz millimeter wave sintering of alumina*, J. Mats. Science Letters, 19, pp. 2247 – 2250(2000).