

# Kajian Mikrostruktur dan Dielektrik Nanopartikel $MnFe_2O_4$ Yang Disintesis Dengan Metode Kopresipitasi

Rachmad Almi Putra

Program Studi Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Samudra

\*Co-Author: [rachmad.almi@unsam.ac.id](mailto:rachmad.almi@unsam.ac.id)

## Abstract.

Telah dilakukan penelitian sintesis dan karakterisasi nanopartikel *manganese ferrite* dengan metode kopresipitasi pada suhu rendah yaitu  $90^\circ\text{C}$ . Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu rendah terhadap mikrostruktur dan sifat dielektrik pada nanopartikel  $MnFe_2O_4$ . Sintesis nanopartikel dilakukan dengan metode kopresipitasi, karakterisasi menggunakan XRD dan uji sifat dielektrik menggunakan LCR Meter. Data pengukuran XRD diolah menggunakan *Software Origin 9.0*. Ukuran kristalit yang diperoleh adalah 5,79 nm pada suhu  $90^\circ\text{C}$ , 5,65 nm pada suhu  $120^\circ\text{C}$  dan 5,47 nm pada suhu  $150^\circ\text{C}$  dengan parameter kisi rata-rata 9,16 Å. Ukuran kristalit dapat terkontrol menggunakan metode sintesis pada suhu rendah. Nilai dielektrik tertinggi dihasilkan pada suhu  $150^\circ\text{C}$  yaitu  $0,41 \times 10^6$  dengan nilai kapasitansi  $4,59 \times 10^{-8}$  F. Peningkatan konstanta dielektrik terjadi karena meningkatnya suhu pemanasan oven sedangkan ukuran kristalit yang dihasilkan lebih kecil.

**Keyword :**  $MnFe_2O_4$ , Kopresipitasi, Nanopartikel, dielektrik.

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi nano bidang material menjadi fokus riset dalam beberapa dekade terakhir ini. Hal ini disebabkan potensi yang dimiliki oleh partikel yang memiliki dimensi pada rentang 1-100 nm yang dapat diaplikasikan diberbagai bidang. Partikel yang memiliki ukuran pada rentang 1-100 nm dikenal sebagai nanopartikel. Nanopartikel termasuk dalam bagian atom dengan ukuran yang sama dengan Panjang gelombang *de-broglie* yang dihubungkan dengan electron valensi. Berdasarkan ukurannya nanopartikel juga dipertimbangkan sebagai *quantum dot* yang memiliki level energi diskrit yang bergantung ukurannya (Murty dkk, 2013). Salah satu riset dibidang nanopartikel yang banyak diteliti dan menarik perhatian para peneliti adalah nanopartikel jenis ferrit. Ferrit merupakan jenis magnet yang disintesis dengan bahan dasar oksida. Sifat manganese ferrite terdiri dari stabilitas kimia yang baik, tahan terhadap korosi, dan dapat difabrikasi menjadi magnet keras dan lunak (Shanmugavel et al., 2014). Unsur-unsur yang digunakan sebagai bahan dasar ferrit seperti Mn, Fe, Zn, Ba, Ca, Co, Ni, dan Sr (Goodarz Naseri et al., 2012). Pembagian ferrit terdiri dari ferrit lunak, ferrit keras, dan ferrit berstruktur garnet (Harahap, 2019). Ferrit umumnya diaplikasikan pada perangkat lunak seperti microwave devices, chip memori komputer, dan drug delivery media penyimpanan data (Deraz & Alarifi, 2012).

Nanopartikel manganese ferrite ( $MnFe_2O_4$ ) merupakan ferrit lunak yang memiliki permeabilitas kemagnetan yang tinggi, momen magnetik lebih tinggi dan resistivitasnya jauh lebih rendah dari  $CoFe_2O_4$  dan  $NiFe_2O_4$ . Sintesis  $MnFe_2O_4$  dengan metode kopresipitasi dan karakterisasi kemagnetan pada suhu rendah dan suhu ruang diperoleh ukuran butir terendah pada suhu ruang (Tawainella et al., 2014). Beberapa penelitian sebelumnya mensintesis nanopartikel magnetik  $Fe_3O_4$  dengan metode kopresipitasi pada suhu ruang  $25^\circ\text{C}$  dan karakterisasi  $Fe_3O_4$  menggunakan TEM memperoleh ukuran butir rata-rata  $9,69 \pm 1,06$  nm (B. Permana, 2009).

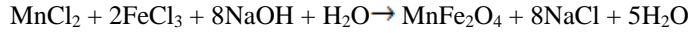
Penelitian penambahan lantanum pada manganese ferrite dilakukan dengan teknik milling pada suhu  $1200^\circ\text{C}$  diperoleh fasa kristalin tunggal dan serapan gelombang 96,50 % (Nurhayani, 2019). Penelitian manganese ferrite dengan beragam metode telah dilakukan pada suhu  $320^\circ\text{C}$  diperoleh ukuran butir 4 nm dan pada suhu  $420^\circ\text{C}$  diperoleh ukuran butir 154,1 nm. Namun, dari semua kajian penelitian tentang  $MnFe_2O_4$  dilakukan pada suhu tinggi dan suhu ruang serta hanya menguji sifat kemagnetan dan serapan gelombang, pada penelitian ini karakterisasi nanopartikel menggunakan suhu rendah untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap mikrostruktur dan sifat dielektrik pada nanopartikel  $MnFe_2O_4$ .

Berdasarkan dari penelitian-penelitian sebelumnya maka akan dilakukan Penelitian Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Manganese Ferrite ( $MnFe_2O_4$ ) dengan metode kopresipitasi dengan suhu sintesis sebesar  $90^\circ\text{C}$ . Penggunaan metode kopresipitasi dengan pertimbangan bahwa sintesisnya relative lebih mudah dilakukan dan relative cepat, selain itu ukuran dari nanopartikel atau nanomaterial yang dihasilkan cenderung seragam dibandingkan dengan hasil sintesis menggunakan metode lainnya. Selain itu metode kopresipitasi merupakan salah satu metode yang efisien untuk mensintesis

nanopartikel, karena tidak memerlukan proses lanjutan berupa kalsinasi ataupun sintering pada suhu yang relative tinggi yaitu diatas 100 °C dan lebih menghemat energi.

## 2. METODE PENELITIAN

Sintesis nanopartikel dimulai dengan mencampurkan  $MnCl_2 \cdot 6H_2O$  dan  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  dengan perbandingan molaritas sesuai dengan persamaan reaksi berikut:

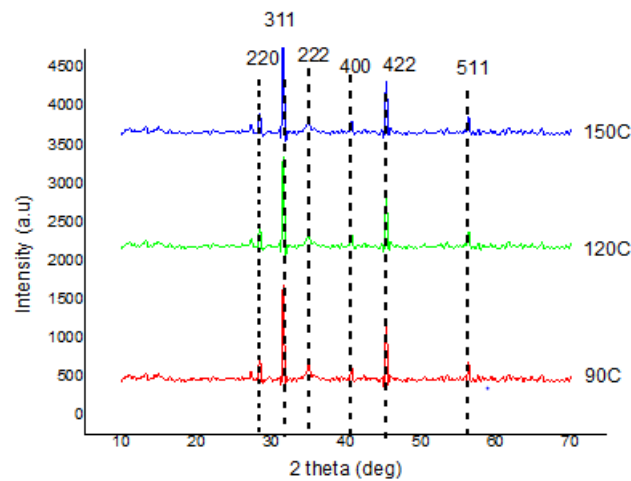


Berdasarkan persamaan reaksi diatas diperoleh perbandingan mol sebagai dasar dari penentuan masa masing-masing prekursor. Sebanyak 3,1 gram massa  $MnCl_2$  dilarutkan kedalam 25 ml aquades yang kemudian diaduk menggunakan strirrer pada kecepatan 500 RPM pada suhu 25°C selama 2 menit. Sebanyak 16,2 gram  $FeCl_3$  dilarutkan menggunakan aquades sebanyak 25 ml dengan cara diaduk menggunakan stirrer pada suhu 25°C selama 2 menit dengan kecepatan 500 RPM. Kedua larutan prekursor yang sudah dibuat kemudian dicampurkan dan ditambahkan HCL 37% sebanyak 3,37 ml sebagai katalis untuk mempercepat reaksi. Step selanjutnya dengan melarutkan NaOH sebanyak 8 gram kedalam 25 ml aquades sambil disintesis diatas hotplate stirrer pada suhu 90°C dengan kecepatan *magnetic stirrer* sebesar 500 RPM. Campurkan *drop to drop* larutan campuran  $FeCl_3$  dengan  $MnCl_2$  kedalam NaOH yang sedang distirrer dalam rentang waktu kurang lebih 60 menit. Untuk meminimalisir garam yang terkandung pada endapan maka dicuci menggunakan aquades sebanyak enam kali pengulangan. Dimana setiap pengulangan dilakukan selama 60 menit. Endapan basah (*Slurry*) dari Nanopartikel Manganese Ferrite ( $MnFe_2O_4$ ) yang disintesis dengan metode kopresipitasi pada suhu sintesis 90 °C dituangkan didalam cawan petri kemudian dipanaskan didalam oven selama 4 jam pada suhu 90°C, 120°C, 150°C. Setelah di oven dilakukan penggerusan pada kepingan endapan nanopartikel  $MnFe_2O_4$  hingga menjadi serbuk. Untuk justifikasi ukuran partikel yang dihasilkan dalam dimensi nano maka dilakukan karakterisasi X-Ray diffraction (XRD) selain itu partikel yang dihasilkan juga akan ditentukan sifat dielektriknya dengan menggunakan LCR-Meter.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Analisis XRD

Difraksi sinar-X digunakan untuk mengetahui parameter kisi, ukuran kristalit, bidang hkl, dan jarak antar atom. Pengujian dilakukan dengan alat XRD (*X-Ray Diffraction*) menggunakan anoda Cuk ( $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$ ), dengan tegangan 40 kV dan arus 30 mA. Pola difraksi  $MnFe_2O_4$  dengan perbandingan suhu ditunjukkan pada 3.1. berikut:



Gambar 3.1. Grafik XRD  $MnFe_2O_4$  dengan variasi suhu

Dari gambar 3.1. Hasil karakterisasi XRD mengkonfirmasi bahwa puncak XRD yang muncul merupakan puncak dari  $MnFe_2O_4$  tanpa fasa pengotor. Selain itu terlihat terdapat pengaruh perubahan suhu pemanasan dalam oven terhadap *puncak* spektrum dari nanopartikel *manganese ferrite*, hal ini ditandai dengan adanya pergeseran puncak difraksi. Pergeseran puncak-puncak pola difraksi disebabkan karena pengaruh temperatur *furnace* (Rozi & Astuti, 2016). Suhu mempengaruhi pergeseran sudut dalam pembentukan bidang kristal dibuktikan dengan perubahan tingginya intensitas yang terbentuk tetapi tidak mempengaruhi nilai parameter kisi struktur kristal (Rofiko et al., 2017). Dari spektrum yang disajikan pada gambar 3.1. tersebut diatas diperoleh informasi sebagaimana disajikan pada tabel 3.1. berikut:

Tabel 3.1. parameter kisi dan ukuran kristalit dari  $MnFe_2O_4$

Suhu	a (Å)	$\Delta a$ (Å)	t(nm)	$\Delta t$ (nm)	d
90	9,16	0,02	5,79	0,008	0,23
120	9,16	0,02	5,65	0,006	0,23
150	9,16	0,02	5,47	0,001	0,23

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari tabel 3.1. tersebut diatas mengkonfirmasi bahwa adanya pengaruh suhu pemanasan (oven) terhadap ukuran kristalit. Semakin tinggi suhu yang diberikan pada saat pemanasan semakin kecil ukuran nanopartikel yang dihasilkan. Selain itu berdasarkan tabel juga menginformasikan bahwa sanya tidak adanya pengaruh suhu pengeringan terhadap perhitungan parameter kisi hal ini ditunjukkan dari samanya nilai parameter kisi disetiap komponen suhu serta terdapat kesamaan pada nilai ralatnya.

### 3.1. Analisis Sifat dielektrik

Pengujian sifat dielektrik sampel nanopartikel  $MnFe_2O_4$  dari hasil sintesis dengan metode kopresipitasi pada suhu rendah dilakukan dengan LCR Meter. Parameter yang diperoleh dari pengukuran diantaranya adalah nilai resistansi, kapasitansi, dan konstanta dielektrik. Data pengujian sifat dielektrik pada masing-masing suhu rendah ditunjukkan pada Tabel 3.2:

Tabel 3.2. Dielektrik *manganese ferrite*

No	Suhu (°C)	Resistansi ( $\Omega$ )	Kapasitansi (F)	Konstanta Dielektrik
1	90 °C	$5,1 \times 10^5$	$4,09 \times 10^{-8}$	$0,36 \times 10^6$
2	120 °C	$5,4 \times 10^5$	$4,36 \times 10^{-8}$	$0,39 \times 10^6$
3	150 °C	$5,5 \times 10^5$	$4,59 \times 10^{-8}$	$0,41 \times 10^6$

Berdasarkan tabel 3.2. mengkonfirmasi bahwa adanya pengaruh suhu pengeringan oven terhadap konstanta dielektrik dari nanopartikel. Nilai konstanta dielektrik yang diperoleh pada masing-masing suhu adalah  $0,36 \times 10^6$ ,  $0,39 \times 10^6$ , dan  $0,41 \times 10^6$  dengan nilai kapasitansi  $4,09 \times 10^{-8}$  F,  $4,36 \times 10^{-8}$  F, dan  $4,59 \times 10^{-8}$  F. Dari data – data tersebut mengkonfirmasi bahwa semakin mengecilnya ukuran kristalit menyebabkan pergerakan elektron dalam sampel semakin terbatas sehingga hambatan listrik yang diperoleh besar. Dan jika dibandingkan antara tabel 3.1. dan tabel 3.2. dapat dikonfirmasi bahwa adanya pengaruh ukuran kristalit terhadap konstanta dielektrik material  $MnFe_2O_4$ . Ukuran kristalit yang kecil menyebabkan semakin sulit partikel menghantarkan arus listrik. Hal ini terjadi karena bahan dielektrik memiliki sifat sulit menghantarkan listrik namun memiliki nilai konstanta dielektrik yang dapat meningkatkan nilai kapasitansi (Dianastri, 2020). Semakin meningkat suhu menyebabkan hambatan listrik dan konstanta dielektrik yang dihasilkan semakin besar sehingga nilai kapasitansi semakin meningkat. Semakin besar nilai kapasitansi maka semakin besar kemampuan bahan dielektrik dapat menyimpan muatan listrik.

Bahan dielektrik dapat menghasilkan kapasitas kapasitor yang besar dan tidak ada medan listrik yang terjadi didalamnya (Jumingin & Setiawati, 2016). Hambatan listrik yang besar pada bahan menyebabkan kapasitor dapat menyimpan banyak muatan listrik (Lubis et al., 2020). Semakin mengecilnya ukuran kristalit menyebabkan pergerakan elektron dalam sampel semakin terbatas sehingga hambatan listrik yang diperoleh besar. Nilai konstanta dielektrik yang diperoleh pada masing-masing suhu adalah  $0,36 \times 10^6$ ,  $0,39 \times 10^6$ , dan  $0,41 \times 10^6$  dengan nilai kapasitansi  $4,09 \times 10^{-8}$  F,  $4,36 \times 10^{-8}$  F, dan  $4,59 \times 10^{-8}$  F. Ukuran partikel yang kecil menyebabkan semakin sulit partikel menghantarkan arus listrik. Hal ini terjadi karena bahan dielektrik memiliki sifat sulit menghantarkan listrik namun memiliki nilai konstanta dielektrik yang dapat meningkatkan nilai kapasitansi (Dianastri, 2020). Semakin meningkat suhu menyebabkan hambatan listrik dan konstanta dielektrik yang dihasilkan semakin besar sehingga nilai kapasitansi semakin meningkat. Semakin besar nilai kapasitansi maka semakin besar kemampuan bahan dielektrik dapat menyimpan muatan listrik. Konstanta dielektrik meningkat seiring mengecilnya ukuran kristalit nanopartikel yang disebabkan oleh pertumbuhan banyak batas butir sehingga akan terbentuknya momen dipol. Momen dipol menyebabkan terjadinya polarisasi dielektrik yang semakin besar sehingga konstanta dielektrik yang dihasilkan semakin meningkat. Semakin kecil ukuran kristalit maka kapasitansi yang dihasilkan adalah semakin besar sehingga muatan energi listrik yang tersimpan pada nanopartikel  $MnFe_2O_4$  semakin besar. Hal ini disebabkan karena peningkatan konstanta dielektrik mempengaruhi besarnya nilai kapasitansi.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Telah berhasil dilakukannya Sintesis nanopartikel  $MnFe_2O_4$  dengan menggunakan metode kopresipitasi dengan suhu sintesis sebesar  $90^\circ C$  yang dioven selama 4 jam dengan variasi suhu  $90^\circ C$ ,  $120^\circ C$ ,  $150^\circ C$ . Nanopartikel yang dihasilkan memiliki tingkat kristalinitas yang tinggi serta tidak ditemukannya fase pengotor. Hasil konfrimai XRD diperoleh bahwa adanya pengaruh suhu oven untuk pengeringan slurry dari nanopartikel  $MnFe_2O_4$  terhadap ukuran kristalinitas dan sifat dielektrik dari nanopartikel yang dihasilkan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M., Anwar, A., & Ahmad, S. A. (2018). a Literature Review on Study of Concrete Strength Using Partial Replacement of Cement With Rice Husk Ash and Fine Aggregate With Ceramic Powder. *International Journal of Recent Scientific Research*, 9(3), 23083–23086. <https://doi.org/10.24327/IJRSR>
- Aini, H. (2019). *Perbandingan kandungan mineral dan karakteristik sifat listrik pasir besi sungai dan pantai di kecamatan pringgabaya*.
- B. Permana. (2009). Sintesis Nanopartikel ZnO dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Teknik POMITS*, 07(02), 1–7.
- Deraz, N. M., & Alarifi, A. (2012). Controlled synthesis, physicochemical and magnetic properties of nano-crystalline Mn ferrite system. *International Journal of Electrochemical Science*, 7(6), 5534–5543.
- Dianastri, R. N. T. (2020). *Pengaruh Konsentrasi Larutan Sukrosa Terhadap Nilai Konstanta Dielektrik Menggunakan Sensor Kapasitor*.
- Didik, L. A. (2020). *Pengaruh Konstanta Dielektrik Untuk Mengetahui Konsentrasi Larutan Gula Dengan Menggunakan Metode Palt Sejajar*. 8(2), 127–132.
- Famia, A. M., & Muldarisnur, M. (2019). Pengaruh Temperatur Sintesis Hidrotermal Terhadap Diameter Nanopartikel Seng Oksida. *Jurnal Fisika Unand*, 8(2), 127–132. <https://doi.org/10.25077/jfu.8.2.127-132.2019>
- Goodarz Naseri, M., Saion, E. B., & Kamali, A. (2012). An Overview on Nanocrystalline  $ZnFe_2O_4$ ,  $MnFe_2O_4$ , and  $CoFe_2O_4$  Synthesized by a Thermal Treatment Method. *ISRN Nanotechnology*, 2012, 1–11. <https://doi.org/10.5402/2012/604241>
- Gramse, G., Dols-Perez, A., Edwards, M. A., Fumagalli, L., & Gomila, G. (2013). Nanoscale measurement of the dielectric constant of supported lipid bilayers in aqueous solutions with electrostatic force microscopy. *Biophysical Journal*, 104(6), 1257–1262. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2013.02.011>
- Harahap, V. (2019). *Sintesis dan Karakterisasi Material Elektromagnetik Berbasis Komposit  $BaFe_2O_9 / ZnO$  Terhadap Variasi Penambahan Komposisi Zinc Oxide Sebagai Penyerap Gelombang Microwave*.
- Hari Gusti Firnando, A. (2015). Pengaruh Suhu Pada Proses Sonikasi Terhadap Morfologi Partikel Dan Kristalinitas Nanopartikel  $Fe_3O_4$ . *Fisika Unand*, 4(1), 1–5.
- Jumingin, & Setiawati, S. (2016). Kajian Ketebalan Tanah Liat Sebagai Bahan Dielektrik Kapasitor Plat Sejajar. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 13(1), 22–26. <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/sainmatika/article/view/960>
- Kareem, S. H., Ooi, Y. K., Abdulnoor, S. S., Shamsuddin, M., & Lee, S. L. (2014). Influence of zinc on the structure and morphology of manganese ferrite nanoparticles. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 69(5), 103–106. <https://doi.org/10.11113/jt.v69.3214>
- Lalu A. Didik, H. A. (2020). *Analisis Perbandingan kandungan Fe dan Karakteristik Sifat Listrik Pasir Besi Sungai dan Pantai*. 17, 138–145.
- Lim, H. H., Horri, B. A., & Salamatinia, B. (2018). Synthesis and Characterizations of Nickel (II) Oxide Sub-Micro Rods via co-precipitation Methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 398(1), 0–9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/398/1/012033>
- Lubis, R. yusuf, Lubis, L. H., & Husnah, M. (2020). *Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Nilai Hambatan the Effect of*

*Temperature Variation on Resistance. 4(1), 27–33.*

- Mary Jacintha, A., Umopathy, V., Neeraja, P., & Rex Jeya Rajkumar, S. (2017). Synthesis and comparative studies of MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles with different natural polymers by sol–gel method: structural, morphological, optical, magnetic, catalytic and biological activities. *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 7(4), 375–387. <https://doi.org/10.1007/s40097-017-0248-z>
- Nengsih, S. (2019). Karakteristik Nanopartikel Magnetite Besi Oksida Lampanah Aceh Besar Melalui Metode Kopresipitasi. *Elkawnie*, 5(1), 76. <https://doi.org/10.22373/ekw.v5i1.4517>
- Nurhayani, D. (2019). *Efek Konsentrasi La Terhadap Struktur dan Karakteristik Serapan Gelombang Mikro Sistem MnLa. 4.*
- Nurhidayah. (2016). Karakteristik Material Pasir Besi Dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) Di Pantai Marina Kabupaten Bantaeng. *Skripsi*, 18.
- Nurjanah, S. (2018). *Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Magnetik Fe i 3O4 Pasir Besi Glagah Kulon Progo Dengan Metode Kopresipitasi.*
- Pande, S., Islam, M. M., Mohanta, S. C., & Uddin, N. (2019). Single-Step Synthesis of Manganese Ferrite Nanoparticles with Enhanced Magnetization via Chemical Co-precipitation Route. *Journal of Scientific Research*, 11(2), 225–234. <https://doi.org/10.3329/jsr.v11i2.39059>
- Prasetyo, S. D. W. I., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2018). *Kajian Produksi Nanopartikel dari Arang Bambu Dengan Peningkatan Energi Tumbukan Bola Baja Diameter 5 / 32 Inchi.*
- Putri, N., & Puryanti, D. (2020). Sintesis Nanopartikel Manganese Ferrite (MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dari Pasir Besi dan Mangan Alam dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Fisika Unand*, 9(3), 375–380. <https://doi.org/10.25077/jfu.9.3.375-380.2020%0AOpen>
- Riyanto, A., Sembiring, S., Megawati, M., Mabarroh, N., Junaidi, J., & Ginting, E. (2019). Analisis Transisi Fasa dan Sifat Dielektrik Pada Li<sub>2</sub>CoSiO<sub>4</sub> yang Dipreparasi dari Silika Sekam Padi dan Produk Daur Ulang Katoda Baterai Ion Litium Bekas. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 15(1), 89. <https://doi.org/10.20961/alchemy.15.1.24622.89-103>
- Rofiko, H., Iriani, Y., & Suryana, R. (2017). Pengaruh Suhu Sintering Pada Pembuatan Strontium Titanat (SrTiO<sub>3</sub>) Terhadap Konstanta Dielektrik Menggunakan Metode Co-Precipitation. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 7(1), 27. <https://doi.org/10.13057/ijap.v7i1.1778>
- Rosyidah, N. (2016). *Sintesis Nanopartikel Zn 1-x Al x o Dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Synthesis of Zn 1-x Al x o Using Coprecipitation Method and Characterization of Electrical.*
- Rozi, T. Y., & Astuti, A. (2016). Pengaruh Temperatur Kalsinasi pada Sintesis Nanopartikel Silika Pantai Purus Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand*, 5(4), 351–356. <https://doi.org/10.25077/jfu.5.4.351-356.2016>
- Septiani, A., & Idayanti, N. (2016). Fabrikasi Magnet MnZn Ferit dan Barium Ferit dari Limbah Pengelasan. *Jurnal Elektronika Dan Telekomunikasi*, 15(1), 14. <https://doi.org/10.14203/jet.v15.14-17>
- Shankar Sharma, U., Naresh Sharma, R., & Shah, R. (2014). Physical and Magnetic Properties of Manganese Ferrite Nanoparticles. *Journal of Engineering Research and Applications Wwww.Ijera.Com*, 4(8), 14–17. [www.ijera.com](http://www.ijera.com)
- Shanmugavel, T., Raj, S. G., Kumar, G. R., & Rajarajan, G. (2014). Synthesis and Structural Analysis of Nanocrystalline MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. *Physics Procedia*, 54, 159–163. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2014.10.053>
- Siswoyo, E. (2018). Synthesis and Characterization Hydroxyapatite From Calcium Oxide (Cao) Chicken Egg Shell With Precipitation Method. *MATTER: International Journal of Science and Technology*, 4(2), 40–45. <https://doi.org/10.20319/mijst.2018.42.4045>
- Sukandhiya, S. (2018). Effect of Mn<sup>2+</sup> ions on Structural and Magnetic properties of Co-precipitated Ni-Cr nano ferrite for Potential applications as MRI Contrast agent. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 6(4), 3713–3721. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2018.4618>

- Sunendar, B., & Dharma. (2007). *Pengaruh Komposisi Terhadap Sifat Magnetik DARI SERBUK FERIT Mn-Zn*. 9(1), 24–29.
- Tamhankar, P. M., Kulkarni, A. M., & Watawe, S. C. (2011). Functionalization of Cobalt Ferrite Nanoparticles with Alginate Coating for Biocompatible Applications. *Materials Sciences and Applications*, 02(09), 1317–1321. <https://doi.org/10.4236/msa.2011.29179>
- Tawainella, R. D., Riana, Y., Fatayati, R., Kato, T., & Iwata, S. (2014). *Sintesis Nanopartikel Manganese Ferrite ( MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya*. XVIII(April), 1–7.
- Vijayalakshmi, S., & Pauline, S. (2014). Synthesis, Structural and morphological characterization of CTAB- Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> by CO precipitation method. *International Journal of ChemTech Research*, 6(7), 3813–3815.
- Xiao, Y., Sun, T., & Zhao, Y. H. (2020). Experimental study on preparation of ferropericlasite by oxalate coprecipitation. *Minerals*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/min10020179>
- Zipare, K., Dhumal, J., Bandgar, S., Mathe, V., & Shahane, G. (2015). Superparamagnetic Manganese Ferrite Nanoparticles: Synthesis and Magnetic Properties. *Journal of Nanoscience and Nanoengineering*, 1(3), 178–182. <http://www.aiscience.org/journal/jnn>