

FABRIKASI KERAMIK ($\text{Mg}_{0.6}\text{Zn}_{0.4}$) TiO_3 +x wt.% Bi_2O_3 HASIL SINTESIS DENGAN METODE PENCAMPURAN LARUTAN DAN PENGARUH VARIASI x wt.% Bi_2O_3 TERHADAP STRUKTUR DAN DENSITAS KERAMIK

¹⁾Durrotun Nisa', ²⁾Frida U. Ermawati

Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

Email: ¹⁾durrotunnisa16030224021@mhs.unesa.ac.id, ²⁾frida.ermawati@unesa.ac.id

Abstrak

Keramik berbasis MgTiO_3 banyak dilaporkan sebagai bahan yang berpotensi untuk aplikasi sistem komunikasi pada frekuensi gelombang mikro. Pada artikel ini dilaporkan hasil fabrikasi keramik ($\text{Mg}_{0.6}\text{Zn}_{0.4}$) TiO_3 (MZT04) + x wt.% Bi_2O_3 (x = 0, 1 dan 5) dan dikaji pengaruhnya terhadap struktur dan densitasnya. Fabrikasi ketiga keramik tersebut diperoleh dari serbuk hasil sintesis dengan metode pencampuran larutan menggunakan bahan awal serbuk logam Mg, Zn, dan Ti (Merck) serta HCl 12 M dan dikalsinasi pada suhu 550 °C selama 2 jam. Pencampuran Bi_2O_3 dilakukan dengan proses *ball milling* dan kompaksi dengan tekanan 10 MPa kemudian disinter pada suhu 1000 °C selama 4 jam. Analisis struktur dengan uji XRD menunjukkan bahwa serbuk MZT04 terdiri dari fasa MgTiO_3 sebagai fasa utama dan TiO_2 sebagai fasa impuritas. Sedangkan untuk keramik dengan penambahan 0, 1 dan 5 wt.% Bi_2O_3 terdiri dari fasa MgTiO_3 sebagai fasa utama dengan % molar = ($96,47 \pm 2,95$), ($96,79 \pm 1,79$) dan ($97,53 \pm 1,88$) dan sisanya MgO sebagai fasa impuritas. Bertambahnya wt.% Bi_2O_3 menyebabkan penurunan % molar fasa MgO, memperkecil ukuran parameter kisi dan volume sel satuan. Fakta tersebut didukung dengan terjadinya pergeseran posisi 2θ puncak MgTiO_3 (104) dari 32,86 menjadi 33,02°. Penambahan wt.% Bi_2O_3 tersebut juga mampu meningkatkan densitas Archimedes dari 3,315 menjadi 3,762 g/cm³. Dapat disimpulkan bahwa variasi penambahan 0, 1 dan 5 wt.% Bi_2O_3 pada keramik MZT04 berpengaruh terhadap struktur dan densitasnya, yaitu menyebabkan pembentukan fasa MgTiO_3 hampir tunggal, memperkecil ukuran parameter kisi dan volume sel satuan serta meningkatkan nilai densitas Archimedes.

Kata Kunci: ($\text{Mg}_{0.6}\text{Zn}_{0.4}$) TiO_3 , wt.% Bi_2O_3 , keramik, struktur, densitas Archimedes

Abstract

MgTiO_3 -based ceramics are widely reported as potential materials for communication system applications at microwave frequencies. In this article, the ceramic fabrication of ($\text{Mg}_{0.6}\text{Zn}_{0.4}$) TiO_3 (MZT04) + x wt.% Bi_2O_3 (x = 0, 1 and 5) were examined and their effects on structure and density were reported. Fabrication of the three ceramics was obtained from the powder synthesized by liquid mixing method from Mg, Zn, and Ti (Merck) metal powder as well as 12 M HCl and calcined at 550 °C for 2 hours. Bi_2O_3 mixing was carried out by ball milling and compacting with a pressure of 10 MPa and sintered at 1000 °C for 4 hours. Analysis of the structure by XRD showed that MZT04 powders consisted of the MgTiO_3 phase as the main phase and TiO_2 as the impurity phase. While for the ceramics with 0, 1 and 5 wt.% Bi_2O_3 , the samples consist of MgTiO_3 phase as the main phase with % molar = (96.47 ± 2.95), (96.79 ± 1.79) and (97.53 ± 1.88) and the remaining MgO as an impurity phase. The increase in % wt Bi_2O_3 causes a decrease in the presence of the MgO phase, reducing the size of the lattice parameter and the volume of unit cells. This fact was supported by the shifting of the (104) MgTiO_3 peak from $2\theta = 32.86$ to 33.02° . The addition of wt.% Bi_2O_3 was also able to increase the Archimedes density from 3.315 to 3.762 g/cm³. It can be concluded that the variation of 0, 1 and 5 wt.% Bi_2O_3 into MZT04 ceramic systems affects the structure and density of the systems, i.e. leads to the formation of nearly single phase of MgTiO_3 , reducing the size of the lattice parameter and the volume of unit cells and increasing the Archimedes density.

Keywords: ($\text{Mg}_{0.6}\text{Zn}_{0.4}$) TiO_3 , wt.% Bi_2O_3 , ceramics, structure, Archimedes density

PENDAHULUAN

Bahan keramik dielektrik berbasis *magnesium titanate* (MgTiO_3) banyak digunakan sebagai filter, osilator, resonator, dan radar untuk sistem komunikasi pada frekuensi gelombang mikro (Ermawati *et al.*, 2016; Wu *et al.*, 2013). MgTiO_3 dilaporkan memiliki nilai permitivitas relatif tinggi ($\epsilon_r \sim 17$), faktor kualitas tinggi (Q

$\times f \sim 91.000$ pada frekuensi 8,2 GHz), dan nilai τ_f (-50 ppm/°C) (Huang *et al.*, 2015) sehingga dapat digunakan dalam aplikasi sistem komunikasi gelombang mikro tersebut (Zhang *et al.*, 2012).

Beberapa peneliti melaporkan hasil sintesis MgTiO_3 dengan berbagai metode, diantaranya metode *hydrothermal mechanical-chemical complexation* (Baek

et al., 1996) dimana diperoleh fasa utama MgTiO_3 dan MgTi_2O_5 sebagai fasa sekunder pada temperatur kalsinasi 900 °C. Keberadaan fasa sekunder tersebut dilaporkan mempengaruhi penurunan nilai permitivitas dielektrik keramik MgTiO_3 . Selain dengan metode tersebut, MgTiO_3 juga dilaporkan dapat disintesis dengan menggunakan metode *conventional solid-state reaction* (Samyuktha *et al.*, 2015; Xue *et al.*, 2013) dimana masih terdapat fasa sekunder MgTi_2O_5 dengan temperatur kalsinasi 1200 °C dan temperatur sinter 1300 °C. Zhang *et al.*, (2010) dan Wu *et al.*, (2013) melaporkan bahwa fasa MgTiO_3 mulai terbentuk pada temperatur kalsinasi 500 °C menggunakan metode sol-gel namun masih terdapat fasa sekunder MgTi_2O_5 .

Pratapa *et al.*, (2012) melaporkan bahwa metode pencampuran larutan (*liquid mixing method*) mampu menghasilkan hampir fasa tunggal (*nearly single phase*) MgTiO_3 dengan persentase molar sebesar 95,1% pada temperatur kalsinasi 800 °C. Ermawati *et al.*, (2015) juga melaporkan hasil sintesis hampir fasa tunggal ($\text{Mg}_{0,8}\text{Zn}_{0,2}\text{TiO}_3$) dengan persentase molar sebesar 98,5% pada temperatur kalsinasi 550 °C.

Pada tahun 2016, Ermawati *et al.* melaporkan bahwa *dopant* Zn pada sistem ($\text{Mg}_{1-x}\text{Zn}_x$) TiO_3 dapat menurunkan temperatur kalsinasi dari 700 menjadi 550 °C dengan temperatur sinter 1400 °C. Temperatur sinter yang tinggi menyebabkan ukuran butir semakin membesar sehingga mengakibatkan penurunan sifat dielektrik keramik. Akibatnya temperatur sinter yang masih tinggi tersebut dihindari. Solusi yang ditawarkan untuk menurunkan temperatur sinter tersebut adalah dengan menambahkan bahan oksida fasa cair atau *liquid additive agent* (LAA) pada proses fabrikasi keramik, dimana bahan LAA tersebut memiliki titik leleh lebih rendah dari suhu sinter yang hendak dicapai. Pada prinsipnya tujuan penggunaan bahan LAA tersebut adalah untuk memadatkan bahan keramik lebih cepat sehingga temperatur sinter menjadi lebih rendah. Pemadatan lebih cepat tersebut akan diperoleh ketika suhu sinter mencapai titik leleh LAA, karena pada saat itu LAA akan mencair, dan cairan tersebut akan masuk ke dalam pori-pori yang ada diantara butir-butir keramik sehingga akan melekatkan butir satu dengan butir lainnya dan keramik memadat lebih cepat. Dengan demikian, proses pemadatan bahan keramik dapat dicapai pada suhu sinter yang lebih rendah jika dibandingkan dengan suhu sinter tanpa penambahan bahan LAA.

Beberapa peneliti melaporkan bahwa penggunaan bahan LAA berupa Bi_2O_3 dan V_2O_5 dapat menurunkan temperatur sinter. Diantaranya adalah Hsieh *et al.*, (2005) telah menggunakan bahan $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ pada sistem keramik ($\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x$) TiO_3 dan diperoleh bahwa temperatur sinter dapat diturunkan dari 1300 menjadi 1000 °C dengan nilai densitas Archimedes 4,9 g/cm³. Wang *et al.*, (2012) juga melaporkan bahwa suhu sinter MgTiO_3 dapat diturunkan dari 1100 menjadi 900 °C akibat penambahan Bi_2O_3 , namun penambahan tersebut menyebabkan munculnya fasa (MgTi) $_2(\text{BO}_3)\text{O}$. Kemudian Ermawati *et al.*, (2018) melaporkan bahwa penambahan V_2O_5 pada sistem keramik ($\text{Mg}_{0,8}\text{Zn}_{0,2}\text{TiO}_3$) mampu menurunkan temperatur sinter dari 1400 menjadi 1100 °C

tanpa kehadiran fasa impuritas dengan nilai densitas Archimedes 3,9 g/cm³.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, Penulis bermaksud memfabrikasi keramik ($\text{Mg}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{TiO}_3$) (disingkat MZT04) + $x \text{ wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$, untuk $x = 0, 1$ dan 5 dan mempelajari pengaruh variasi nilai x tersebut terhadap struktur dan densitas keramik hasil sintesis serbuk dengan metode pencampuran larutan.

METODE

A. Rancangan Penelitian

1. Sintesis

Serbuk MZT04 disintesis menggunakan metode pencampuran larutan (*liquid mixing method*) dengan menggunakan bahan awal berupa serbuk logam Mg, Zn, dan Ti (Merck) yang masing-masing ditimbang sesuai stokiometrinya. Masing-masing serbuk logam tersebut kemudian dilarutkan ke dalam pelarut HCl 12 M sehingga menghasilkan larutan MgCl_2 , ZnCl_2 , dan TiCl_4 . Ketiga larutan tersebut dicampur dan diaduk secara konstan selama 5 jam hingga homogen, kemudian dilakukan pengeringan di atas *magnetic stirring hotplate* pada rentang suhu 100-110 °C hingga menjadi endapan kering. Endapan kering kemudian dihaluskan dan dikalsinasi menggunakan *furnace* pada suhu 550 °C selama 2 jam.

2. Preparasi keramik

Serbuk MZT04 hasil kalsinasi yang diperoleh pada sintesis di atas dibagi menjadi 3 bagian. Bagian pertama tanpa ditambahkan Bi_2O_3 sama sekali (0 wt.% Bi_2O_3), bagian kedua ditambahkan 1 wt.% Bi_2O_3 dan bagian ketiga ditambahkan 5 wt.% Bi_2O_3 . Untuk dua sample terakhir penambahan Bi_2O_3 tersebut dilakukan dengan proses *milling* menggunakan alat *planetary ball-mill* pada lingkungan alkohol. Serbuk hasil *milling* selanjutnya dikompaksi menggunakan *uniaxial die press & hydraulic hand press* dengan tekanan 10 MPa ditahan selama 10 detik. Pelet hasil kompaksi kemudian disinter pada suhu 1000 °C selama 4 jam.

3. Karakterisasi

Karakterisasi yang dilakukan meliputi karakterisasi struktur dengan uji XRD dan karakterisasi densitas dengan uji densitimeter dengan metode Archimedes. Uji XRD pada serbuk hasil kalsinasi dan keramik MZT04 hasil sinter dilakukan untuk mengetahui fasa-fasa yang teridentifikasi di dalam sampel menggunakan alat XRD *Bragg-Brentano Philips X'pert Diffractometer* dengan radiasi Cu-K α dengan rentang sudut $2\theta = 15-65^\circ$ dan data step 0,02°/menit. Uji densitas dilakukan dengan metode Archimedes menggunakan alat *Balance Mettler Toledo Type ME 403 E dan Density Kit ME-DNY-43*. Pengujian densitas dilakukan dengan cara menimbang massa sampel di udara (m_k). Kemudian sampel dicelupkan ke dalam air sampai tidak muncul gelembung udara yang keluar dari sampel (m_a). Sampel di dalam air ditimbang (m_b). Hasil densitas sampel diperoleh dengan menggunakan Persamaan (1) yang dihitung secara otomatis oleh alat densitimeter.

$$\rho = \frac{m_k}{m_b - m_a} \rho_a \quad (1)$$

dimana m_k = massa kering, m_b = massa basah, m_a = massa Archimedes dan ρ_a = rapat jenis zat cair yang digunakan.

B. Variabel Operasional Penelitian

Variabel manipulasi : Bi_2O_3 (0, 1 dan 5) wt. %

Variabel kontrol : Bahan awal, alat (*furnace*, *milling*, kompaksi, XRD dan densitometer), suhu kalsinasi, suhu sinter, dan waktu tahan kalsinasi dan sinter (*holding time*)

Variabel respon : Struktur dan densitas keramik MgTiO_3

C. Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang dimaksud adalah data struktur hasil uji XRD dan data densitas hasil uji densitometer. Teknik pengumpulan data untuk kedua macam data tersebut telah dibahas pada Subbab Karakterisasi di atas. Kemudian data hasil uji XRD dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan menggunakan perangkat lunak *Match!* untuk mengidentifikasi fasa kristalin yang terbentuk di dalam sampel akibat kalsinasi. Identifikasi fasa dilakukan dengan cara pencocokan puncak-puncak difraksi hasil eksperimen dengan puncak-puncak difraksi pada database *powder diffraction file* (PDF) yang tersedia pada database *Match!*.

Setelah identifikasi fasa-fasa tersebut unta dilakukan, langkah berikutnya adalah analisis kuantitatif menggunakan perangkat lunak *Rietica* dengan metode *Rietveld*. Analisis tersebut menghasilkan data parameter kisi, % molar dan volume satuan sel. Analisis kuantitatif ini dilakukan dengan cara pengubahan parameter-parameter model yang dinyatakan dalam Pers. (2) untuk intensitas difraksi terhitung dengan *least square method* (Pratapa, 2008)

$$y_{ci} = s \sum_K L_k |F_k|^2 \varphi(2\theta_i - 2\theta_K) P_k A + y_{bi} \quad (2)$$

dimana :

y_{ci} = indeks titik yang dihitung

s = faktor skala

Σ_K = indeks Miller (hkl) untuk sebuah puncak Bragg

L_k = berisi faktor-faktor polarisasi Lorentz dan pelipatan (*multiplication*)

$|F_k|$ = faktor struktur untuk refleksi Bragg ke K

φ = fungsi bentuk puncak

$2\theta_i$ dan $2\theta_K$ = menyatakan sudut-sudut detektor yang berhubungan dengan titik i dan puncak Bragg K

P_k = fungsi *preferred orientation*

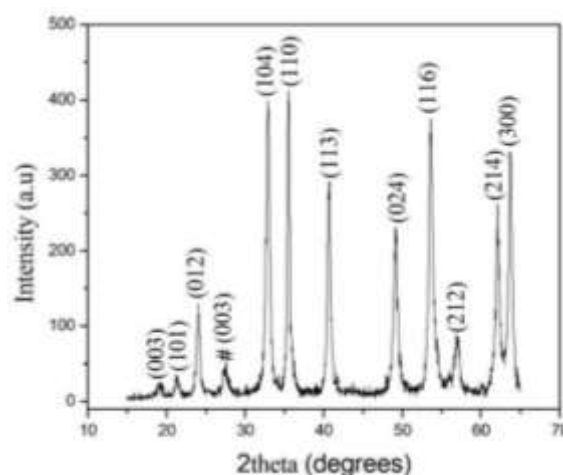
A = faktor serapan

y_{bi} = kontribusi dari latar (*background*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

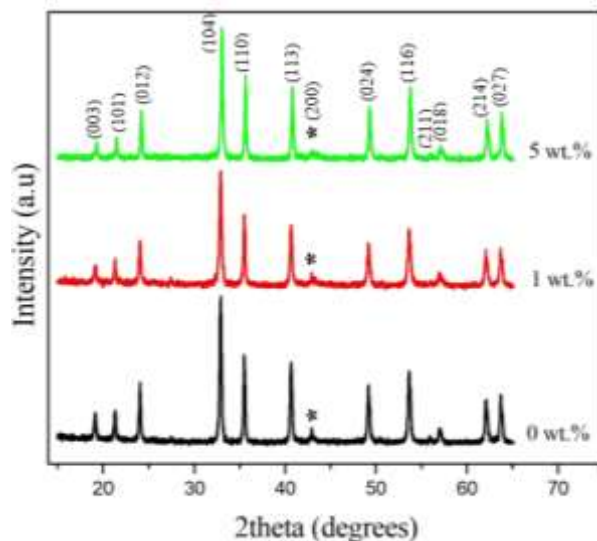
A. Analisis Struktur

Pola XRD serbuk MZT04 setelah di kalsinasi pada suhu 550 °C selama 2 jam ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola XRD (radiasi $\text{CuK}\alpha$) dari serbuk MZT04 dikalsinasi pada 550 °C selama 2 jam. Puncak dengan indeks Miller = MgTiO_3 dan # = TiO_2 (rutil)

Terlihat pada Gambar 1 bahwa serbuk MZT04 mempunyai struktur yang terdiri atas fasa utama MgTiO_3 (No. PDF 06-0494) dan fasa impuritas TiO_2 (No. PDF 448-453). Sedangkan pola XRD untuk ketiga keramik ($\text{MZT04} + x \text{ wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$), $x = 0, 1$ dan 5 dan disinter pada 1000 °C selama 4 jam ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola XRD (radiasi $\text{CuK}\alpha$) dari keramik MZT04 dengan variasi $x \text{ wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$ ($x = 0, 1, 5$) dan sinter pada 1000 °C selama 4 jam. Puncak dengan indeks Miller = MgTiO_3 dan * = MgO (periklas)

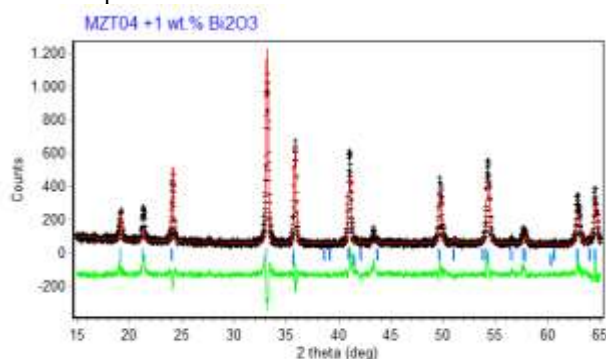
Terlihat pada Gambar 2 bahwa ketiga macam keramik MZT04 tersebut mempunyai struktur yang terdiri dari fasa utama MgTiO_3 dan disertai MgO (No. PDF 45-0946) sebagai fasa impuritas yang sangat minor. Keberadaan fasa MgO terlihat semakin berkurang seiring dengan naiknya wt. % Bi_2O_3 . Hal ini menunjukkan bahwa penambahan Bi_2O_3 berpengaruh positif terhadap pembentukan fasa hampir tunggal MgTiO_3 . Data *output* hasil analisis *Rietveld* menggunakan perangkat lunak *Rietica* terhadap ketiga macam keramik tersebut ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan data pada Gambar 1 dan 2, dengan tidak terdeteksinya peak yang mengandung Zn pada serbuk MZT04 dan pada ketiga

keramik ($\text{MgTiO}_3 + x \text{ wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$) menunjukkan bahwa pemberian *dopant* Zn sebesar 0,4 mol kepada Mg mampu membentuk larutan padat substitusi $\text{Mg}_{0,6}\text{Zn}_{0,4}\text{TiO}_3$.

Tabel 1. Data *output Rietveld* pada keramik MZT04 dengan variasi penambahan Bi_2O_3

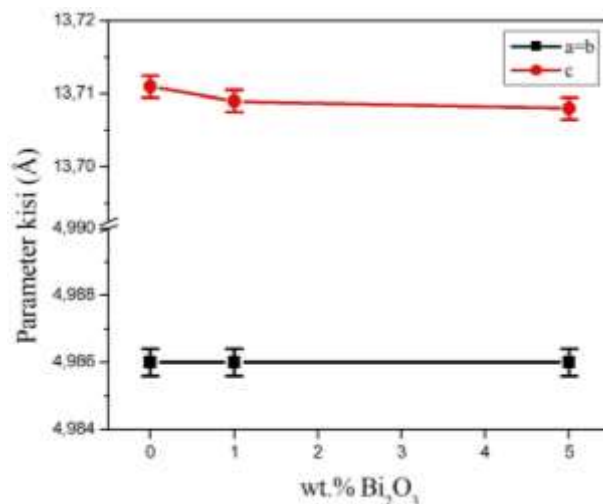
Parameter		Fasa yang teridentifikasi pada sample					
		MZT04 + 0 wt.% Bi_2O_3		MZT04 + 1 wt.% Bi_2O_3		MZT04 + 5 wt.% Bi_2O_3	
		MgTiO ₃	MgO	MgTiO ₃	MgO	MgTiO ₃	MgO
Parameter kisi (Å)	a=b	4,986 ± 0,000 4	-	4,986 ± 0,000 4	-	4,986 ± 0,000 4	-
	c	13,71 1 ± 0,001 5	-	13,70 9 ± 0,001 5	-	13,70 8 ± 0,001 5	-
	a=b=c	-	4,227 ± 0,011 1	-	4,231 ± 0,001 8	-	4,231 ± 0,002 1
Volume sel satuan (Å ³)		295,1 9 ± 0,04	75,54 ± 0,34	295,1 2 ± 0,04	75,76 ± 0,05	295,1 1 ± 0,04	75,73 ± 0,07
% molar		96,47 ± 2,95	3,53 ± 2,52	96,79 ± 1,79	3,21 ± 0,89	97,53 ± 1,88	2,47 ± 0,85

Berdasarkan data pada Tabel 1, % molar fasa MgTiO_3 pada keramik+ 0, 1 dan 5 wt.% Bi_2O_3 masing-masing = $(96,47 \pm 2,95)$, $(96,79 \pm 1,79)$ dan $(97,53 \pm 1,88)$ sedangkan fasa MgO berkurang dari $(3,53 \pm 2,52)$ menjadi $(2,47 \pm 0,85)\%$. Pola hasil penghalusan (*refinement*) Rietveld untuk keramik MZT04 + 1 wt.% Bi_2O_3 tersebut diberikan pada Gambar 3.

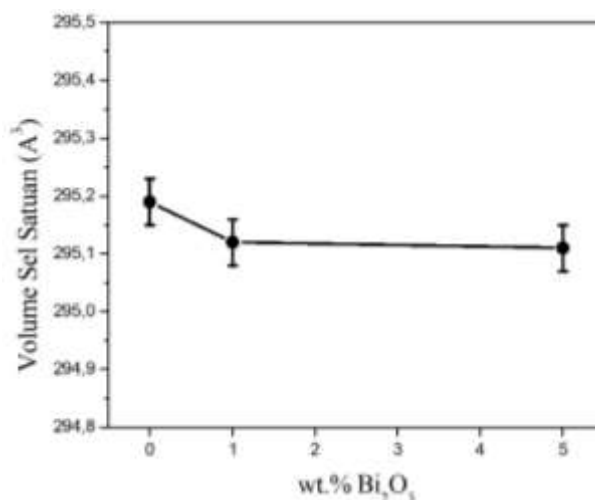


Gambar 3. Pola hasil penghalusan *Rietveld* dengan program *Rietica* untuk keramik MZT04 + 1 wt.% Bi_2O_3 (FoM=1,61; Rp=9,69; Rwp=12,73; dan Rexp=10,04).

Gambar 3 tersebut ditunjukkan sebagai contoh untuk mewakili pola hasil penghalusan untuk kedua sisa keramik lainnya. Kembali ke data *output Rietveld* pada Tabel 1 di atas, khususnya untuk data parameter kisi dan volume sel satuan untuk ketiga keramik tersebut. Data parameter kisi dan volume sel satuan yang dimaksud diplot pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Parameter kisi dari keramik MZT04 dengan variasi penambahan 0, 1 dan 5 wt.% Bi_2O_3



Gambar 5. Volume sel satuan dari keramik MZT04 dengan ketiga variasi $x \text{ wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$

Seperti yang ditunjukkan Gambar 4 bahwa diperoleh parameter kisi untuk $a=b$ konstan, sedangkan parameter c mengalami penurunan seiring dengan naiknya wt.% Bi_2O_3 . Hal yang sama juga teramati untuk data volume sel satuan pada Gambar 5, yakni bahwa volume sel satuan juga mengalami penurunan seiring naiknya wt.% Bi_2O_3 . Pengurangan ini dapat dijelaskan berdasarkan persamaan hubungan antara jarak antar bidang kristal (d_{hkl}) dengan jarak antara atom terdekat (parameter kisi) untuk sistem kristal tetragonal yang menjadi sistem kristal dari MgTiO_3 yaitu :

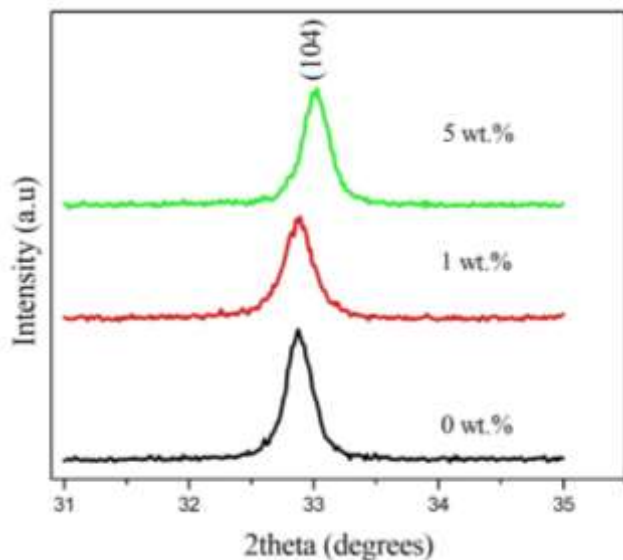
$$d_{hkl}^2 = \frac{a^2}{h^2 k^2} + \frac{c^2}{l^2} \quad (3)$$

dan persamaan Hukum Bragg yaitu:

$$2 d_{hkl} \sin \theta = n \lambda \quad (4)$$

Dengan a dan c = nilai parameter kisi, n = bilangan bulat 1, 2, 3,..., λ = panjang gelombang sinar-X, d_{hkl} = jarak antar bidang kristal (hkl) terdekat, dan θ = sudut difraksi. Dari Pers. (3) diperoleh hubungan bahwa a dan c keduanya sebanding dengan d_{hkl} . Sedangkan dari Pers. (4), d_{hkl}

tersebut berbanding terbalik dengan $\sin\theta$ yang artinya bahwa pada Gambar 4 yang mengatakan bahwa nilai parameter kisi a tetap dan parameter kisi c berkurang, maka untuk hkl yang sama, nilai d_{hkl} tersebut akan berkurang. Dengan berkurangnya nilai d_{hkl} , maka pada Pers. (4), d_{hkl} yang berkurang tersebut menyebabkan $\sin\theta$ dan sekaligus $\sin 2\theta$ bertambah besar. Artinya bahwa apabila parameter kisi berkurang, maka $\sin 2\theta$ akan bergeser ke arah nilai 2θ yang semakin besar. Analisis ini sesuai dengan fakta terjadinya pergeseran posisi puncak difraksi (104) milik fasa MgTiO_3 ke arah kanan pada Gambar 6.

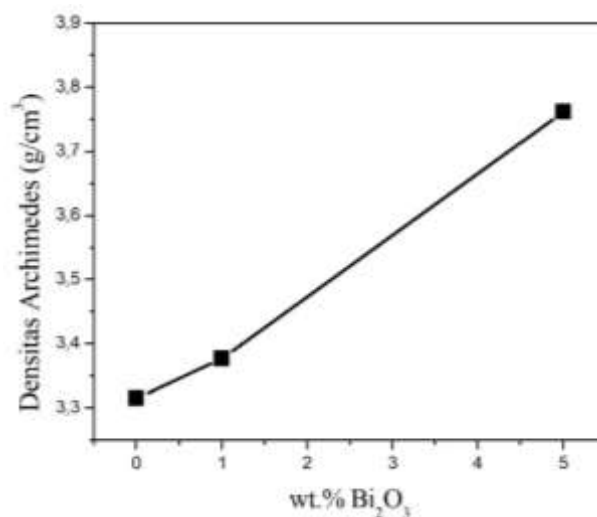


Gambar 6. Pola XRD (radiasi $\text{CuK}\alpha$) untuk ketiga keramik MZT04+ $x \text{ wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$ pada posisi $2\theta = 31\text{--}35^\circ$, data tersebut diambil dari data pada Gambar 2.

Pada Gambar 6 tersebut terlihat bahwa semakin besar penambahan $\text{wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$, maka posisi 2θ puncak (104) bergeser ke arah kanan, yaitu dari $32,86^\circ$ (untuk 0 $\text{wt.}\%$), $32,89^\circ$ (untuk 1 $\text{wt.}\%$) dan $33,02^\circ$ (untuk 5 $\text{wt.}\%$).

B. Analisis Densitas

Data hasil uji densitas Archimedes untuk tiga macam keramik MZT04 dengan variasi 0, 1 dan 5 $\text{wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$ setelah disinter pada 1000°C selama 4 jam ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Densitas Archimedes ketiga keramik MZT04 dengan variasi $\text{wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$.

Seperti ditunjukkan pada Gambar 7, nilai densitas Archimedes keramik meningkat seiring meningkatnya $\text{wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemberian bahan Bi_2O_3 terbukti berperan dalam meningkatkan nilai densitas keramik.

PENUTUP

A. Simpulan

Ketiga macam keramik MZT04 dengan penambahan 0, 1 dan 5 $\text{wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$ menghasilkan fasa utama MgTiO_3 , dan MgO sebagai fasa impuritas. Fakta menarik yang ditemukan adalah seiring dengan bertambahnya $\text{wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$ tersebut telah menyebabkan penurunan % molar fasa MgO sehingga terbentuk fasa MgTiO_3 hampir tunggal, serta mampu memperkecil ukuran parameter kisi dan volume sel satuan. Fakta tersebut didukung oleh terjadinya pergeseran posisi 2θ puncak difraksi (104) milik fasa MgTiO_3 , yaitu dari $32,86^\circ$ menjadi $33,02^\circ$ seiring dengan naiknya $\text{wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$. Fakta ini bersesuaian dengan persamaan hubungan antara jarak antar bidang kristal (d_{hkl}) dengan parameter kisi untuk sistem kristal tetragonal dan persamaan Hukum Bragg. Penambahan $\text{wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$ pada keramik MZT04 juga berpengaruh terhadap peningkatan nilai densitas Archimedes keramik dari 3,315 menjadi 3,762 g/cm^3 .

B. Saran

Perlu dilakukan pengujian FESEM pada keramik MZT04+ $x \text{ wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$ ($x = 0, 1$ dan 5) untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan $\text{wt.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3$ tersebut terhadap mikrostruktur keramik berupa diameter atau ukuran rata - rata butir dan ukuran rata - rata pori. Sampai dengan artikel ini selesai ditulis, uji FESEM yang dimaksud tidak dapat dilakukan karena lab uji FESEM tersebut masih *lockdown* akibat pandemi Covid-19 di seluruh wilayah Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Baek, Jong-Gab, Isobe, Tetsuhiko, and Senna, Mamoru. 1996. Mechanochemical effects on the precursor formation and microwave dielectric characteristics of MgTiO_3 . *Solid State Ionic*, 90, 269-279.
- Ermawati, Frida U., Suasmoro, S., Suminar Pratapa. 2015. A simple dissolved metals mixing route to prepare nanostructured $\text{Mg}_{0.8}\text{Zn}_{0.2}\text{TiO}_3$ solid solution. *Advanced Materials Research*, 1112, 47-52.
- Ermawati, F. U., Pratapa, S., Suasmoro, S., Hübert, T., & Banach, U. 2016. Preparation and structural study of $\text{Mg}_{1-x}\text{Zn}_x\text{TiO}_3$ ceramics and their dielectric properties from 1 Hz to 7.7 GHz. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 27(7), 6637–6645. <https://doi.org/10.1007/s10854-016-4610-6>
- Ermawati, Frida U. 2017. *Fisika Bahan Keramik*. Surabaya: Unipress Surabaya.
- Ermawati, Frida U. 2018. *Difraksi Sinar-X: Teori dan Analisis Data Eksperimen*. Surabaya: Unipress Surabaya.
- Ermawati, F. U., & Suasmoro, S. 2018. Dilatometric shrinkage study on magnesium titanate-based ceramic systems. *Journal of Physics: Conference Series*, 997(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/997/1/012005>
- Ermawati, Frida U. 2019. *Struktur Kristal Bahan Keramik*. Surabaya: Unipress Surabaya.
- Hsieh, M. L., Chen, L. S., Wang, S. M., Sun, C. H., Weng, M. H., Houn, M. P., & Fu, S. L. 2005. Low-temperature sintering of microwave dielectrics (Zn,MgTiO_3). *Japanese Journal of Applied Physics, Part 1: Regular Papers and Short Notes and Review Papers*, 44(7 A), 5045–5048. <https://doi.org/10.1143/JJAP.44.5045>
- Huang, JB., Yang, B., Yu, CY., 2015. Microwave and terahertz dielectric properties of $\text{MgTiO}_3\text{--CaTiO}_3$ ceramics. doi.org/10.1016/j.matlet.2014.09.122. *Materials Letters Volume 138*, 1 January 2015, Pages 225-227.
- Pratapa, Suminar. 2008. *Analisis Rietveld*. Bahan kuliah dan pelatihan analisis data difraksi dengan metode Rietveld. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Pratapa, Suminar dan Angela, Riyan. 2012. Sintesis MgTiO_3 dengan variasi temperatur kalsinasi menggunakan metode pencampuran larutan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), ISSN: 2301-928X.
- Samyukta, V. S., Kumar, A. G. S., Rao., T. P. (2016). Adv. Mater. Rsrch. Vol. 1112, pp. 47-52. doi: 10. 4028/ www.scientific.net/AMR.1112.47.
- Wang, Huanping, Yang, Qinghua, Li, Denghao, Huang, Lihui, Zhao, Shilong, and Xu, Shiqing. 2012. Sintering Behavior and Microwave Dielectric Properties of MgTiO_3 Ceramics Doped with B_2O_3 by Sol-Gel Method. *J. Mater. Sci. Technol*, 28(8), 751-755.
- Wu, H.T, Jiang, Y.S, Cui, Y.J., Zhang, X.H., Jia, X., Yue,Y.L.. 2013. Improvements in the sintering behaviour and microwave dielectric properties of geikelite-type MgTiO_3 ceramics. *Journal of Electronic Materials*, 42(3), doi:10.1007/s11664-012-2349-2.
- Xue, X., Yu, H., Xu. G. 2013. Phase composition and microwave dielectric properties of Mg-excess MgTiO_3 ceramics. *J. Mater.* Vol.24, pp. 1287-1291. doi: 10.1007/s10854-012-0921-4.s.
- Zhang, Shuren, Tang, Bin, Zhou, Xiaohua, Deng, Chao, and Shengquan Yu. 2010. Preparation of pure MgTiO_3 powders and the effect of the ZnNb_2O_6 -dope onto the property of MgTiO_3 -based ceramics. *Journal Alloy and Compound*, 492, 461.