

SINTESIS BAHAN PENYERAP GELOMBANG MIKRO $Co_{0,75}Ni_{0,25}Ti_{(1-x)}Y_xO_3$ MENGUNAKAN METODE BALL MILL

TESALONIKA SIREGAR¹, MUHAMMAD RIZKY², WISNU A. ADI³, YUNASFI³,
MASHADI³, TOGAR SARAGI^{4*}

¹Program Studi Sarjana Fisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Jatinangor KM 21, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, 45363.

²UIN SMH Banten, Jl. Jendral Sudirman no.30, Ciceri, Kota Serang.

³Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) KST BJ Habibie, Jl. Raya Serpong, Muncul, Kecamatan Setu, Kota Tangerang Selatan, Banten 15314.

⁴Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Jatinangor KM 21, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, 45363.

Abstrak. Telah berhasil disintesis bahan $Co_{0,75}Ni_{0,25}Ti_{(1-x)}Y_xO_3$ dengan komposisi ($x = 0; 0,025; 0,05$ dan $0,075$) dengan menggunakan metode reaksi padatan sebagai penyerap gelombang mikro. Empat bahan dasar yang digunakan diantaranya Nikel (II) Oxide (NiO), Yttrium Oxide (Y_2O_3), Titanium (IV) oxide (TiO_2) dan Cobalt oxide (Co_3O_4). Bahan di milling menggunakan HEM selama 5 jam, di oven selama 5 jam pada suhu $80\text{ }^\circ\text{C}$ dan disinter pada suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$ selama 5 jam. Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan X-Ray Diffraction untuk analisa fasa, Scanning Electron Microscope untuk pengamatan morfologi dan Vector Network Analyzer untuk mengetahui besarnya penyerapan gelombang. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa sampel dengan komposisi $x = 0$ dan $x = 0,025$ memiliki fasa tunggal yaitu $CoTiO_3$, sedangkan komposisi $x = 0,05$ dan $x = 0,075$ memiliki 3 fasa diantaranya $CoTiO_3$, $O_7Ti_2Y_2$ dan Co_2O_4Ti . Dari pengukuran SEM diperoleh morfologi partikel berbentuk bola dengan ukuran diameter partikel yang semakin mengecil seiring penambahan doping Yttrium. Dengan VNA, untuk C-band diperoleh nilai Reflection Loss $-25,6\text{ dB}$ dengan persentase penyerapan sekitar $99,72\%$ pada frekuensi 6 GHz ($x = 0,05$), dan pada X-band diperoleh nilai Reflection-Loss hingga $-10,91\text{ dB}$ dengan persentase penyerapan sekitar $91,9\%$ pada frekuensi $11,64\text{ GHz}$ ($x = 0,075$).

Kata kunci: absorban, metode ball-mill, Reflection Loss.

Abstract. The samples of $Co_{0,75}Ni_{0,25}Ti_{(1-x)}Y_xO_3$ with the composition ($x = 0; 0.025; 0.05$ and 0.075) has been successfully synthesized using the solid state reaction method as a microwave absorber. The four basic bahans used include Nickel (II) Oxide (NiO), Yttrium Oxide (Y_2O_3), Titanium (IV) oxide (TiO_2) and Cobalt oxide (Co_3O_4). The bahan is milled using HEM for 5 hours, oven for 5 hours at a temperature of $80\text{ }^\circ\text{C}$ and sintered at a temperature of $1000\text{ }^\circ\text{C}$ for 5 hours. Sample characterization was carried out using X-Ray Diffraction to analyze phases, Scanning Electron Microscope to observe morphology and Vector Network Analyzer to determine the amount of wave absorption. The XRD characterization results show that samples with compositions $x = 0$ and $x = 0.025$ have a single phase, namely $CoTiO_3$, while compositions $x = 0.05$ and $x = 0.075$ have 3 phases including $CoTiO_3$, $O_7Ti_2Y_2$ and Co_2O_4Ti . From the SEM measurements, it was observed that the morphology of the samples is spherical shape, with the particle diameter decreases with addition of Yttrium doping. From VNA measurements for the C-band a Reflection Loss value is -25.6 dB with an absorption rate of about 99.72% at a frequency of 6 GHz ($x = 0.05$), while for the X-band a Reflection-Loss value of up to -10.91 dB with Absorption about 91.9% at a frequency of 11.64 GHz ($x = 0.075$).

Keywords: ball-mill method, doping, Reflection Loss.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi tentunya memudahkan kehidupan manusia, namun selalu beriringan dengan ancaman. Dalam bidang pertahanan dan keamanan negara khususnya kawasan atau pangkalan militer, teknologi rekayasa bahan memiliki peran penting. Salah satunya adalah teknologi

* Email: t.saragi@phys.unpad.ac.id

anti-radar yang menggunakan bahan tertentu. Bahan anti-radar dapat dipergunakan untuk menyamarkan kawasan militer dan sarana pendukungnya guna menghindari tangkapan atau deteksi radar musuh. *Radio Detection and Ranging* (Radar) merupakan perangkat gelombang elektromagnetik yang digunakan untuk mendeteksi objek jarak jauh. Radar sangat penting dalam sistem pertahanan negara [1]. Untuk menghindari deteksi Radar maka digunakan bahan penyerap gelombang mikro sebagai bahan pelapis atau pengecat peralatan dan fasilitas pertahanan seperti pesawat tempur, kapal perang, pakaian tentara dan lain-lain [2].

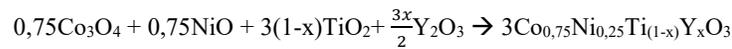
Syarat utama yang diperlukan untuk membuat bahan penyerap gelombang adalah memiliki nilai permeabilitas (sifat rugi magnet) dan permitivitas (sifat rugi dielektrik) yang tinggi [2]. Bahan dengan permeabilitas relatif (μ_r) yang tinggi dapat diperoleh pada bahan ferromagnetik (100-6000), antiferromagnetik (1-100), paramagnetik (1) dan diamagnetik (0,9 atau mendekati 0). Sedangkan bahan dengan nilai permitivitas relatif (ϵ_r) atau konstanta dielektrik yang tinggi terdapat pada Barium Strontium Titanate ($\text{Ba}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{TiO}_3$) dengan nilai 2000-3000, Titanium Dioxide (TiO_2) dengan nilai 100-200, polystyrene dengan nilai 2,5-2,7, air bernilai 1 dan vakum bernilai 1.

Bahan yang memiliki kedua sifat di atas dimiliki oleh sistem *perovskite* (ABX_3). Baru-baru ini, sistem *perovskite* MTiO_3 (M = metal seperti Ni, Pb, Fe, Co, Cu dan Zn) dianggap sebagai *smart material* karena memiliki sifat magnetik yang tinggi dan konstanta dielektrik κ yang tinggi [3]. Salah satu logam yang telah digunakan adalah cobalt, yaitu cobalt titanate, CoTiO_3 . Dari karakteristik magnet diketahui bahwa CoTiO_3 termasuk bahan ferromagnetik dengan nilai permeabilitas yang tinggi. Demikian juga dari karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) diketahui bahwa CoTiO_3 memiliki struktur Rhombohedral [4]. CoTiO_3 merupakan bahan yang memiliki sifat permitivitas dan permeabilitas berfasa tunggal dengan pigmen warna hijau [5]. Pigmen warna hijau ini dapat diaplikasikan untuk penyamaran militer Indonesia yang menggunakan seragam warna hijau. Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan persentase penyerapan gelombang elektromagnetik diantaranya dengan melakukan doping cerium pada Ti sehingga membentuk $\text{CoTi}_{(1-x)}\text{Ce}_x\text{O}_3$, atau dengan pengendalian ketebalan lapisan (*coating*). Pada tahun 2018 telah dilakukan penelitian mengenai efek doping logam tanah jarang cerium pada Ti dengan metode *mechanical milling*. Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa karakteristik *Radar Absorber Bahan* (RAM) pada sampel $\text{CoTi}_{(1-x)}\text{Ce}_x\text{O}_3$ memiliki nilai serapan tertinggi sebesar 80% pada sampel $\text{CoTi}_{0,98}\text{Ce}_{0,02}\text{O}_3$ [5].

Untuk meningkatkan nilai permeabilitas peneliti juga melakukan doping nikel pada cobalt. Hal ini disebabkan karena nikel merupakan bahan ferromagnetik dengan nilai permeabilitas yang tinggi. Doping nikel juga telah dilakukan pada senyawa dengan sistem *perovskite* $\text{La}_{0,67}\text{Sr}_{0,33}\text{Mn}_{(1-x)}\text{Ni}_x\text{O}_3$ dimana doping nikel dapat meningkatkan kemampuan penyerapan gelombang mikro dengan nilai *Reflection Loss* terbesar sekitar -11,492 dB untuk $x < 0,3$ [6]. Untuk meningkatkan nilai permitivitas dan nilai permeabilitas, dapat dilakukan dengan penggunaan doping logam tanah jarang Yttrium. Hal ini disebabkan karena Yttrium memiliki sifat magnetik dan elektromagnetik yang baik diantaranya memiliki konduktivitas termal yang tinggi, resistivitas listrik yang tinggi dan nilai permitivitas yang tinggi [7]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan digunakan doping Yttrium pada titanium sehingga membentuk senyawa $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan karakteristik penyerapan gelombang elektromagnetik. Uji penyerapan gelombang elektromagnetik dalam paper ini akan dilakukan pada gelombang mikro, yaitu pada C-band dan X-band.

2. Metode Penelitian

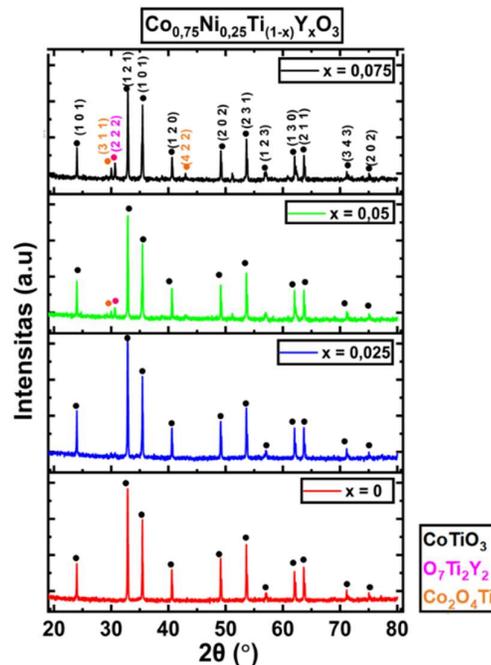
Bahan $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ disintesis menggunakan empat bahan dasar diantaranya *Nikel (II) Oxide* (NiO), *Yttrium Oxide* (Y_2O_3), *Titanium (IV) oxide* (TiO_2) dan *Cobalt oxide* (Co_3O_4) dengan total berat 10 gram. Bahan $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ disintesis dengan empat variasi ($x = 0; 0,025; 0,05$ dan $0,075$) dengan persamaan;



Masing-masing variasi yang telah ditimbang kemudian ditambah etanol 20 mL dan 12 butir bola *milling* dengan ukuran 4 gram sehingga perbandingan serbuk dengan bola *milling* 1:5. Proses *milling* dilakukan dengan menggunakan *High Energy Milling* (HEM) selama 5 jam dengan kecepatan 1000 rpm, kemudian dipanaskan selama 5 jam pada suhu 80°C . Semua bahan dimasukkan ke dalam *crucible* kemudian disinter pada suhu 1000°C selama 5 jam. Kemudian, bahan digerus menggunakan mortar hingga halus. Serbuk $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengidentifikasi struktur dan fase yang terbentuk. Selain itu dilakukan pengukuran *Scanning Electron Microscope* (SEM) di BRIN KST BJ Habibie, Serpong Gedung 71 (Ex-BATAN), Tangerang Selatan untuk mengidentifikasi morfologi sampel, dan karakterisasi *Vector Network Analyzer* (VNA) dilakukan di Gedung 440 Fisika-BRIN Serpong, Tangerang Selatan untuk mengidentifikasi karakteristik penyerapan gelombang mikro pada C-band dan X-band.

3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 1 menunjukkan pola difraksi *X-Ray Diffraction* (XRD) pada sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan komposisi ($x = 0; 0,025; 0,05$ dan $0,075$).

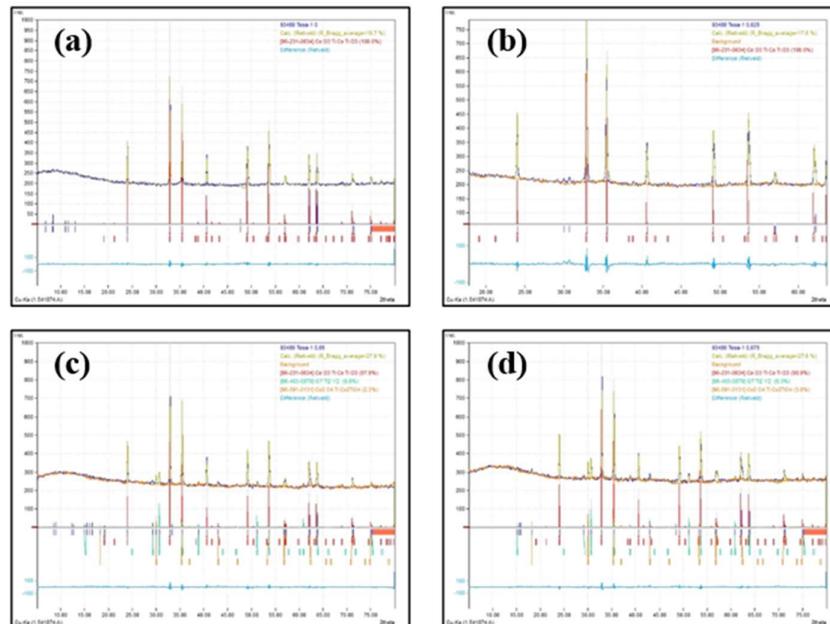


Gambar 1. Pola difraksi sinar-X pada sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan komposisi ($x = 0; 0,025; 0,05$ dan $0,075$).

Dari hasil pengukuran XRD diperoleh bahwa sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan $x = 0$ dan $x = 0,025$ memiliki struktur kristal trigonal rhombohedral dengan fasa tunggal yaitu CoTiO_3 , sedangkan variasi $x = 0,05$ dan $x = 0,075$ memiliki 3 fasa diantaranya CoTiO_3 (struktur kristal trigonal rhombohedral), $\text{O}_7\text{Ti}_2\text{Y}_2$ dan Co_2TiO_4 (struktur kristal kubik). Sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ ($x = 0$) memiliki puncak difraksi pada $32,9^\circ$ (intensitas 5363) bergeser menjadi $32,93^\circ$ pada $x = 0,025$; $0,05$ dan $0,075$ dengan masing-masing intensitas 5145, 5775, dan 4418. Puncak utama muncul pada sudut $32,94^\circ$ dengan indeks hkl (121). Fasa tunggal pada $x = 0$ dan $x = 0,025$ sesuai dengan *Crystallography Open Database* (COD) nomor 96-231-0634 pada MATCH 3!. Penambahan Yttrium sebesar $x = 0,05$ dan $x = 0,075$ menunjukkan adanya puncak baru. Pada sudut sekitar 30° dengan hkl (311) dan sudut $42,94^\circ$ dengan hkl (422) adalah fasa Co_2TiO_4 sesuai dengan data nomor 96-591-0131 dan pada sudut $30,68^\circ$ dengan hkl (222) adalah fasa $\text{O}_7\text{Ti}_2\text{Y}_2$ sesuai dengan data nomor 96-403-0879.

Gambar 2 menunjukkan hasil *refinement* data XRD untuk keempat komposisi Yttrium dengan menggunakan MACTH 3. Dari hasil *refinement* diperoleh nilai χ^2 dalam rentang 1 hingga 1,1 sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan nilai χ^2 sudah mendekati 1 pada komposisi Yttrium 0 dan 0,025 dan bahkan bernilai 1 pada komposisi Yttrium 0,05 dan 0,075. Hal ini mengindikasikan bahwa proses *refinement* sudah mendekati ideal.

Tabel 2 menunjukkan persentase fasa yang terbentuk dalam serbuk $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ pada semua komposisi. Komposisi $x = 0$ dan $x = 0,025$ memiliki kemurnian sebesar 100% yang mengindikasikan fasa tunggal. Sedangkan pada komposisi $x = 0,05$ memiliki kemurnian sebesar 87,9% dan pada $x = 0,075$ memiliki kemurnian sebesar 90,0%. Hal ini mengindikasikan adanya fasa campuran diantaranya adalah fasa $\text{O}_7\text{Ti}_2\text{Y}_2$ dan $\text{Co}_2\text{O}_4\text{Ti}$.



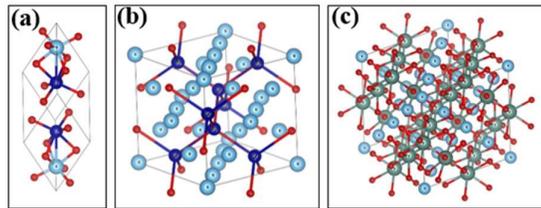
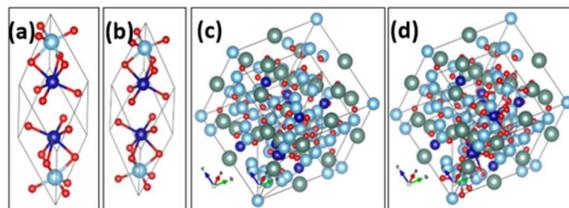
Gambar 2. Identifikasi fasa dan *refinement* data XRD $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan $x = 0$; 0,025; 0,05; 0,075 menggunakan Match 3!.

Tabel 1. Persentase fasa yang terbentuk dalam serbuk $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan $x = 0; 0,025; 0,05; 0,075$.

Komposisi (x)	Sampel	Fasa (%)		
		CoTiO_3	$\text{O}_7\text{Ti}_2\text{Y}_2$	$\text{Co}_2\text{O}_4\text{Ti}$
0	$\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{TiO}_3$	100	-	-
0,025	$\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{0,975}\text{Y}_{0,025}\text{O}_3$	100	-	-
0,05	$\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{0,95}\text{Y}_{0,05}\text{O}_3$	87,9	9,8	2,3
0,075	$\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{0,925}\text{Y}_{0,075}\text{O}_3$	90,9	5,3	3,8

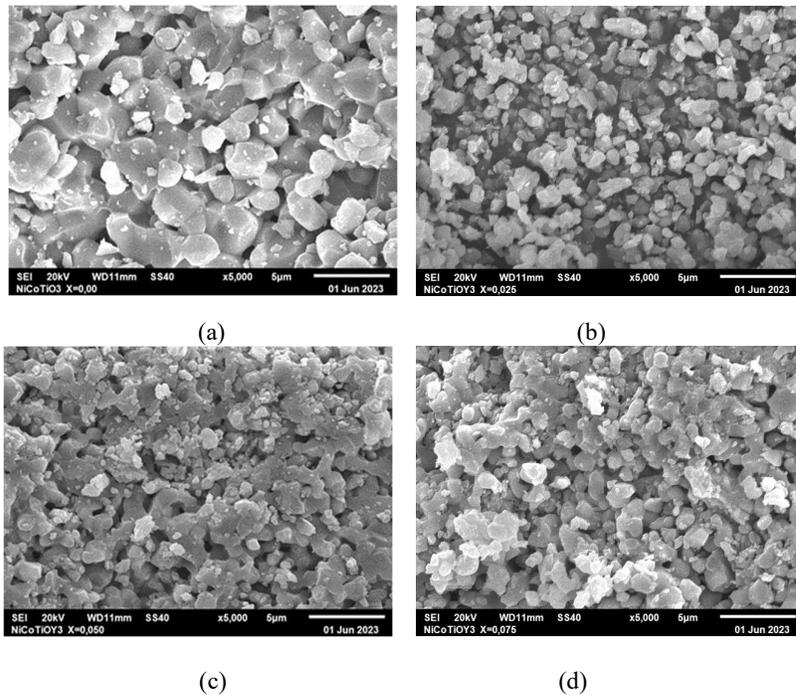
Tabel 2. Perubahan nilai intensitas, χ^2 , R_p , R_{wp} dan R_e pada tiap komposisi x sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$

Komposisi x	2θ ($^\circ$)	Intensitas (Count/sec)	χ^2	R_p	R_{wp}	R_e
0	32,94	5363	1,1	48,2	22,1	22,1
0,025	32,93	5775	1,1	42,2	22,2	22,2
0,050	32,93	5145	1	54,9	24,5	24,5
0,075	32,93	4418	1	52,2	25,2	25,2

**Gambar 3.** Struktur atom (a) CoTiO_3 , (b) $\text{Co}_4\text{O}_2\text{Ti}$ dan (c) $\text{O}_7\text{Ti}_2\text{Y}_2$.**Gambar 4.** Visualisasi struktur kristal (a) $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{TiO}_3$ (b) $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{0,975}\text{Y}_{0,025}\text{O}_3$ (c) $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{0,95}\text{Y}_{0,05}\text{O}_3$ dan (d) $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{0,925}\text{Y}_{0,075}\text{O}_3$.

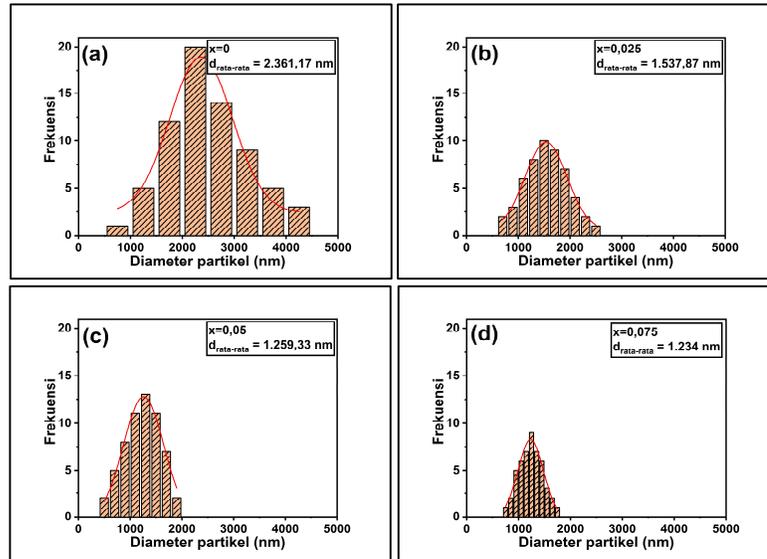
Gambar 3 menunjukkan visualisasi struktur atom ketiga fasa CoTiO_3 (3.a), $\text{Co}_4\text{O}_2\text{Ti}$ (3.b) dan $\text{O}_7\text{Ti}_2\text{Y}_2$ (3.c) melalui program VESTA. Gambar 3 ini digunakan sebagai referensi untuk sampel pada semua variasi Yttrium. Gambar 4 menunjukkan visualisasi struktur kristal sampel dengan variasi Yttrium, yaitu sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{TiO}_3$ (a), $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{0,975}\text{Y}_{0,025}\text{O}_3$ (b) $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{0,95}\text{Y}_{0,05}\text{O}_3$ (c), dan $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{0,925}\text{Y}_{0,075}\text{O}_3$ (d). Fasa CoTiO_3 pada memiliki sistem kristal trigonal (rhombohedral axes) dan *space group* R-3, fasa $\text{Co}_4\text{O}_2\text{Ti}$ memiliki sistem kristal kubik dan *space group* Fd-3m, dan fasa $\text{O}_7\text{Ti}_2\text{Y}_2$ memiliki sistem kristal kubik dan *space group* Fd-3m.

Gambar 5 menunjukkan hasil pengukuran SEM sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ untuk x : 0; 0,025; 0,05 dan 0,075 dengan perbesaran 5000 kali. Secara umum, dari gambar 5 dapat dilihat bahwa untuk sampel $x = 0$ memiliki bentuk hampir bulat dan terlihat lebih seragam. Morfologi ini sesuai dengan terbentuknya fasa tunggal CoTiO_3 sebagaimana dibahas pada bagian analisa XRD. Dengan kata lain, sampel untuk $x = 0,025$; 0,05 dan 0,075 memiliki bentuk yang beragam dengan ukuran yang lebih kecil dibanding tanpa doping seperti diperlihatkan pada Gambar 6. Hal ini akan mempengaruhi sifat absorban seperti diperlihatkan pada hasil pengukuran VNA (Gambar 7). Gambar 6 menunjukkan sebaran diameter partikel tiap komposisi Yttrium. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa rata-rata diameter ukuran partikel pada $x = 0$; 0,025; 0,05 dan 0,075 masing-masing adalah sebesar 2361,17 nm (a), 1537,87 nm (b), 1259,33 nm (c), dan 1234,00 nm (d). Hal ini mengindikasikan bahwa rata-rata ukuran partikel berkurang terhadap doping Yttrium.

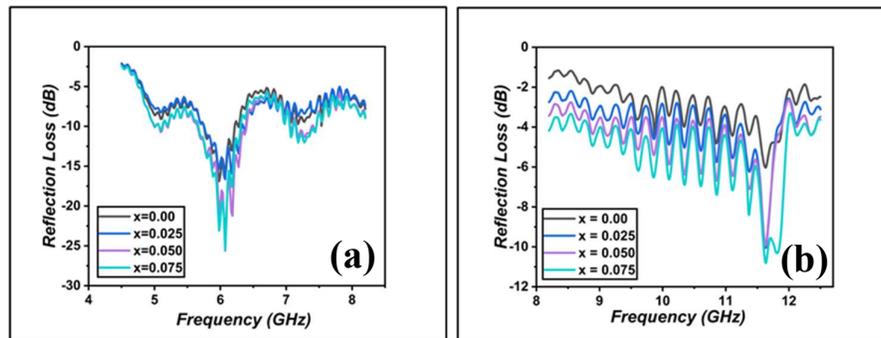


Gambar 5. Morfologi SEM bahan $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan Y : 0; 0,025; 0,05 dan 0,075 perbesaran 5000x.

Gambar 7 menunjukkan kurva penyerapan gelombang elektromagnetik, yaitu kurva antara *Reflection Loss* dan frekuensi pada sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan variasi $x = 0$; 0,025; 0,05 dan 0,075 pada Pita C-band (a) dan pada Pita X-band (b). Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa semua sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ menunjukkan adanya karakteristik *Reflection Los* atau penyerapan gelombang elektromagnetik. Nilai besaran *Reflection Los* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.



Gambar 6. Distribusi ukuran diameter partikel material $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan komposisi Yttrium $x = 0; 0,025; 0,05$ dan $0,075$.



Gambar 7. Kurva penyerapan gelombang elektromagneti material $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ ($x = 0; 0,025; 0,05$ dan $0,075$) (a) Pita C-Band (b) Pita X-Band.

Tabel 3. Hasil perhitungan persentase penyerapan material $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan variasi Yittrium pada pita C-band.

x	Frekuensi (GHz)	RL (dB)	Persentase Penyerapan (%)
0	5,98	-16,89	97,95
0,025	6,07	-16,65	97,83
0,050	6,07	-25,60	99,73
0,075	6,07	-25,47	99,71

Tabel 4. Hasil perhitungan persentase penyerapan material $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan variasi Yttrium pada pita X-band.

X	Frekuensi (GHz)	RL (dB)	Persentase Penyerapan (%)
0	11,64	-6,06	75,23
0,025	11,64	-10,13	90,30
0,050	11,64	-9,99	89,98
0,075	11,64	-10,91	91,90

Tabel 3 dan Tabel 4 masing-masing menunjukkan hasil perhitungan persentase penyerapan bahan $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan variasi Yttrium pada pita C-band dan X-band. Berdasarkan Tabel 3 diperoleh bahwa persentase penyerapan gelombang elektromagnet pada pita C-band untuk sampel $x = 0; 0,025; 0,05$ dan $0,075$ masing-masing mampu menyerap gelombang hingga sebesar 97,95% (frekuensi 5,98 GHz); 97,83% (frekuensi 6,07 GHz); 99,73% (frekuensi 6,07 GHz) dan 99,71% (frekuensi 6,07 GHz). Dari tabel 4.4 diperoleh bahwa persentase penyerapan gelombang elektromagnet pada pita X-band untuk sampel $x = 0; 0,025; 0,05$ dan $0,075$ masing-masing mampu menyerap gelombang hingga sebesar 72,23%; 90,30%; 89,98% dan 91,90% pada frekuensi 11,64 GHz. Pada pita C-band penyerapan paling tinggi terdapat pada sampel dengan konsentrasi doping Y sebesar 0,05 dan 0,075, sedangkan pada pita X-band penyerapan paling tinggi terdapat pada sampel dengan konsentrasi doping x sebesar 0,075. Hal ini sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel sebagaimana diperoleh dari hasil pengukuran SEM. Penyerapan gelombang elektromagnet meningkat terhadap penurunan rata-rata ukuran partikel. Hal ini menunjukkan bahwa sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan doping Yttrium x lebih besar dari nol persen memiliki potensial yang sangat besar sebagai bahan penyerap gelombang mikro dengan persentase penyerapan diatas 90%.

4. Kesimpulan

Telah berhasil disintesis sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan metode reaksi padatan menggunakan *ball-mill* sebagai bahan potensial penyerap gelombang mikro. Dari hasil pengukuran XRD diperoleh sampel yang disinterring pada suhu 1000 °C memiliki perubahan fasa akibat penambahan doping Yttrium. Sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan $x = 0$ dan $x = 0,025$ memiliki fasa tunggal yaitu CoTiO_3 sedangkan variasi $x = 0,05$ dan $x = 0,075$ memiliki 3 fasa diantaranya CoTiO_3 , $\text{O}_7\text{Ti}_2\text{Y}_2$, dan Co_2TiO_4 . Dari hasil pengukuran SEM diperoleh rata-rata diameter ukuran partikel berkurang terhadap penambahan doping. Rata-rata diameter partikel pada $x = 0; 0,025; 0,05$ dan $0,075$ adalah masing-masing sebesar 2361,17 nm, 1537,87 nm, 1259,33 nm dan 1234 nm. Dari pengukuran VNA diperoleh bahwa sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dapat menyerap gelombang mikro pada C-band dan X-band. Persentase penyerapan gelombang mikro pada C-band paling tinggi diperoleh pada konsentrasi $x = 0,05$, yaitu sebesar 99,73% pada frekuensi 6,07 GHz, RL -25,6 dB, sedangkan pada X-band persentase penyerapan paling tinggi diperoleh pada sampel dengan konsentrasi $x = 0,075$, yaitu sebesar 91,9% pada frekuensi 11,64 GHz, RL -10,91 dB. Sampel $\text{Co}_{0,75}\text{Ni}_{0,25}\text{Ti}_{(1-x)}\text{Y}_x\text{O}_3$ dengan doping Yttrium x lebih besar dari nol persen memiliki potensial yang sangat besar sebagai bahan penyerap gelombang mikro dengan persentase penyerapan diatas 90%.

5. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan kesempatan kepada penulis mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) KST BJ Habibie, Serpong, Tangerang Selatan.

Daftar Pustaka

- [1] Sulistiyo, H., Farhan, M.F., Soraya, N.A. and Gunadi, G.I.. (2022). *Bahan Lapisan Anti-Radar untuk Menyamarkan Kawasan Strategis dan Sarana Pendukung Militer (Markas TNI, Hanggar pesawat tempur, Hanggar Tank dan Gudang Amunisi)*. Jurnal Kewarganegaraan, 6(4), pp.6642-6649.
- [2] Adi, W. A., Yunasfi, Y., Mashadi, M., Winatapura, D. S., Mulyawan, A., Sarwanto, Y., & Taryana, Y. (2019). *Metamaterials: Smart magnetic material for microwave absorbing materials*. Electromagnetic Fields and Waves. pp- 1-18.
- [3] Morín, M.E.Z., Torres-Martínez, L., Sanchez-Martínez, D. and Gómez-Solís, C. (2017). *Photocatalytic performance of titanates with formula $MTiO_3$ ($M= Fe, Ni, \text{ and } Co$) synthesized by solvo-combustion method*. Materials Research. 20, pp.1322-1331.
- [4] Subramanian, S., Ganapathy, S., Subramanian, S., Rajaram, M., Thangaraj, R. and Ramasamy, J. (2020). *Effect of photocatalytic activity on cobalt titanate ($CoTiO_3$) nanostructures*. Materials Today: Proceedings. 33, pp.2274-2278.
- [5] Imastuti, I., (2018). *Efek Substitusi Logam Tanah Jarang Terhadap Karakterisasi Radar Absorber Bahan Berbasis $CoTiO_3$ dengan Metode Mechanical Milling Guna Meningkatkan Kualitas Teknologi Pertahanan*. Jurnal Teknologi Daya Gerak. Vol. 2(2), pp.64-81.
- [6] Fauziyah Indah. (2017). Pengaruh doping nikel terhadap sifat penyerap gelombang mikro pada senyawa $La_{0.67}Sr_{0.33}Mn_{(1-x)}Ni_xO_3$ yang disintesis dengan metode sol-gel. Depok. *Fakultas Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam*. Perpustakaan UI
- [7] Dewi, S.H., Mulyawan, A., Winatapura, D.S., Zulys, A. and Adi, W.A., (2021). *Analisis Mikrostruktur dan Sifat Magnetik terhadap Pengaruh Suhu Sintering pada Yttrium Iron Garnet Disintesis Menggunakan Metode Solgel Phase and Microstructure Analysis on Temperature Effect of Yttrium Iron Garnet Synthesis Using Sol-Gel Method*. Jurnal Riset Teknologi Industri, 15(2), pp.403-414.