

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR KALSINASI TERHADAP BARIUM M-HEKSAFERIT DIDOPING Zn MENGGUNAKAN FOURIER TRANSFORM INFRA RED

Aris Doyan¹, Ilham Halik¹, Susilawati¹

¹Program Studi Magister Pendidikan IPA Program Pascasarjana Universitas Mataram

Email: arisdoyan@yahoo.co.id, ilham8halik@gmail.com, susilawati.hambali@yahoo.com

Abstrak: Barium M-heksaferit (BaM) merupakan bahan magnet permanen yang tergolong *hardmagnetic* tetapi tidak sesuai untuk beberapa aplikasi, sehingga perlu dilakukan rekayasa untuk menurunkan sifat kemagnetannya menjadi *softmagnetic*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur kalsinasi terhadap barium M-heksaferit didoping Zn menggunakan pengukuran FTIR. Proses sintesis barium M-heksaferit menggunakan metode kopresipitasi dengan memvariasikan konsentrasi dopannya 0,0; 0,3; 0,6; dan 0,9 serta memvariasikan temperatur kalsinasi 80°C, 400°C, 600°C dan 800°C. Setelah melakukan proses sintesis selanjutnya dilakukan pengujian sampel menggunakan FTIR (Fourier Transform Infra Red). Penelitian ini telah berhasil melakukan sintesis dengan hasil berupa serbuk barium M-heksaferit berwarna coklat muda hingga coklat tua. Berdasarkan hasil pengujian FTIR didapatkan puncak-puncak pada bilangan gelombang 3447cm⁻¹, 2345cm⁻¹, 1615cm⁻¹, 530cm⁻¹, 470cm⁻¹ masing-masing mengindikasikan adanya gugus fungsi O-H, Ba-O, Fe-O dan Zn-O pada sampel. Puncak yang timbul pada ikatan O-H semakin mengecil menandakan bahwa ikatan pada gugus fungsi tersebut semakin melemah atau bahkan hilang. Hasil pengujian FTIR tersebut menyatakan bahwa temperatur kalsinasi sangat berpengaruh pada proses sintesis BaM. Semakin tinggi temperatur kalsinasi, bahan pengotor seperti air dan CO pada barium M-heksaferit semakin berkurang, ini menunjukkan barium M-heksaferit yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan *softmagnetic*.

Kata Kunci: Barium M-Heksaferite, sintesis, kopresipitasi, magnet, FTIR

Abstract: Barium M-hexaferrite (BaM) is a permanent magnetic material which is relatively hardmagnetic but it is not appropriate for some applications that need to be engineered to degrade the nature of magnetism to be softmagnetic. This study aims to determine the effect of calcinations temperature on Zn doped BaM using FTIR measurements. Synthesis of BaM using coprecipitation method by varying the concentrate of dopan 0,0; 0,3; 0,6; dan 0,9 and varying the calcinations temperature 80°C, 400°C, 600°C dan 800°C. After synthesis of BaM and than the samples were studied using FTIR (Fourier Transform Infra Red). This study has success to synthesis of BaM and the product is a brown powder. Based on the test result of FTIR has been obtained peaks in wave number 3447cm⁻¹, 2345cm⁻¹, 1615cm⁻¹, 530cm⁻¹, 470cm⁻¹ indicated a functional group O-H, Ba-O, Fe-O dan Zn-O on the powder sample. The peak on O-H shrinking indicates that the bond of functional groups are weakened or even disappear. The result of FTIR said that calcinations temperature has effect to BaM synthesis process. It is found that water and CO decrease with increase in calcinations temperature, it is showed the product BaM can be used to softmagnetic.

Key Words : Barium M-Hexaferrites, synthesis, coprecipitasi, magnet, FTIR

1. PENDAHULUAN

Penelitian sains dan teknologi terus mengalami perkembangan dalam segala aspek baik penggunaan alat maupun bidang kajiannya. Pada akhir dekade ini penelitian bidang IPTEK telah berkembang pada bahan magnetik. Bahan magnetik lebih dipilih karena dapat diaplikasikan dalam banyak hal. Aplikasi bahan magnetik saat ini terus meluas dalam segala bidang, mulai bidang elektronik, transportasi hingga bidang keamanan. Melihat trend tersebut maka bisa diprediksikan bahwa kebutuhan bahan magnetik akan terus bertambah dan berkembang secara pesat. Indonesia tentunya tidak boleh tertinggal dalam perkembangan teknologi dari negara-negara lain, untuk itu perlu dilakukan penelitian pada material tersebut.

Salah satu bahan yang banyak dikembangkan adalah barium M-heksaferit (BaM). Sifat kemagnetan dari BaM mudah untuk dilakukan rekayasa dalam hal sifat kemagnetannya melalui mekanisme substitusi ion-ion metal, sehingga mampu menjangkau rentang kemagnetan dari sifat kemagnetan paling lemah ke sifat kemagnetan yang paling kuat. Dengan adanya sifat magnet pada bahan tersebut, dapat diaplikasikan ke

media perekaman, interferensi elektromagnetik, magnetik cairan, perangkat *microwave*, dan sebagainya [1].

Dalam penelitian ini menggunakan mekanisme substitusi ion-ion yaitu Zn melalui proses sintesis dengan metode kopresipitasi. Penambahan ion dopan Zn diharapkan dapat mereduksi sifat magnetik dari barium M-hexaferrit BaFe_{12-x}Zn_xO₁₉, sebagai akibat dari terganggunya arah momen magnet dengan munculnya ion substitusional hingga domainnya menjadi random [2]. Selain itu, kenaikan sifat magnet BaFe₁₂O₁₉ terkait dengan ukuran butir yang semakin kecil (skala nano) [3]. Tingginya nilai medan koersivitas bisa diturunkan dengan membuat ukuran serbuk (butir) mencapai orde nano. Interaksi antar butir efektif untuk ukuran butir < 380 nm memberikan implikasi terhadap ketiga sifat kemagnetan dasar yaitu magnetisasi remanen, medan koersivitas, dan produk energi maksimum [4].

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini dilakukan sintesis barium M-heksaferit menggunakan metode kopresipitasi dan didoping Zn dengan konsentrasi berbeda-beda yaitu 0,0; 0,3; 0,6; 0,9 serta temperatur kalsinasi (pemanasan) yang

divariasikan pula, 80°C, 400°C, 600°C dan 800°C. Pemilihan variasi konsentrasi dan variasi temperatur kalsinasi berdasarkan hasil penelitian-penelitian sebelumnya sehingga diharapkan pada penelitian ini mendapatkan hasil yang lebih baik dari penelitian sebelumnya.

Saidah [4] mengatakan Fasa barium M-hexaferite $\text{BaFe}_{11,4}\text{Zn}_{0,6}\text{O}_{19}$ terbesar terdapat pada nilai $\text{pH}=1$ pada temperatur kalsinasi 150°C selama 4 jam sebesar 83,98% mempunyai nilai koersivitas (H_c) sebesar 0,0178T, magnetisasi remanensi sebesar 3,113 emu/gram dan magnetisasi saturasi (M_s) maksimum sebesar 25,50 emu/gram. Komposisi fasa Barium M-Heksaferit yang didoping dengan doping Zn melalui metode kopresipitasi banyak terbentuk pada kalsinasi 1000°C selama 4 jam dengan $x=0,3$ [14]. Komposisi fasa Barium M-Heksaferit yang didoping Zn dengan melalui metode yang sama banyak terbentuk pada kalsinasi 100°C selama 2 jam dengan $x=0,6$ [5]. Sehingga pada penelitian ini digunakan konsentrasi $x=0,0; 0,3; 0,6$ dan $0,9$.

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis barium M-heksaferit dengan dopan Zn menggunakan metode kopresipitasi, mengetahui pengaruh temperatur kalsinasi terhadap barium M-heksaferit dan mengetahui hubungan perbedaan konsen-trasi dopan terhadap hasil sintesis barium M-heksaferit. Barium M-heksaferit atau dikenal dengan sebutan BaM memiliki rumus kimia $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) dan struktur heksagonal yang sesuai dengan *space group* P 63/mmc. Sel kompleks BaM tersusun atas 2 sistem kristal yaitu struktur kubus-pusat-sisi (*face-centered-cubic*) dan heksagonal mampat (*hexagonal-close-packed*) [6]. Material yang memiliki sifat ferromagnetik bukan merupakan senyawa, tetapi berupa unsur murni. Biasanya dimiliki oleh logam transisi seperti Fe, Co, Ni dan beberapa logam tanah jarang seperti Nd dan Sm. Ferrimagnetik merupakan senyawa, dimana momen magnetiknya berasal dari atom-atom ataupun ion-ion yang tidak saling menghilangkan secara sempurna [4].

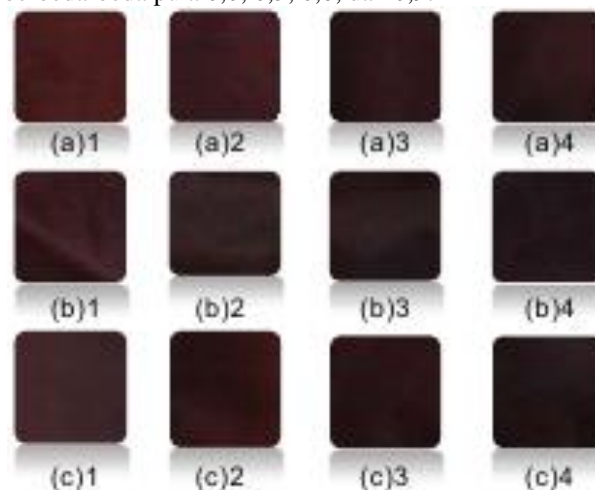
2. METODE

Sintesis dilakukan dengan metode kopresipitasi. Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini seperti BaCO_3 , $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, dan ZnCl_2 dalam bentuk serbuk dengan kemurnian 99,99%. Sintesis BaM yang dilakukan dengan menggunakan variasi $x = 0,0; 0,3; 0,6$; dan $0,9$ dan memvariasikan temperatur kalsinasi 80°C, 400°C, 600°C dan 800°C. Pertama-tama melarutkan ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dalam H_2O dengan menggunakan magnetik stirrer selama 30 menit (larutan 1) kemudian melarutkan BaCO_3 dalam HCl menggunakan *Hot plate magnetic stirrer* pada temperatur 70°C (larutan 2) selanjutnya melarutkan serbuk ZnCl_2 dalam H_2O (larutan 3). Semua larutan tersebut, larutan 1, 2, 3 dicam-purkan sambil diaduk selama 30 menit hingga homogen (larutan 4). Agar larutan 4 mengendap maka selanjutnya dititrasi dengan NH_4OH sampai terjadi pengendapan. Setelah itu

larutan 4 dicuci dengan aquades sampai pH netral. Perkursor dikeringkan dengan temperatur 80°C dan digerus hingga lembut dan melakukan pengujian menggunakan FTIR. Selanjutnya prekursor dikalsinasi pada temperatur 80°C, 400°C, 600°C dan 800°C dengan lama penahanan empat jam. Selanjutnya sampel yang telah dikalsinasi akan diuji menggunakan FTIR.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan sintesis barium M-heksaferit yang didoping Zn menggunakan metode kopresipitasi. Telah berhasil dilakukan sintesis BaM berupa serbuk. Gambar 2 menunjukkan terjadinya perubahan pada hasil sintesis. Perubahan tersebut didasarkan pada adanya perbedaan warna sampel yang dihasilkan pada temperatur kalsinasi 80°C, 400°C, 600°C dan 800°C dan pada konsentrasi dopan yang berbeda-beda pula 0,0; 0,3; 0,6; dan 0,9.



Gambar 1. Perubahan warna sampel (a) konsentrasi $x = 0,3$; (b) konsentrasi $x = 0,6$; (c) konsentrasi $x = 0,9$. (1) 80°C; (2) 400°C; (3) 600°C; (4) 800°C.

Gambar 1 menunjukkan terjadinya perubahan pada hasil sintesis. Perubahan tersebut didasarkan pada adanya perbedaan warna sampel yang dihasilkan pada temperatur kalsinasi 80°C, 400°C, 600°C dan 800°C dan pada konsentrasi dopan yang berbeda-beda pula.

Serbuk yang dihasilkan memiliki warna yang berbeda-beda. Perubahan warna pada serbuk tergantung pada konsentrasi pendopingan dan temperatur kalsinasi. Semakin besar konsentrasi pendopingan maka warnanya akan semakin gelap dan semakin tinggi temperatur kalsinasi maka warna serbuk BaM akan semakin gelap.

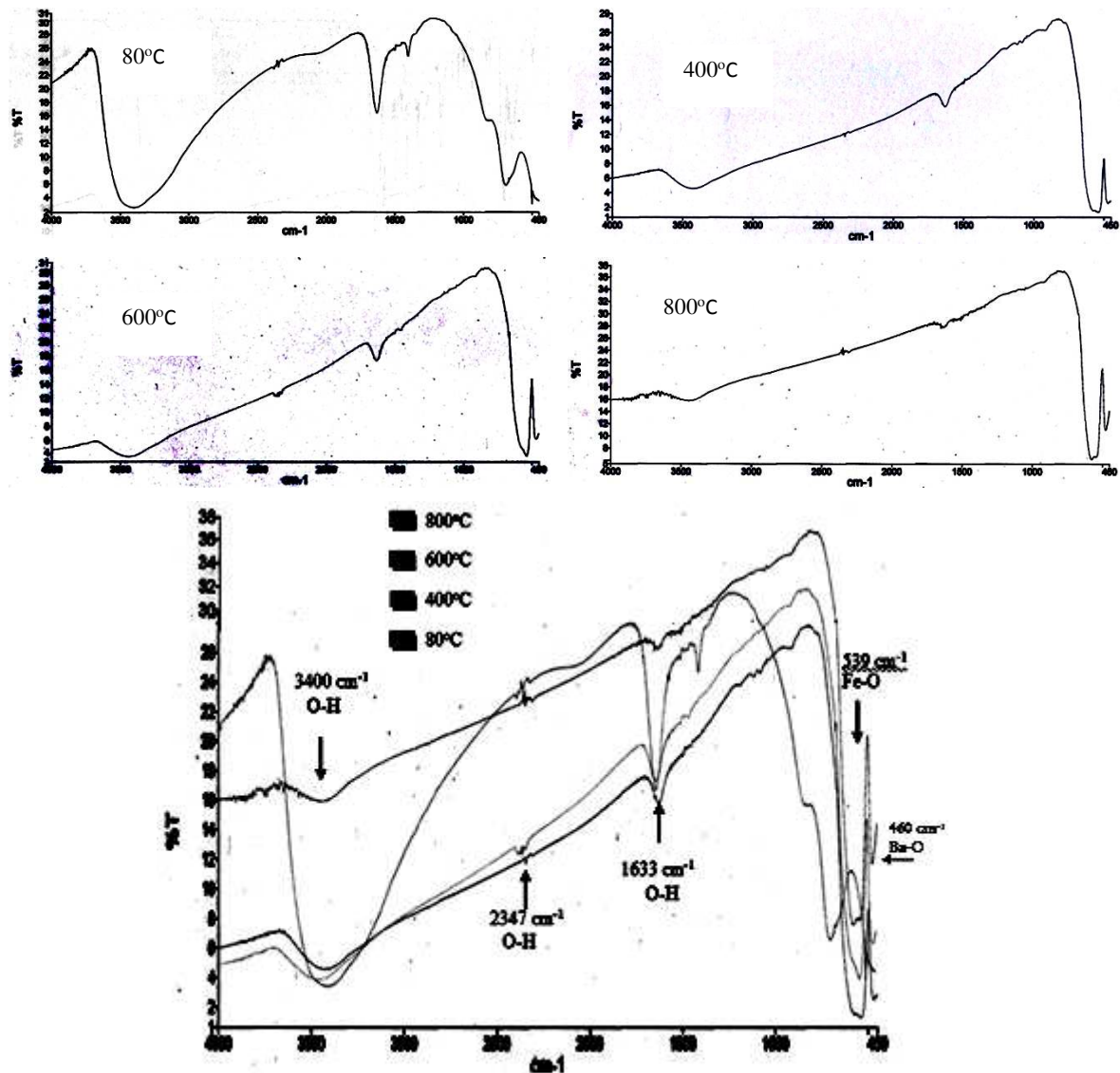
Karakterisasi Barium M-Heksaferit

Setelah dilakukan sintesis dan terbentuk serbuk barium M-heksaferit (BaM), selanjutnya melakukan karakterisasi bahan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) yang berguna untuk

mengetahui gugus ikatan pada sampel serta untuk mengetahui apabila masih ada zat-zat pengotor yang masih tersisa pada sampel BaM. Hasil pengujian dapat dilihat melalui grafik pada gambar berikut.

Berdasarkan gambar 3 bahwa pada besar pendopongan yang sama yaitu $x=0$ dan temperatur kalsinasi yang berbeda-beda dapat kita ketahui terdapat puncak pada bilangan gelombang $3700-3200\text{ cm}^{-1}$

mengindikasikan adanya gugus fungsi O-H [12]. Terdapat puncak pada bilangan gelombang 3400 cm^{-1} dan 2347 cm^{-1} . Hasil ini mirip dengan hasil penelitian sebelumnya yaitu pada bilangan gelombang 3352 cm^{-1} , 3640 cm^{-1} , 2923 cm^{-1} dan 2151 cm^{-1} yang artinya terdapat ikatan O-H [7-9].



Gambar 3: Grafik pola penyerapan FTIR pada sampel BaFe₁₂O₁₉ dengan variasi temperatur kalsinasi.

Terdapat puncak pada bilangan gelombang 1633 cm^{-1} , hasil ini serupa dengan penelitian sebelumnya mendapatkan puncak 1628 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya air pada sampel [7]. Sampel tanpa kalsinasi terdapat puncak yang sangat besar dan terus mengalami pengurangan nilai transmisi berbanding terbalik dengan nilai temperatur kalsinasi hingga puncak terkecil terdapat pada kalsinasi 800°C

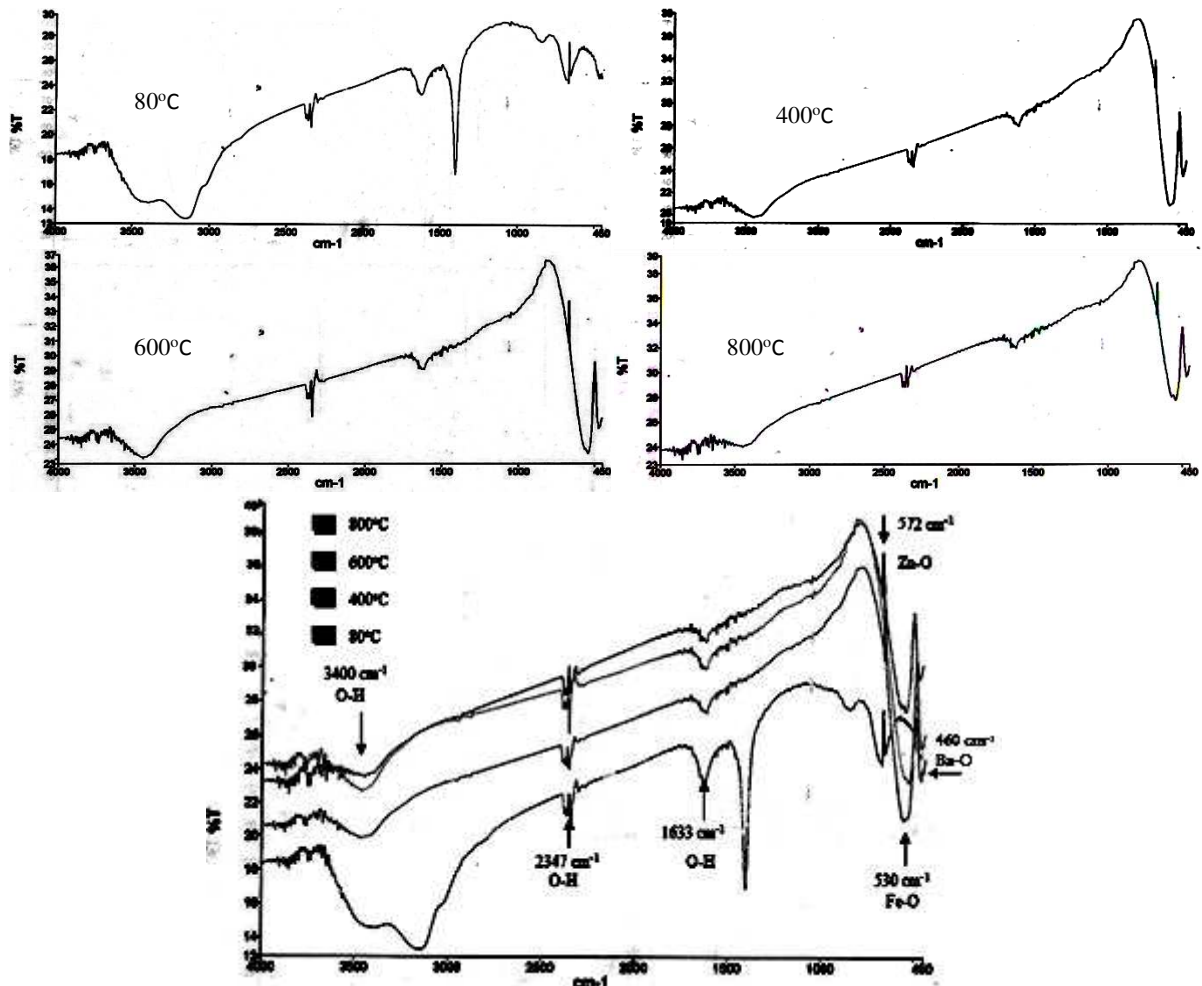
yang menandakan pada kalsinasi 800°C terdapat air paling sedikit.

Bilangan gelombang kurang dari 1000 cm^{-1} dikatakan sebagai daerah *fingerprint*. Pada daerah ini terdapat ikatan *metal oxide* [7]. Terdapat puncak pada daerah *fingerprint* tersebut yaitu tepatnya pada 530 cm^{-1} , 475 cm^{-1} , 460 cm^{-1} , hasil ini serupa dengan hasil penelitian sebelumnya 585 cm^{-1} , 546 cm^{-1} , 440 cm^{-1}

merupakan daerah terdapatnya gugus fungsi Fe-O dan Ba-O [10-11].

Pada daerah ini memiliki nilai transmisi berbanding lurus dengan nilai temperatur kalsinasi.

Semakin besar temperatur kalsinasi maka nilai transmisinya juga bertambah [13].



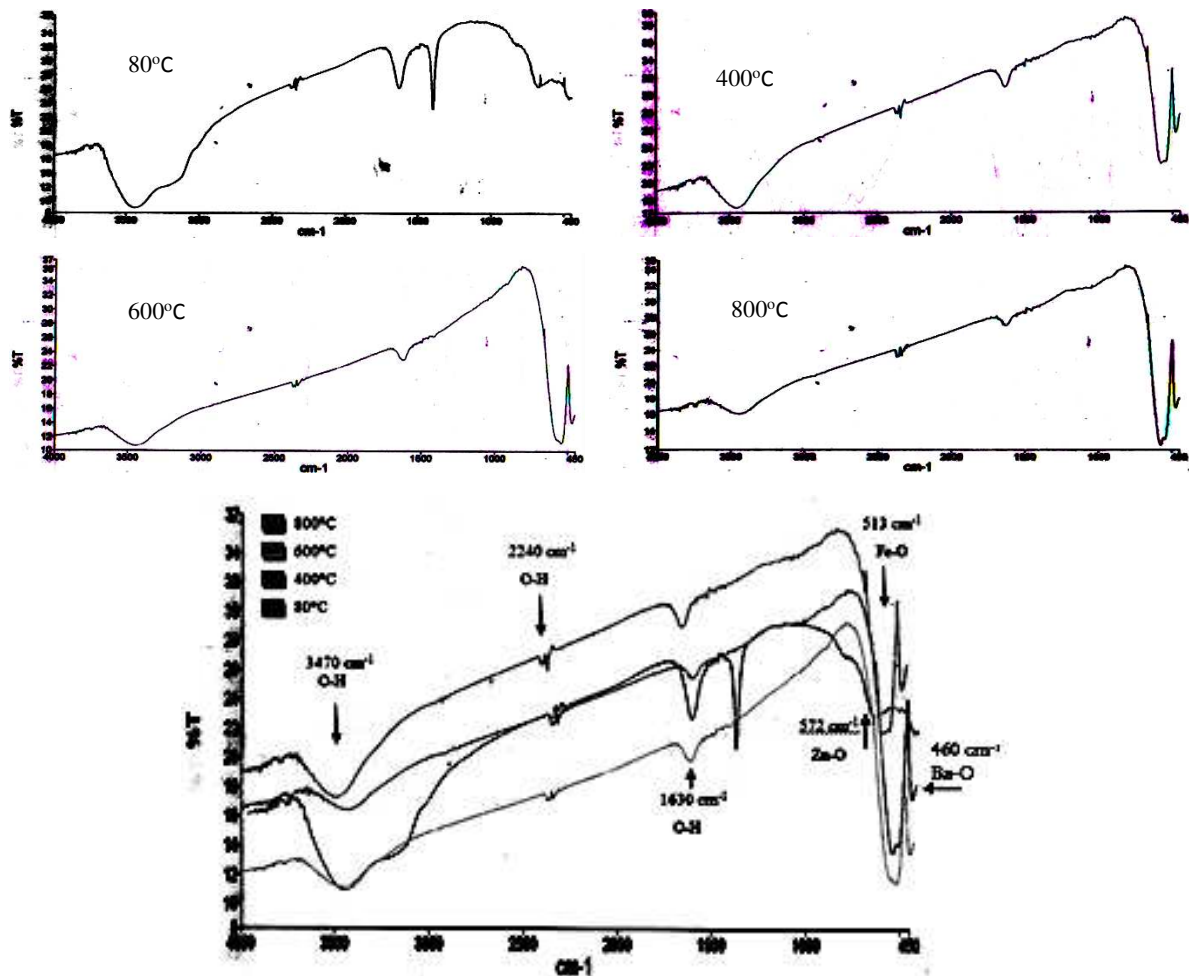
Gambar 4: Grafik pola penyerapan FTIR pada sampel $\text{BaFe}_{11.7}\text{Zn}_{0.3}\text{O}_{19}$ dengan variasi temperatur kalsinasi.

Berdasarkan gambar 4 tersebut bahwa pada besar pendopingan yang sama yaitu $x=0,3$ dan temperatur kalsinasi yang berbeda-beda dapat kita ketahui terdapat puncak pada bilangan gelombang 3447 cm^{-1} dan 2345 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang $3700\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya gugus fungsi O-H [12]. Hasil ini mirip dengan hasil penelitian sebelumnya yaitu pada bilangan gelombang 3352 cm^{-1} , 3640 cm^{-1} , 2923 cm^{-1} dan 2151 cm^{-1} yang artinya terdapat ikatan O-H [7-9].

Terdapat puncak pada bilangan gelombang 1615 cm^{-1} , hasil ini serupa dengan penelitian sebelumnya mendapatkan puncak 1628 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya air pada sampel [7]. Sampel tanpa kalsinasi terdapat puncak yang sangat besar dan terus mengalami pengurangan nilai transmisi

berbanding terbalik. dengan nilai temperatur kalsinasi hingga puncak terkecil terdapat pada kalsinasi 800°C yang menandakan pada kalsinasi 800°C terdapat air paling sedikit.

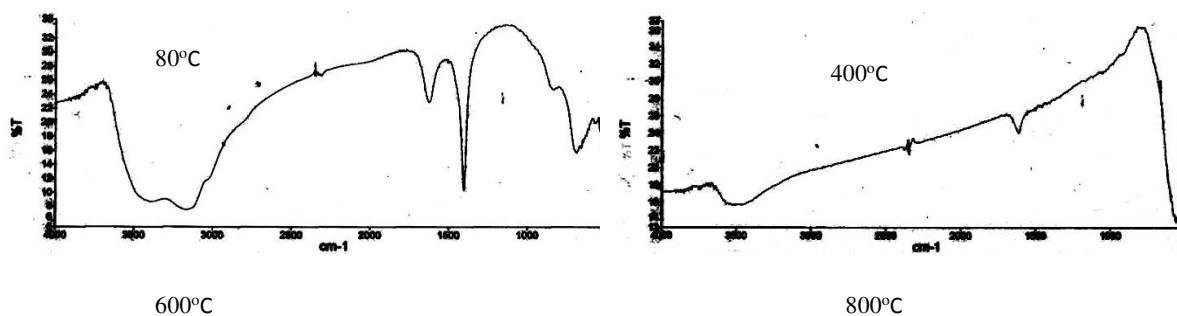
Bilangan gelombang kurang dari 1000 cm^{-1} dikatakan sebagai daerah *fingerprint*. Pada daerah ini terdapat ikatan *metal oxide* [7]. Terdapat puncak pada daerah *fingerprint* tersebut yaitu tepatnya pada 572 cm^{-1} mengindikasikan adanya ikatan Zn-O, terdapat juga puncak pada 530 cm^{-1} , 475 cm^{-1} , 460 cm^{-1} , hasil ini serupa dengan hasil penelitian sebelumnya 585 cm^{-1} , 546 cm^{-1} , 440 cm^{-1} merupakan daerah terdapatnya gugus fungsi Fe-O dan Ba-O [10-11]. Pada daerah ini memiliki nilai transmisi berbanding lurus dengan nilai temperatur kalsinasi. Semakin besar temperatur kalsinasi maka nilai transmisinya juga bertambah [13].

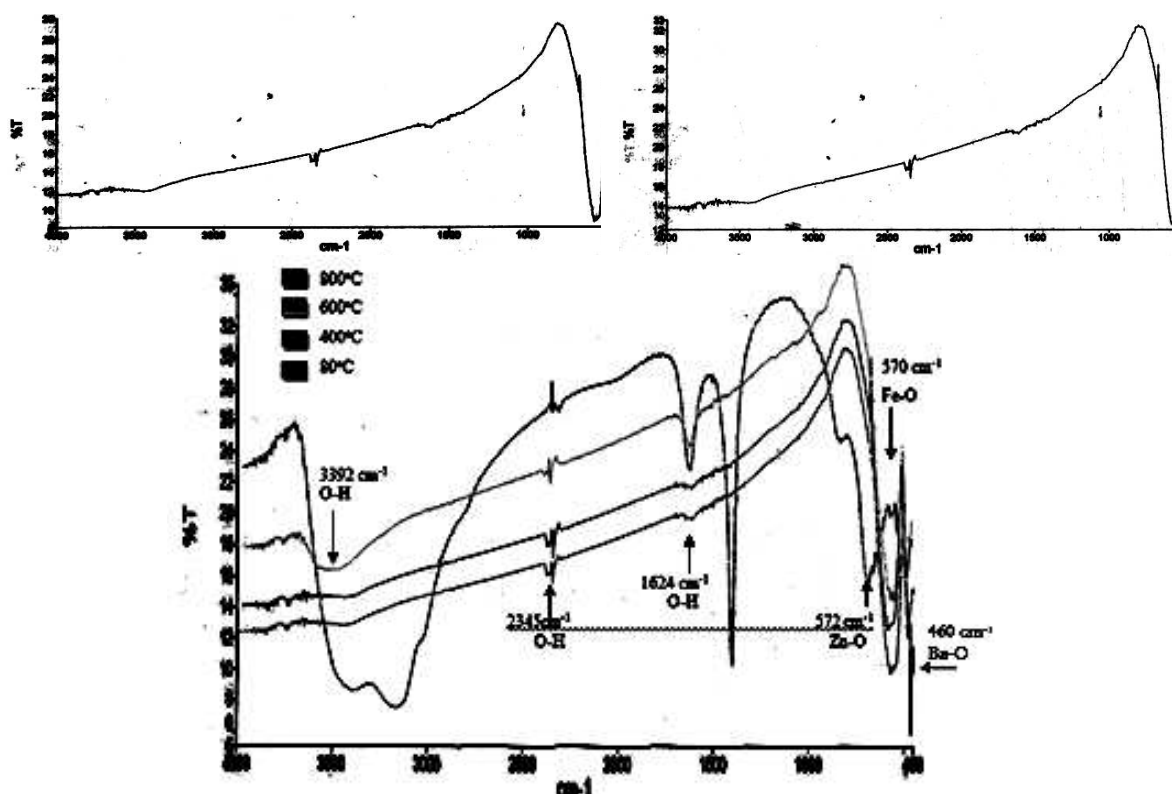


Gambar 5: Grafik pola penyerapan FTIR pada sampel $\text{BaFe}_{11.4}\text{Zn}_{0.6}\text{O}_{19}$ dengan variasi temperatur kalsinasi

Berdasarkan gambar 5 diketahui bahwa pada besar pendopingan yang sama yaitu $x=0,6$ dan temperatur kalsinasi yang berbeda-beda dapat kita ketahui terdapat puncak pada bilangan gelombang 3447 cm^{-1} dan 2345 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang $3700\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya gugus fungsi O-H [12]. Hasil ini mirip dengan hasil penelitian sebelumnya yaitu pada bilangan gelombang 3352 cm^{-1} , 3640 cm^{-1} , 2923 cm^{-1} dan 2151 cm^{-1} yang artinya terdapat ikatan O-H [7-9].

Terdapat puncak pada bilangan gelombang 1615 cm^{-1} , hasil ini serupa dengan penelitian sebelumnya mendapatkan puncak 1628 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya air pada sampel [7]. Sampel tanpa kalsinasi terdapat puncak yang sangat besar dan terus mengalami pengurangan nilai transmisi berbanding terbalik dengan nilai temperatur kalsinasi hingga puncak terkecil terdapat pada kalsinasi 800°C yang menandakan pada kalsinasi 800°C terdapat air paling sedikit.





Gambar 6: Grafik pola penyerapan FTIR pada sampel $\text{BaFe}_{11.1}\text{Zn}_{0.9}\text{O}_{19}$ dengan variasi temperatur kalsinasi

Bilangan gelombang kurang dari 1000 cm^{-1} dikatakan sebagai daerah *fingerprint*. Pada daerah ini terdapat ikatan *metal oxide* [7]. Terdapat puncak pada daerah *fingerprint* tersebut yaitu tepatnya pada 572 cm^{-1} mengindikasikan adanya ikatan Zn-O, terdapat juga puncak pada 530 cm^{-1} , 475 cm^{-1} , 460 cm^{-1} , hasil ini serupa dengan hasil penelitian sebelumnya 585 cm^{-1} , 546 cm^{-1} , 440 cm^{-1} merupakan daerah terdapatnya gugus fungsi Fe-O dan Ba-O [10-11]. Pada daerah ini memiliki nilai transmisi berbanding lurus dengan nilai temperatur kalsinasi. Semakin besar temperatur kalsinasi maka nilai transmisinya juga bertambah [13].

Berdasarkan gambar 6 tersebut bahwa pada besar pendopongan yang sama yaitu $x=0,9$ dan temperatur kalsinasi yang berbeda-beda dapat kita ketahui terdapat puncak pada bilangan gelombang 3392 cm^{-1} dan 2345 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang $3700\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya gugus fungsi O-H [12]. Hasil ini mirip dengan hasil penelitian sebelumnya yaitu pada bilangan gelombang 3352 cm^{-1} , 3640 cm^{-1} , 2923 cm^{-1} dan 2151 cm^{-1} yang artinya terdapat ikatan O-H [7-9].

Terdapat puncak pada bilangan gelombang 1651 cm^{-1} , hasil ini serupa dengan penelitian sebelumnya mendapatkan puncak 1628 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya air pada sampel [7]. Sampel tanpa kalsinasi terdapat puncak yang sangat besar dan terus mengalami pengurangan nilai transmisi berbanding terbalik dengan nilai temperatur kalsinasi

hingga puncak terkecil terdapat pada kalsinasi 800°C yang menandakan pada kalsinasi 800°C terdapat air paling sedikit.

Bilangan gelombang kurang dari 1000 cm^{-1} dikatakan sebagai daerah *fingerprint*. Pada daerah ini terdapat ikatan *metal oxide* [7]. Terdapat puncak pada daerah *fingerprint* tersebut yaitu tepatnya pada 572 cm^{-1} mengindikasikan adanya ikatan Zn-O, terdapat juga puncak pada 530 cm^{-1} , 475 cm^{-1} , 460 cm^{-1} , hasil ini serupa dengan hasil penelitian sebelumnya 585 cm^{-1} , 546 cm^{-1} , 440 cm^{-1} merupakan daerah terdapatnya gugus fungsi Fe-O dan Ba-O [10-11]. Pada daerah ini memiliki nilai transmisi berbanding lurus dengan nilai temperatur kalsinasi. Semakin besar temperatur kalsinasi maka nilai transmisinya juga bertambah [13].

4. KESIMPULAN

Analisis barium M-heksaferit yang didoping dengan variasi Zn 0,0; 0,3; 0,6 dan 0,9 dengan perubahan temperatur kalsinasi 80°C , 400°C , 600°C dan 800°C menggunakan FTIR disimpulkan sebagai berikut: Pada serbuk sampel yang didoping Zn dengan $x = 0,0; 0,3; 0,6; 0,9$ diperoleh gugus ikatan O-H pada bilangan gelombang 3400 cm^{-1} , 2345 cm^{-1} dan 1651 cm^{-1} yang memiliki puncak spektrum semakin mengecil seiring bertambahnya temperatur kalsinasi. Terdapat juga gugus ikatan Zn-O pada bilangan gelombang 572 cm^{-1} yang muncul pada sampel barium M-heksaferit yang telah didoping Zn

dan pada bilangan gelombang 530 cm^{-1} mengindikasikan adanya ikatan Fe-O sedangkan ikatan Ba-O terdapat pada bilangan gelombang 460 cm^{-1} .

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada semua pihak yang telah membantu sehingga terwujudnya artikel ini dan penelitian ini telah didanai oleh hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT) Kementerian Ristek dan Perguruan Tinggi Tahun 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sholihah, F, R., & Zainuri, M. 2012. Pengaruh Holding Time Kalsinasi Terhadap Sifat Kemagnetan Barium M-hexaferrite ($\text{BaFe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$) Dengan Ion Doping Zn. Jurnal Sains Dan Seni ITS. No. 1. Hal: 25-29
- [2] Ramli, I., Saidah, I, N., Findah, R, S., & Zainuri, M. 2012. Pengaruh Variasi Ph Pelarut Hcl Pada Sintesis Barium M-Heksaferit Dengan Doping Zn ($\text{BaFe}_{11,4}\text{Zn}_{0,6}\text{O}_{19}$) Menggunakan Metode Kopresipitasi. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Fisika Terapan III Universitas Airlangga, Surabaya, 15 September
- [3] Hasanah, E, Budi, A, S., Adi, W, A., & Suguhartono, I. 2012. Analisis Struktur Dan Sifat Magnetik Paduan Magnet Nanokristalin Barium Heksaferit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ Dengan Metode Mechanical Milling. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Fisika Terapan III Universitas Airlangga, Surabaya, 15 September
- [4] Saidah, I.N dan Zainuri, M. 2012. Pengaruh Variasi pH Pelarut HCl Pada Sintesis Barium M-Heksaferit Dengan Doping Zn ($\text{BaFe}_{11,4}\text{Zn}_{0,6}\text{O}_{19}$) Menggunakan Metode Kopresipitasi. Jurnal Sains Dan Seni ITS. 1: 41-46
- [5] Yuliana, D. 2011. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Pembentukan Struktur Kristal Barium M-Heksaferit Tersubstitusi Ion Dopan Zn. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Pendidikan, dan Penerapan MIPA, Surabaya, 14 Mei
- [6] Af'idah, N., Indahnia, E., & Darminto. 2011. Sintesis Barium M-Heksaferit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dengan Variasi Temperatur Kalsinasi. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Pascasarjana XI – ITS, Surabaya, 27 Juni
- [7] Kanagesan, S., Jesurania, S., Velmuragan, R., Kumar, C. dan T. Kalaivania. 2010. Magnetic Hysteresis Property of Barium Hexaferrite Using D-Fructose as a Fuel. Journal of Materials Science and Engineering. 9: 88-92.
- [8] Chauhan, C.C., Jotania, R.B., Jotania, K.R. 2013. Structural properties of cobalt substituted barium hexaferrite nanoparticles prepared by a thermal treatment method. Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics. 4: 363-369.
- [9] Temuujin, J., Aoyamaa, M., Sennaa, M., dkk. 2004. Synthesis of Y-type hexaferrites via a soft mechanochemical route. Journal of Solid State Chemistry. 177: 3903–3908.
- [10] Pereira, F.M.M., Junior, C.A.R., Santos, M.R.P., dkk. 2008. Structural and dielectric spectroscopy studies of the M-type barium strontium hexaferrite alloys ($\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$). Jurnal mater science. 19: 627–638
- [11] Omprakesh, S., Parveen, A., dan Naik, P.S. 2012. Synthesis, Characterization and DC Conductivity of Barium Hexaferrite. International Journal of Scientific and Engineering Research. 3: 1-4.
- [12] Kaur, T dan Srivastava, A.K. 2013. Effect of pH on Magnetic Properties of Doped Barium Hexaferrite. International Journal of Research in Mechanical Engineering & Technology. 3: 171-173.
- [13] Pangga, D., & Zainuri, M. 2012. Pengaruh Substitusi Ion Dopan Co/Zn Terhadap Struktur Kristal Barium M-Hexaferrite ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$). Tesis. Institut Teknologi Sepuluh November
- [14] Silvia, L. 2013. Pengaruh Ion Doping Zn pada Sifat Kemagnetan Barium M-Heksaferit $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ berbasis Pasir Besi Tulungagung. Jurnal Fisika Dan Aplikasinya. No: 9. Hal: 121-124