

PENGARUH pH LARUTAN TERHADAP PEMBENTUK FASA AMORF FE-SIO₂ UNTUK APLIKASI MICROWAVE ABSORBING MATERIAL

Siti Wardiyati dan Wisnu Ari Adi

Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju, BATAN, Kawasan Puspipstek, Serpong, Tangerang selatan 15314
e-mail: siti-war@batan.go.id

ABSTRAK

PENGARUH pH LARUTAN TERHADAP PEMBENTUK FASA AMORF Fe-SiO₂ UNTUK APLIKASI MICROWAVE ABSORBING MATERIAL. Telah berhasil dilakukan sintesis dan karakterisasi absorber magnetik Fe-SiO₂ secara sonikasi dengan menggunakan prekursor serbuk SiO₂ dan larutan campuran FeCl₂.4H₂O/FeCl₃.6H₂O. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan bahan absorber magnetik Fe-SiO₂ amorf, berukuran nano, bersifat magnetik dan menyerap gelombang elektro magnetik pada kisaran 8-12 GHz. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan variasi pH larutan dari 1,0 – 5,0. Karakterisasi Fe-SiO₂ hasil sintesis dilakukan dengan menggunakan alat X-ray diffraction (XRD) untuk analisis fasa, Fourier Transmission Infra Red (FTIR) untuk mengetahui jenis ikatan yang terjadi, Vibrating Sample Magnetometer (VSM) untuk mengetahui sifat magnetik bahan yaitu koersivitas dan saturasi magnetik, dan Vektor Network Analyzer (VNA) untuk mengetahui serapan gelombang suatu bahan. Dari hasil percobaan diperoleh bahan absorber magnetik Fe-SiO₂ amorf, berukuran nano dengan saturasi magnetik 1,6 emu/g dan reflection loss (RL) -16,73 dB pada frekuensi 8,38 GHz, RL -16,29 dB pada 9,96 GHz, dan RL -14,64 dB pada frekuensi 11,34 GHz.

Kata kunci : microwave absorber magnetic, SiO₂, FeCl₂, FeCl₃, sol-gel, sonikasi

ABSTRACT

INFLUENCE OF pH SOLUTION ON AMORPHOUS PHASE FORMATION Fe-SiO₂ FOR OF MICROWAVE ABSORBING MATERIALS APPLICATION. Synthesis and characterization of a microwave absorbing magnetic of Fe-SiO₂ has been done by sonication method using SiO₂ powder and FeCl₂.4H₂O/FeCl₃.6H₂O as a precursor. This research aims to obtain of microwave absorber magnetic of amorphouse Fe-SiO₂ in nano scale, magnetic and able to absorb electromagnetic waves in the range of 8 -12 GHz. To achieve those purposes was variated of pH of FeCl₂/FeCl₃ solution from 1.0 – 5.0. Fe-SiO₂ result was characterized by using X-ray diffraction (XRD) for phase analysis, Fourier Transmission Infra Red (FTIR) for identification of bonding type, Vibrating Sample Magnetometer (VSM)) to observe of coercivity and saturation magnetic, and Vector Network Analyzer (VNA) for observe of reflection. From the experimental obtained that the best of pH of FeCl₂/FeCl₃ solution is 2,5. In those condition was obtained of Fe-SiO₂ amorf with nano size, magnetic saturation 1.6 emu / g, and reflection loss (RL) -16,73 dB at 9,94 GHz, -16,12 dB at 11,3 GHz, and 14,64 dB at 0,68 GHz.

Keywords : microwave absorber magnetic, SiO₂, FeCl₂, FeCl₃, sol-gel, sonikasi

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang terus meningkat saat ini terutama pada peralatan yang menggunakan sistem modern dengan memanfaatkan panjang gelombang atau frekuensi, serta kecenderungan pergeseran penggunaan frekuensi ke ranah Gigahertz (GHz) dapat membangkitkan gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang dapat merambat walau tidak ada medium [1], sehingga dapat mengganggu fungsi peralatan elektronik seperti alat kesehatan, wireless, sistem radar, satelit komunikasi, antena dan alat komunikasi lainnya. Agar gelombang elektromagnetik tidak menimbulkan kerugian fungsi peralatan dan tidak memberikan dampak terhadap pengoperasian peralatan, maka diperlukan *shielding* atau material penyerap gelombang untuk mencegah emisi dan radiasi yang berasal dari dalam ke luar *shielding* atau dari luar ke

dalam *shielding* sehingga tidak menimbulkan interferensi akibat medan magnet dan medan listrik. Material penyerap gelombang dengan frekuensi penyerapan yang beragam dianggap sebagai solusi efektif bagi penanggulangan efek dari *electromagnetic interference* (EMI). Hal tersebut menjadikan material penyerap gelombang (*microwave absorber*) sebagai topik penting saat ini. Pengembangan material penyerap gelombang terpusat pada dua hal yakni sebagai penangkal interferensi gelombang elektromagnetik (*Electromagnetic Interference/EMI*) dan sebagai *Radar Absorbing Materials* (RAM). Persyaratan material anti-radar atau penyerap gelombang adalah bahan yang mempunyai sifat kelistrikan dan kemagnetan yang diperoleh dari dua material yang berbeda. Penelitian tentang material penyerap gelombang elektromagnetik telah dimulai sejak tahun 1930, dengan hak paten yang muncul di Nederland, Belanda pada tahun 1936 [2].

Bahan penyerap ini menggunakan tipe karbon hitam dan titanium oksida. Dengan kemajuan teknologi nano, maka dikembangkan pula bahan penyerap gelombang elektro magnetik atau bahan anti radar yang biasa disebut RAM berukuran nano. Salah satu bahan yang sangat menjanjikan untuk kepentingan tersebut adalah bahan nanopartikel magnetik yang disematkan ke bahan katalis. Salah satu jenis bahan katalis yang tepat untuk keperluan tersebut adalah silikon dioksida (SiO₂), karena SiO₂ mempunyai daya serap tinggi dan stabil serta mudah dibuat [3]. Sedangkan untuk material yang memiliki sifat kemagnetan tinggi adalah ion Fe (II)/Fe(III). Kedua bahan tersebut bila dipadukan secara benar akan mempunyai sifat kelistrikan dan kemagnitan yang bagus, dan mempunyai daya serap gelombang mikro cukup tinggi.

Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk penyematan ion Fe ke dalam SiO₂, diantara presipitasi, sol gel, dan elektrode plating [4,5]. Pada penelitian ini dilakukan sintesis Fe-SiO₂ dengan metode gabungan yaitu sol-gel dan sonikasi. Metode sol-gel digunakan pada pembentukan SiO₂, sedangkan proses sonikasi digunakan pada proses penyematan Fe pada SiO₂. Pembuatan SiO₂ secara sol-gel telah dilakukan pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan prekursor larutan natrium silikat (Na₂SiO₃) dan asam sulfat (H₂SO₄) [6], sedangkan proses penyematan ion Fe ke dalam senyawa SiO₂ dilakukan secara sonikasi dengan memanfaatkan energi kavitasasi yang terbentuk selama proses proses sonikasi. Proses/fenomena kavitasasi adalah proses terbentuknya gelembung kecil pada media perantara yang lama kelamaan gelembung tersebut bertambah besar dan akhirnya pecah (*collapse*) dan mengeluarkan tenaga yang cukup besar [7], tenaga inilah yang dimanfaatkan untuk membantu proses penyematan Fe ke SiO₂. Dengan adanya energi dari proses kavitasasi akan membantu masuknya Fe kedalam senyawa SiO₂ sehingga proses pendoppingan akan efektif. Ada beberapa faktor yang berpengaruh pada sintesis Fe-SiO₂ secara sonikasi, salah satu diantaranya pH larutan dan faktor inilah yang akan dipelajari pada penelitian ini. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan bahan absorber magnetik Fe-SiO₂ yang berukuran nano, bersifat magnet, dan mempunyai reflectan loss tinggi. Dengan diperolehnya bahan absorber magnetik Fe-SiO₂ dengan sifat tersebut akan mempertipis bahan absorber yang selama ini digunakan yaitu karbon aktif, akan tetapi tetap mempunyai kemampuan absorb yang tinggi.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah Serbuk Silikon dioksida (SiO₂) dengan ukuran partikel sekitar 20 nm dan luas permukaan 239 m²/g hasil sintesis penelitian sebelumnya, ethanol, FCl₂. 4H₂O dan FeCl₃. 6H₂O sebagai prekursor Fe, NaOH dan air demin. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah pengaduk magnetik

yang dilengkapi dengan pemanas, pompa peristaltik, ultrasonik tipe horn, mortal, dan tanur.

Alat karakterisasi yang digunakan antara lain *X-ray diffractometer (XRD)* merk *PAN Analytical* dengan sumber radiasi Cu K α pada kisaran sudut pengukuran (2 θ) 10 – 80 derajat, *XRD* digunakan untuk menentukan fasa dan ukuran partikel, *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* merk *OXFORD 1.2T* untuk mengetahui nilai saturasi dan koersivitas magnetik, *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)* merk *Bruker Tensor 25* pada kisaran bilangan gelombang pengukuran 400 cm⁻¹ – 4000 cm⁻¹ untuk mengetahui jenis ikatan yang terjadi dan *Vektor Network Analyzer (VNA)* untuk mengetahui serapan gelombang bahan hasil sintesis.

Cara kerja

Serbuk Silikon dioksida (SiO₂) dengan ukuran partikel \pm 20 nm dari hasil percobaan sebelumnya sebanyak 1,0 g [Siti Wardiyati dkk. 2017], dimasukkan kedalam larutan campuran FeCl₃ dan FeCl₂ (0,1 M) dengan perbandingan berat 1 : 1 sebanyak 100 mL dengan pH larutan bervariasi (1,0; 2,5 dan 5,0). Kemudian campuran tersebut diultrasonik dengan menggunakan ultrasonik jenis Horn dengan frekwensi 25 MHz; dan suhu dibatasi 50°C selama 30 menit. Untuk penyempurnaan proses dilakukan pengadukan dengan menggunakan magnetik stirrer selama 1 jam. Padatan dipisahkan, dicuci dengan air dan ethanol, selanjutnya dikeringkan didalam oven pada suhu 90°C hingga kering, digerus dan selanjutnya dikalsinasi pada suhu 300°C selama 3 jam. Fe-SiO₂ yang terbentuk dikarakterisasi dengan menggunakan XRD, VSM, VNA dan SAA.

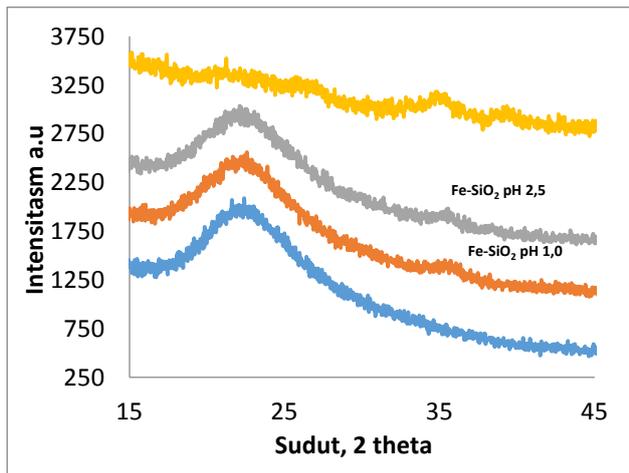
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil karakterisasi struktur atau fasa Fe-SiO₂ hasil sintesis dengan menggunakan *X-Ray Diffractometer (XRD)* dengan sumber radiasi Cu K α pada kisaran sudut pengukuran (2 θ) 10 – 80 derajat ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 terlihat pola difraksi SiO₂ murni, dan SiO₂ yang tersemati (*embedded*) ion Fe dengan variasi pH larutan. Pada pola difraksi SiO₂ murni terlihat hanya ada 1 (satu) puncak pada sudut 2 theta sekitar 22° yang merupakan puncak SiO₂ [8], akan tetapi setelah dilakukan penyematan Fe secara sonikasi pada pH larutan 1,0 terlihat puncak lain selain SiO₂ yaitu pada sudut 2 theta sekitar 36,5° yang merupakan puncak oksida Fe. Bila pH larutan dinaikkan menjadi 2,5, puncak oksida Fe terlihat semakin jelas yaitu pada sudut 2 theta sekitar 36,5° dan 38° yang mana puncak tersebut merupakan puncak Fe₂O₃ dan Fe₃O₄[9]. Dan bila pH larutan dinaikkan lagi menjadi 5,0 puncak SiO₂ mulai menghilang atau tidak terlihat lagi, hal ini disebabkan karena pada suasana basa (NaOH), SiO₂ akan bereaksi dengan NaOH membentuk natrium silikat (Na₂SiO₃), seperti yang ditunjukkan pada reaksi 1 [10].



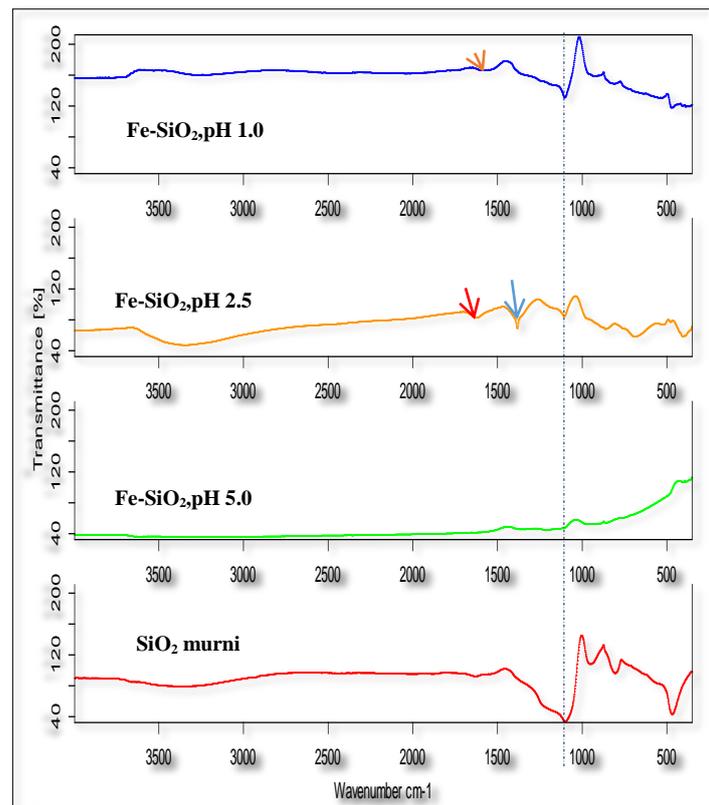
Dari data percobaan ini dapat disimpulkan bahwa pada optimum penyematan Fe adalah 2,5 karena pH 1,0 atau asam kuat proses penyematan Fe belum berjalan secara baik karena ion Fe masih terlarut dalam larutan, setelah pH dinaikkan menjadi 2,5 terjadi reaksi antara ion Fe dengan OH⁻ dalam larutan membentuk oksida Fe, dan pada pH 5,0 SiO₂ bereaksi dengan Na(OH) memrbentuk Na₂SiO₃.



Gambar 1 Pola difraksi Fe-SiO₂ hasil sintesis dengan alat XRD

Pembuktian selanjutnya untuk mengetahui telah terjadinya proses penyematan Fe ke SiO₂ dilakukan analisis dengan menggunakan *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)* merk *Bruker Tensor 25* pada kisaran bilangan gelombang pengukuran 400 cm⁻¹ – 4000 cm⁻¹ yang ditunjukkan pada Gambar 2.

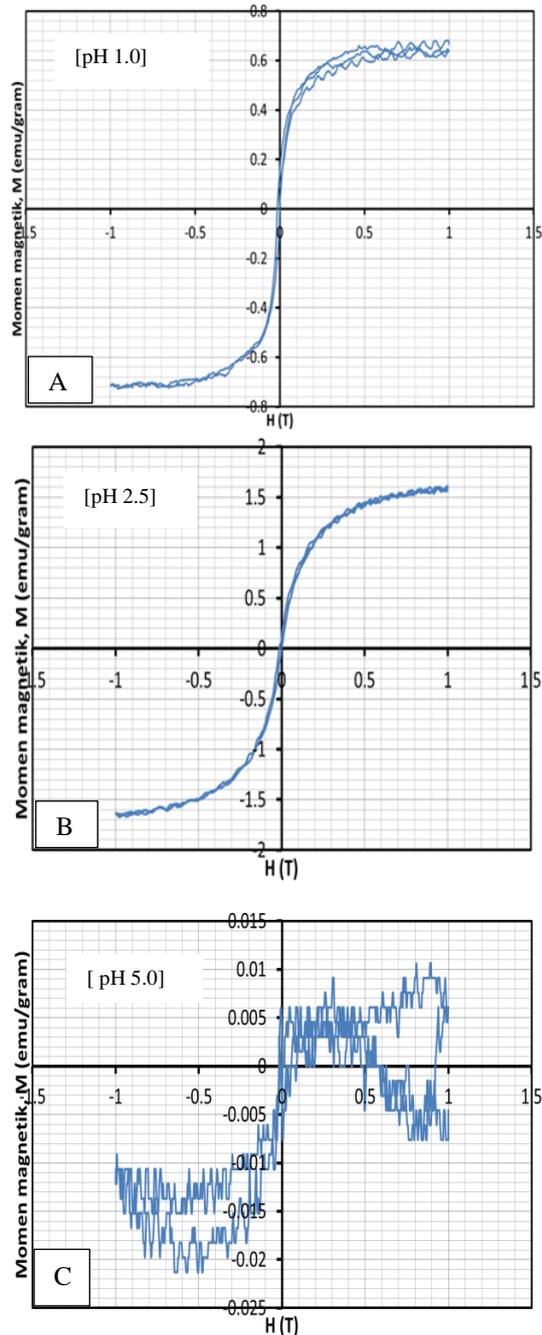
Pada Gambar 2 terlihat Spektrogram SiO₂ sebelum dan sesudah dilakukan penyematan Fe dengan variasi pH larutan. Pada Gambar 2 terlihat bahwa pada spektrogram SiO₂ murni terlihat adanya gugus fungsional SiO₂ yaitu pada *wavenumber* sekitar 1100 cm⁻¹. Setelah dilakukan penyematan Fe dalam medium asam dengan pH larutan 1,0 terlihat adanya perubahan tinggi transmisi dari SiO₂ dan terlihat munculnya spektrum pada *wavenumber* sekitar 1625 cm⁻¹ yang merupakan spektrum dari Fe₂O₃ [11], hal ini menunjukkan telah mulai terjadi proses penyematan Fe ke SO₂. Bila pH larutan dinaikkan menjadi 2,5, spektrum SiO₂ pada *wavenumber* sekitar 1100 cm⁻¹ masih terlihat dan muncul spektrum pada *wavenumber* sekitar 1655 cm⁻¹ dan 1385 cm⁻¹ yang merupakan spektrum Fe₃O₄ [11]. Dan bila pH larutan dinaikkan lagi menjadi 5,0 spketrum SiO₂ pada *wavenumber* sekitar 1100 cm⁻¹ tidak terlihat lagi, hal ini menunjukkan bahwa SiO₂ bereaksi dengan NA(OH) membentuk Na₂SiO₃ seperti yang ditunjukkan pada reaksi (1). Data hasil karakterisasi dengan menggunakan *FTIR* memberikan hasil yang sama dengan hasil karakterisasi menggunakan XRD, dimana yaitu proses penyematan Fe optimum pada pH larutan 2,5



Gambar 2 Spektrogram SiO₂ murni dan Fe-SiO₂ hasil sintesis dengan variasi pH larutan dengan menggunakan alat FT-IR

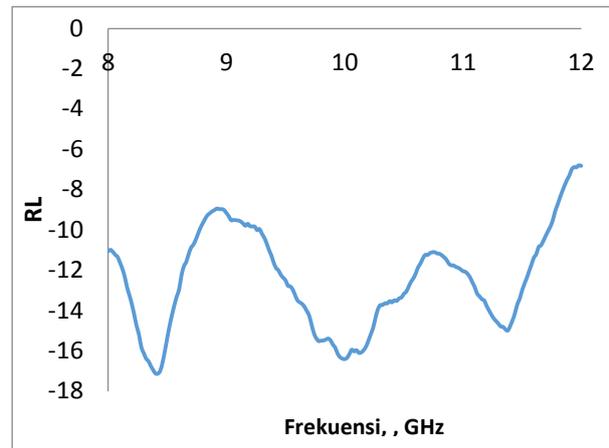
Karakterisasi selanjutnya yang perlu dilakukan adalah mengetahui nilai saturasi dan koersivitas magnetik Fe-SiO₂ hasil sintesis dengan menggunakan alat *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* merk *OXFORD 1.2T*. Hasil pengamatan sifat magnetik Fe-SiO₂ hasil sintesis dengan VSM ditunjukkan pada Gambar 3.

Pada Gambar 3. terlihat ada 3 (tiga) kurve histerisis Fe-SiO₂ hasil sintesis dengan perbedaan pH larutan proses sonikasi. Pada kurve histerisis [A] yaitu pH 1,0 terlihat adanya sifat magnet meskipun masih rendah, ini membuktikan bahwa telah terjadi proses penyematan Fe ke senyawa SiO₂, sedangkan pada kurve histerisis [B] yaitu pada pH larutan 2,5 sifat magnet tersebut semakin tinggi, hal ini dikarenakan terbentuknya senyawa Fe₂O₃ dan Fe₃O₄ seperti yang diperlihatkan dari data XRD maupun FTIR. Sifat magnet mengecil kembali bila pH larutan dinaikkan menjadi 5,0 seperti yang ditunjukkan pada kurve histerisis [C], hal ini menunjukkan bahwa pada pH 5,0 tidak terbentuk senyawa Fe₂O₃ maupun Fe₃O₄ seperti pada pH < 5,0. Dari data VSM ini memberikan hasil yang sama dengan hasil karakterisasi dengan menggunakan XRD dan FTIR, bahwa proses pembentukan bahan absorber magnetik Fe-SiO₂ secara sonikasi optimum pada pH 2,5. Hasil ini bila dibandingkan dengan percobaan yang dilakukan oleh Junqi Zhao et al [12], memberikan sifat magnetik yang sama yaitu *soft ferromagnetic (superparamagnetic)*.



Gambar 3 Kurve histerisis Fe-SiO₂ hasil sintesis dengan variasi pH larutan

Untuk membuktikan apakah bahan absorber Fe-SiO₂ yang dihasilkan ini dapat digunakan sebagai bahan absorber seperti tujuan penelitian ini yaitu untuk mendapatkan bahan absorber berukuran nano, bersifat magnet dan mempunyai *reflectan loss* tinggi maka perlu dilakukan pengamatan *reflectan loss* dengan menggunakan alat *Vector Network Analyzer* (VNA). Pada penelitian ini dilakukan pengukuran *reflectan loss* terhadap hasil terbaik yaitu Fe-SiO₂ hasil sintesis secara sonikasi pada pH larutan 2.5. Pengujian serapan dilakukan pada kisaran gelombang 8 – 12 GHz, karena kisaran gelombang tersebut merupakan gelombang RAM [13]. Hasil pengujian serapan Fe-SiO₂ hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Frekuensi serapan dan *reflection loss* Fe-SiO₂ hasil sintesis Gambar 4. Frekuensi serapan dan *reflection loss* Fe-SiO₂ hasil sintesis

Pada Gambar 4 terlihat bahwa microwave absorber magnetik Fe-SiO₂ hasil sintesis mempunyai serapan pada frekuensi 8,36 GHz dengan *reflection loss* (RL) -16,73 dB; 9,94 GHz dengan RL -16,12 dB dan pada frekuensi 11,3 GHz dengan RL -14,64 dB. Menurut Marki microwave untuk RL -14 sebanding dengan kemampuan serap 96,02 % sedangkan untuk RL -16 sebanding dengan kemampuan serap 97,49 %. Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa bahan absorber Fe-SiO₂ hasil sintesis tersebut mempunyai kemampuan serap berkisar 96 – 95,5 % pada frekuensi 8,36; 9,94 dan 11,3 GHz. [14]. Data ini bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Y. Yang (2013), jauh lebih bagus karena mempunyai frekuensi serapan lebih lebar dengan ketebalan lebih tipis. Dari hasil ini menunjukkan bahan Fe-SiO₂ hasil sintesis ini cukup bagus karena mempunyai daerah serapan yang cukup luas sehingga memenuhi syarat sebagai *Radar Absorbing Materials*.

KESIMPULAN

Microwave absorber magnetic Fe-SiO₂ dengan menggunakan prekursor serbuk SiO₂, dan campuran FeCl₃ dan FeCl₂ menggunakan metode sonikasi telah berhasil disintesis. Pada proses penyematkan Fe secara sonikasi pH larutan sangat berpengaruh terhadap karakteristik Fe-SiO₂ yang dihasilkan. Nilai pH larutan optimum terjadi pada pH 2,5, dimana pada kondisi tersebut diperoleh Fe-SiO₂ fasa amorf dengan sifat superparamagnetik dengan nilai saturasi magnetik 1,6 emu/g, *reflection loss* (RL) (1) RL -16,73 dB pada frekuensi 9,94 GHz, (2) RL -16,12 dB pada frekuensi 11,3 GHz dan (3) RL -14,64 dB pada frekuensi 0,68 GHz, dengan tebal absorber 1,0 mm. Proses sonikasi pada pH 5,0 SiO₂ dari data XRD dan FTIR tidak terlihat lagi karena bereaksi dengan NaOH membentuk Na₂SiO₃.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu hingga penulisan makalah ini selesai. Penelitian ini didanai oleh dana DIPA 2015 dan 2016 dengan judul kegiatan “Bahan smart magnetik berbasis sumber daya alam lokal untuk aplikasi industri menggunakan teknik nuklir”, Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir, BATAN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.S. VIRDI, Physics for class XII, EZ Revision series, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 2008.
- [2] K.J. VINOY and R.M. JHA, “Trend in Radar absorbing material technology”, Sodhana, Vol 20, part 5, October 1995, pp. 815-850, Printed in India.
- [3] S. MUSIĆ, N. FILIPOVIĆ-VINCEKOVIĆ and L. SEKOVANIĆ, “Precipitation of amorphous SiO₂ particles and their properties”, Brazilian Journal of Chemical Engineering, Vol. 28, No. 01, pp. 89 - 94, January - March, 2011.
- [4] ZHANG SHUAN-QIN , “Study on the electromagnetic properties of a coated radar absorbent”, Chin. Phys. B Vol. 21, No. 6, 065101, 2012.
- [5] Y. YANG, “Synthesis and microwave absorbing properties of Fe/SiO₂ particles with core/shell structure”, 2013 [http://scholarbank.nus.edu.sg/bitstream/handle/10635/37835/Yang_Y_Chapter %203.pdf?sequence](http://scholarbank.nus.edu.sg/bitstream/handle/10635/37835/Yang_Y_Chapter%203.pdf?sequence).
- [6] S. WARDIYATI, W A ADI and DESWITA, “Synthesis and Characterization of Microwave Absorber SiO₂ by Sol-Gel Methode”, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 202 012059, 2017.
- [7] S. WARDIYATI, “Pemanfaatan ultrasonik dalam bidang kimia”, Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan tehnologi Bahan 2004, Serpong 7 September 2004
- [8] ASMAA MOURHLY, MARIAM KHACHANI, ADNANE EL HAMIDI, MOHAMMED KACIMI, MOHAMMED HALIM and SAID ARSALANE, “The Synthesis and Characterization of Low-cost Mesoporous Silica SiO₂ from Local Pumice Rock, Nanotechnology and Nanomaterial”, December 7,2015, ISSN 1847-9804.
- [9] I. KAZEMINEZHAD and S. MOSIVAND, “Phase Transition of Electrooxidized Fe₃O₄ to γ and α -Fe₂O₃ Nanoparticles Using Sintering Treatment”, Vol. 125 (2014) ACTA PHYSICA POLONICA A No. 5, 2014 (1210-1214)
- [10] ADI MASRAMDANI, <https://adimasramdhani.wordpress.com/2011/03/13/silikon-dioksida-silicon-dioxide/>, diakses 25 April 2017.
- [11] NAGARAJ ASAVEGOWDA, KANCHAN MISHRA and YONG ROK LEE, “Sonochemically synthesized ferromagnetic Fe₃O₄ nanoparticles as a recyclable catalyst for the preparation of

pyrrolo[3,4-c]quinoline-1,3-dione derivatives”, RSC Advances, Issue 106, 2014 An international journal to further the chemical sciences.

- [12] JUNQI ZHAO, YUJUN WANG, GUANGSHENG LUO, and SHENLIN ZHU , “In situ synthesis of magnetic mesoporous silica via sol-gel process coupled with precipitation and oxidation”, Particuology 9, 2011 (56–62).
- [13] BRANKA MUŠIČ , ANDREJ ŽNIDARŠIČ, and PETER VENTURINI, “Electromagnetic absorbing materials”, Informacije MIDEM 41, 2, Ljubljana. 2011, UDK621.3:(53+54+621+66), ISSN0352-9045.
- [14] MARKIMICROWAVE, www.markimicrowave.com. 215 Vineyard Court, Morgan Hill, CA 95037, diakses 12 Oktober 2017

TANYA JAWAB

Ahmad Faisal Harish

1. Bagaimana cara memvalidasi pH pada SiO₂?
2. Apakah ketika diaplikasikan pada cat akan berfungsi baik sebagaimana layaknya cat? Seberapa efektifkah ketika digunakan sebagai cat?

Siti Wardiyati

1. Cara memvalidasi pH pada pembuatan Fe-SiO₂ secara sonikasi. Dimana, campuran larutan FeCl₃.6H₂O dan FeCl₂.4H₂O dengan konsentrasi tertentu, kemudian larutan diatur pH nya dengan menggunakan NaOH/HCl, setelah pH yang diinginkan tercapai dimasukkan serbuk SiO₂ ke dalam larutan FeCl₂/FeCl₃ tersebut dan selanjutnya disonikasi selama 30 menit. Selanjutnya pengadukan dilanjutkan dengan menggunakan magnetik stirrer untuk penyempurnaan proses selama 1 jam, saring, pengeringan, kalsinasi, hasil Fe-SiO₂.
2. Dalam pengaplikasian pada cat, masih diperlukan tahapan-tahapan lanjut. Yang terpenting dalam penelitian ini Fe-SiO₂ yang dihasilkan telah mempunyai serapan pada 8-12 GHz dengan daya serap sekitar 95,5 – 96%.

Trimadji

1. Bagaimana sifat kemagnetan Fe-SiO₂? Apakah ferromagnetic, ferrimagnetik atau antiferromagnetik, mohon dapat dijelaskan
2. Seberapa jauh secara ilmiah kontribusi sifat magnetik Fe terhadap penyerapan/absorbs gelombang microwave?

Siti Wardiyati

1. Sifat kemagnetan Fe-SiO₂ hasil sintesis adalah superparamagnetik. Ini terlihat dari kurva histerisis yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan VSM yang mana dari bentuknya menunjukkan bahwa Fe-SiO₂ yang dihasilkan bersifat superparamagnetik, yang artinya bahan tersebut akan sifat magnetnya akan hilang bila medan magnet dihilangkan.

2. *Kontribusi sifat magnet Fe terhadap penyerapan / absorpsi gelombang microwave sangat berperan karena syarat utama bahan-bahan microwave absorbing material-material adalah bahan atau material yang mempunyai sifat magnetik dan elektrik, sehingga sifat magnetik dan elektrik, sehingga apabila sifat magnet tidak ada serapan bahan pada daerah 8-12 GHz.*

Saeful Yusuf

Mengapa judul makalah tidak sesuai dengan data yang ditampilkan. Seharusnya terdapat data pengaruh pH terhadap aplikasi microwave absorbing material?

Siti Wardiyati

Judul makalah sebenarnya sudah sesuai hanya masih ada kekurangan data VNA untuk pH 1,0 dan 5,0. Hal ini

tidak kami informasikan karena yang diambil optimumnya saja yaitu pH 2,5.

Th. Rina M.

Langkah apa yang harus diambil untuk meningkatkan kemampuan serap ~100%?

Siti Wardiyati

Langkah yang diambil untuk meningkatkan kemampuan serap agar tercapai ~100%, diantaranya memvalidasi jumlah Fe yang dapat tersemat ke dalam SiO₂, mengupayakan agar diperoleh senyawa Fe-SiO₂ yang berukuran nano dan single phase. Hal ini sangat tergantung dengan metode yang digunakan, maka pemilihan metode yang digunakan untuk mensintesis perlu diperhatikan juga.