FABRIKASI THIN FILM NANOPARTIKEL MANGANESE FERRITE ($MnFe_2O_4$) DENGAN VARIASI TEMPERATUR

Isnaini[1)], Rabiatul Alvira[1)], lisma[1)], Rachmad Almi Putra[2*)]
[1]Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra
[2*]Program Studi Geofisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra
JL. Prof. Dr Syarief Thayeb, Maurandeh, Langsa Lama, Kota Langsa, Aceh, Indonesia.
**Co-Author:Rachmad.almi@unsam.ac.id*

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis dan fabrikasi thin film nanopartikel mananese ferrite ($MnFe_2O_4$) dengan variasi temperatur (90^{o}C, 120^{o}C, 150^{o}C). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui cara fabrikasi lapisan tipis nanopartikel $MnFe_2O_4$ dengan variasi temperatur dan mengetahui pengaruhnya terhadap lapisan tipis. Sintesis nanopartikel dilakukan dengan metode kopresipitasi, dan fabrikasi lapisan tipis ini dilakukan dengan metode spin coating dan dikarakterisasi menggunakan AFM. Hasil AFM berupa gambar dan dianalisis menggunakan software Gwyddion dan menghasilkan lapisan tipis yang berukuran nanometer dengan bentuk permukaan yang tidak rata dan memiliki pori. Lapisan tipis pada suhu 120^{o}C memiliki ketebalan palin tipis dibandingkan 90^{o}C dan 150^{o}C yaitu pada luasan area 2 x 2 μm yaitu 10,7 nm dan pada luasan area 8 x 8 μm adalah 18 nm.
Kata Kunci: *Manganese Ferrite, Lapisan tipis, Spin Coating, AFM, Gwyddion*

1. PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini penelitian tentang oksidan magnetik mengalami kemajuan yang sangat pesat dan menjadi salah satu objek penelitian yang sangat menarik dan banyak berfokuskan pada penelitian, baik untuk kepentingan ilmiah maupun teknologi, salah satunya adalah lapisan tipis[1]. Lapisan tipis adalah material yang melapisi suatu substrak dengan ketebalan orde nanometer sampai mikrometer, dapat berupa bahan organik, anorganik, metal, maupun cairan metal organik dan yang memiliki sifat sebagai konduktor, semikonduktor, superkonduktor, dan isolator [2].

Lapisan tipis dibuat dengan teknik penumbuhan partikel pada permukaan substrat kaca dengan ketebalan orde nanometer bahkan mikrometer, sehingga ketebalan lapisan ini tidak dapat dilihat dengan mata biasa [3]. Lapisan tipis dibentuk pada permukaan substrat dengan cara membasahi permukaan tersebut dengan cairan yang mengandung bahan terhidrolisis. Saat pelarut menguap lapisan tipis akan tertinggal disubstrat dan mengalami reaksi kondensasi yang berupa gel. Lapisan tipis dikeringkan menggunakan aliran udara [4]. Lapisan tipis ini diaplikasikan dalam perangkat elektronik seperti *microwave devices*, chip memori komputer, *radio frequency coil fabrication*, dan media penyimpanan data [5]. Pengaplikasian lapisan tipis ini di bidang lainnya, seperti pada penyusun kapasitor, sensor-sensor, sel surya, dan sebagainya [6].

Salah satu nanomaterial yang digunakan dalam pengaplikasian lapisan tipis ini adalah *manganese ferrite* ($MnFe_2O_4$). Ferrite merupakan jenis magnet dengan bahan dasar oksida magnetik yang memiliki aplikasi magneto-optik yang menarik karena sifat fisik yang unik. Ukuranya yang nano feromagnet Sehingga dapat digunakan sebagai memori aplikasi, yang memiliki magnetisasi tinggi dan bagus digunakan dalam pengembangan perangkat [7]**.** Selain itu juga Ferrite mempunyai sifat tahan korosi, stabilitas kimia yang baik, resistivitas listrik yang besar, perambatan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi menjadikan material ini bagus diaplikasikan dalam teknologi penyimpanan data, alat-alat telekomunikasi, dan sensor gas, serta dapat difabrikasi menjadi magnet keras dan lunak [8].

Beberapa metode yang digunakan untuk membuat lapisan tipis antara lain, metode *Spray Pyrolisis, C hemi cal Bath Deposition*. *DC magnetron sputtering, sputtering, screen printing, electrophoresis* [9] Namun metode ini memiliki kekurangan seperti lapisan yang dihasilkan tidak merata, permukaan lapisan yang kecil, sulit dalam pelaksanaan dan biaya produksi yang mahal [10] Metode lain yang lebih sederhana untuk pembentukkan lapisan tipis yaitu *spin coating* [11]. *Spin coating* merupakan metode penumbuhan lapisan tipis yang dilakukan dengan menempelkan bahan diatas substrat kaca dengan kecepatan sudut tertentu [12] menghasilkan kehomogenan yang bagus dan ketebalan lapisan yang diinginkan [13].

Proses spin coating memiliki beberapa keunggulan yaitu, metode sederhana yang dapat dilakukan pada suhu kamar, dan biaya rendah, namun cukup efektif untuk pembuatan film tipis [14]**.** Kerja alat dari metode *spin coating* ini melalui proses pemutaran. Keunggulan dari metode ini mudah digunakan dan cepat dalam penumbuhan lapisan tipis dan memiliki tingkat kehomogenan yang tinggi. Ketebalan lapisan dapat dikontrol sesuai keinginan sesuai waktu dan kecepatan putaran [15]. Metode ini memiliki tiga proses dasar yaitu pembuatan larutan (proses kimia), proses pembuatan lapisan dengan *spin coater*, dan proses pengeringan. Bahan yang dibuat untuk lapisan tipis bentuk larutan,

kemudian diteteskan diatas substrat yang diletakan diatas piringan yang dapat berputar. Karena adanya gaya sentripetal, maka bahan tersebut dapat tertarik ke pinggir substrat dan tersebar merata [16].

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang lapisan tipis dengan menggunakan larutan MMA pada substrat berupa kaca menggunakan metode spin coating, yang menghasilkan ketebalan pada lapisan tipis ini, dipengeruhi oleh viskositas, laju putaran (angular speed) dan parameter pendukung, yaitu waktu putaran dan kerapatan larutan yang digunakan, dengan nilai ketebalan lapisan dan variasi puaran yakni, 1000 rpm, menghasilkan tebal 0,64 mm, sedangkan pada kecepatan 1500 rpm, menghasilkan ketebalan 0,62 mm dan pada kecepatan 2000 rpm ketebalan lapisan tipisnya 0,51 mm [17].

Pada penelitian lainnya telah dilakukan pembuatan lapisan tipis berbahan antosianin beras ketan hitam menggunakan metode spin coating dengan tujuan membuat lapisan tipis dengan permukaan yang homogen. Lapisan tipis tersebut dibuat dengan memanfaatkan larutan antosianin dengan variasi konsentrasi 2,61%; 2,64%; dan 3,60% yang didepositkan pada substrat kaca berukuran 2,5 cm x 2,5 cm x 0,2 cm dengan kecepatan spin masing- masing sebesar 400, 500, 600, 700, 800, 900 dan 1000 rpm selama 60 detik, dan menghasilkan kualitas terbaik pada konsentrasi 3,6% yang diputar pada kecepatan 900 rpm, dengan ketebalan 9,6 µm dan nilai absorbansi sebesar 0,135 a.u [18].

Pada penelitian lainnya juga telah dilakukan penelitian $MnFe_2O_4$ tentang pengaruh variasi suhu (<100°C) yaitu 20°C, 50°C dan 80°C yang menghasilkan puncak utama pada suhu 80°C dengan nilai intensitas 104,58, nilai koersivitas 97 Oe, dengan ukuran butir 18,61nm yang menunjukan bahwa ukuran butir meningkat seiring dengan kenaikan suhu sintesis [19]. Dari beberapa penelitian diatas belum ada yang membahas tentang kajian variasi temperatur maka pada penelitian ini dilakukan "Fabrikasi *Thin Film* Nanopartikel *Manganese Ferrite* ($MnFe_2O_4$) Dengan Variasi Temperatur (90^oC, 120^oC, 150^oC) kemudian akan diamati pengaruhnya terhadap lapisan tipis yang dihasilkan. Keterbaharuan dari penelitian ini akan menghasilkan lapisan tipis berukuran nanometer.

2. METODE PENELITIAN

PVD dan CVD adalah metode yang paling umum digunakan dalam industri semikonduktor dan elektronik. Metode PVD melibatkan proses fisik, seperti penguapan atau sputtering, untuk menghasilkan lapisan tipis pada substrat. Metode CVD memanfaatkan reaksi kimia untuk menghasilkan lapisan tipis di atas substrat. Dalam penelitian ini, Sintesis nanopartikel *manganese ferrite* ($MnFe_2O_4$) dilakukan menggunakan metode kopresipitasi. Bahan yang digunakakan dalam penelitian ini $MnCl_2.6H_2O$, $FeCl_3.6H_2O$, H_2O, HCl 70%, dan NaOH dengan komposisi pada tabel 1 dibawah ini dengan variasi suhu sintesis (90^oC, 120^oC 150^oC) yang diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 600 rpm selama 60 menit dan kemudian di furnace dengan suhu 90^oC selama 1 jam. Untuk fablikasi lapisan tipis mengunakan metode spin coating yaitu: larutkan 50 mg serbuk $MnFe_2O_4$ yang sudah di furnace dengan 10 ml etanol menggunakan magnetic stirrer selama 5 menit pada suhu ruang, dengan kecepatan 500 rpm. Bersihkan kaca ITO dengan etanol kemudian diteteskan larutan diatas kaca ITO yang di letakkan di atas spin coater yang berkecepatan 500 rpm. Lapisan tipis yang terbentuk, dikeringkan menggunakan suhu 50^oC selama 15 menit dan kemudian dikarakterisasi menggunakan AFM (*Atomic Force Microscopy)* untuk melihat keebalan lapisan tipis dan permukaan lapisan tipis.

$$MnCl_2 + 2FeCl_3 + 8NaOH + H_2O \rightarrow MnFe_2O_4 + 8NaCl + 5H_2O \quad (1)$$

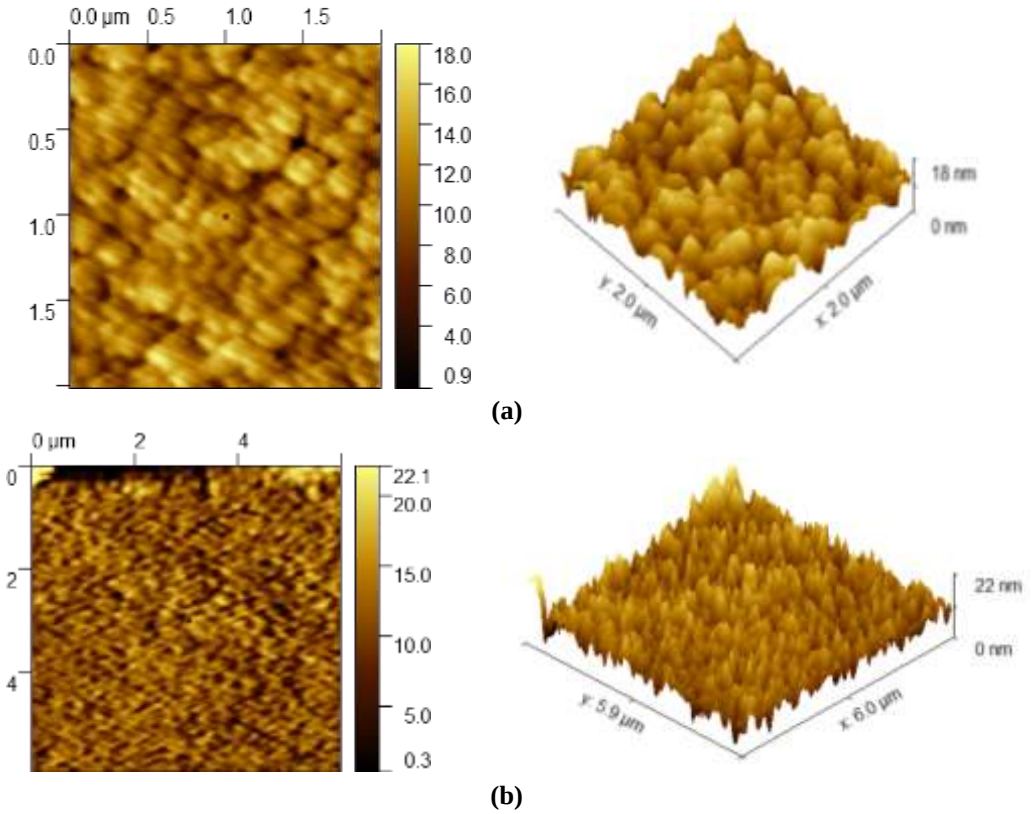
Fabrikasi $MnFe_2O_4$ diperleh dari persamaan reaksi diatas dengan perbandian 1:2 sehingga didapatkan massa $MnCl_2$ dan $FeCl_3$ yang dapat dilihat didalam tabel dibawah ini.

Tabel 1. Parameter Sintesis Nanopartikel $MnFe_2O_4$ Variasi Suhu Sintesis

No	Massa $MnCl_2$ (g)	Massa $FeCl_3$ (g)	Suhu Sintesis °C
1	3,1	8,1	90°
2	3,1	8,1	120°
3	3,1	8,1	150°

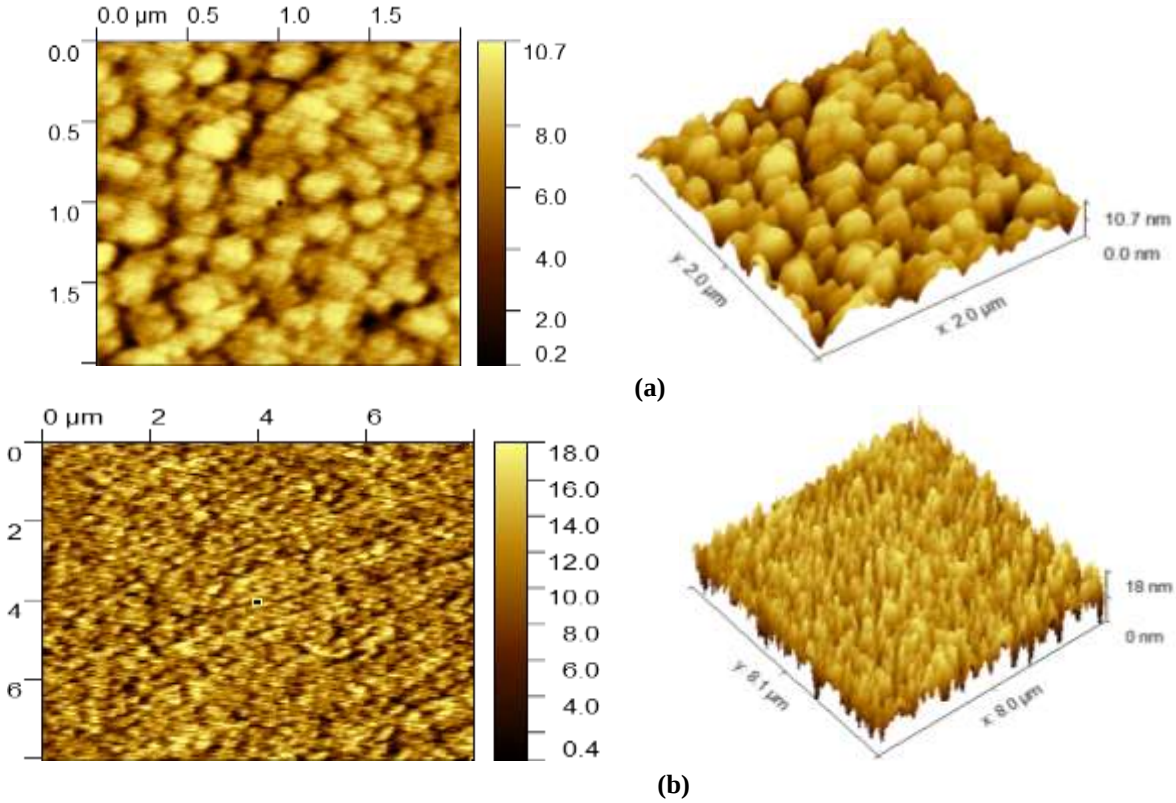
3. HASIL dan PEMBAHASAN

Dari hasil AFM (*Atomic Force Microscopy)* yang didapatkan dapat diukur ketebalan lapisan tipisnya dan melihat bentuk permukaan lapisan tipis. Hasil dari AFM ini dianalisis menggunakan *software Gwyddion*. Dapat dilihat dibawah ini gambar 2D dan 3D dari lapisan tipis dengan berbagai variasi suhu.



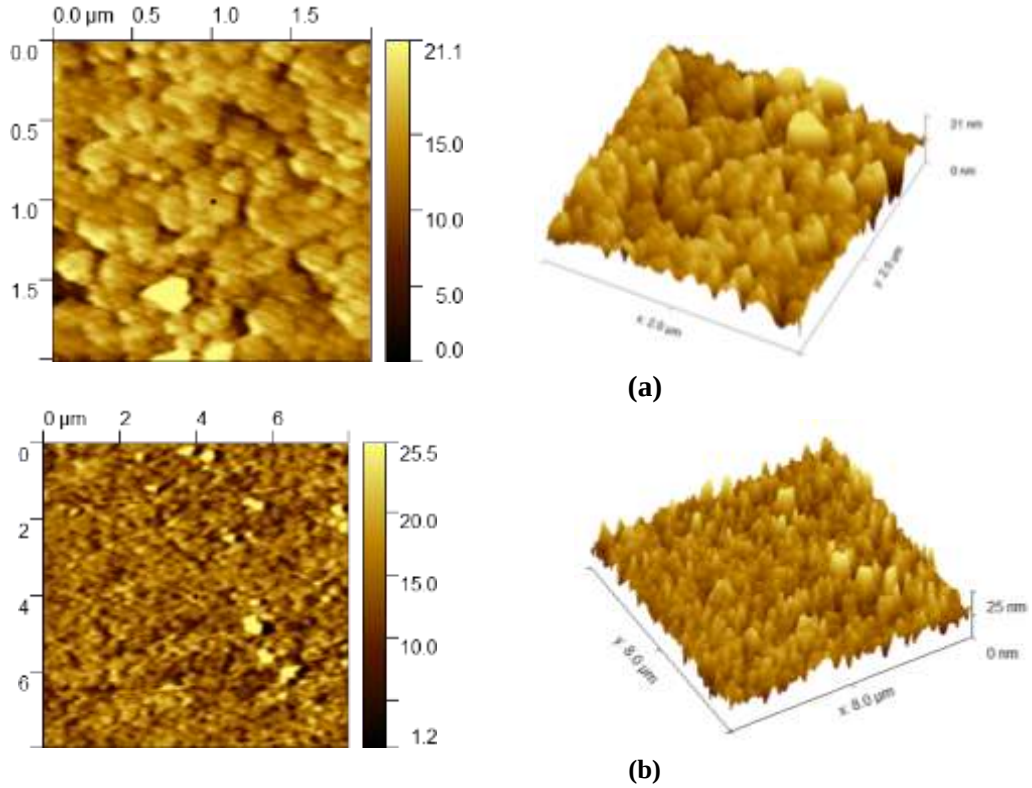
Gambar 1. Permukaan Lapisan Tipis (a) Luas Area 2μm x 2μm dan (b) Luas Area 6μm x 6μm Pada Suhu 90°C

Dapat dilihat dari gambar 1 menunjukkan bahwa hasil dari AFM dengan luasan 2μm x 2μm dan 6μm x 6μm, yang dianalisis menggunakan software *Gywiddion* menghasilkan ketebalan lapisan 18 nm dan 22 nm dengan bentuk permukaan lapisannya tidak rata dan memiliki pori. Pori yang timbul pada lapisan tipis ini disebabkan olek oksidasi pada permukaan lapisan tipis pada saat dipanaskan, sehingga mengalami keretakan dan menimbulkan bintik pori. Pori yang terbentuk terlihat memiliki lebar dan kedalaman yang berbeda, dapat dilihat dari perbedaan warna [20].



Gambar 2. Permukaan Lapisan Tipis (a) Luas Area 2μm x 2μm dan (b) Luas Area 8μm x 8μm Pada Suhu 120°C

Dari gambar 2 menunjukkan bahwa hasil dari AFM dari lapisan tipis dengan suhu sintesis 120°C, dengan luasan area 2μm x 2μm dan 8μm x 8μm yang dianalisis menggunakan software *Gywiddion* menghasilkan ketebalan lapisan 10,7 dan 18 nm, dengan bentuk permukaan lapisannya tidak rata dan memiliki pori. Pori yang timbul pada permukaan lapisan tipis ini disebabkan olek oksidasi pada permukaan lapisan tipis pada saat dipanaskan, sehingga mengalami keretakan dan menimbulkan bintik pori. Pori yang terbentuk terlihat memiliki lebar dan kedalaman yang berbeda, dapat dilihat dari perbedaan warna [20].



Gambar 3. Permukaan Lapisan Tipis (a) Luas Area 2μm x 2μm dan (b) Luas Area 8μm x 8μm Pada Suhu 150°C

Dari gambar 3 menunjukkan bahwa hasil dari AFM dari lapisan tipis dengan suhu sintesis 150°C, dengan luasan area 2μm x 2μm dan 8μm x 8μm yang dianalisis menggunakan software *Gywiddion* menghasilkan ketebalan lapisan 21 nm dan 25 nm, dengan bentuk permukaan lapisan tidak rata dan memiliki pori. Pori yang timbul pada permukaan lapisan tipis ini disebabkan olek oksidasi pada permukaan lapisan tipis pada saat dipanaskan, sehingga mengalami keretakan dan menimbulkan bintik pori. Pori yang terbentuk terlihat memiliki lebar dan kedalaman yang berbeda dapat dilihat dari perbedaan warna [20]. Untuk lebih jelasnya ketebalan permukaan lapisan tipis, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Ketebalan Lapisan Tipis Dengan Variasi suhu

No	Suhu Sinesis	Luasan area (μm)	Ketebalan (nm)
1	90°C	2 x 2	18
		6 x 6	22
2	120°C	2 x 2	10,7
		8 x 8	18
3	150°C	2 x 2	21
		8 x 8	25

Maka dari tabel 2 dapat disimpulkan bahwa ketebalan lapisan tipis $MnFe_2O_4$ menunjukkan ketidakseragaman, dimana ketebalan lapisan pada suhu 120°C mengalami penurunan dan pada suhu 150°C mengalami peningkatan ketebalan. Menurut Pramono (2017) Faktor-faktor yang memengaeruhi ketebalan lapisan tipis menggunakan metode spin coating ini adalah, jenis larutan, termasuk viskositas dan kemudahan larutan untuk menguap dan kecepatan

putaran. hasil karakterisasi AFM menunjukkan semakin tinggi temperatur deposisi semakin tebal lapisan tipis yang terbentuk [21].

4. KESIMPULAN

Telah berhasill dilakukannya sintesis dan fabrikasi thin film nanopartikel *manganese ferrite* ($MnFe_2O_4$) yang disintesis menggunkan metode kopresipitasi dengan variasi temperatur sintesis (90°C, 120°C dan 150°C) dan fabrikasi lapisan tipis ini menggunakan metode *spin coating* yang menghasilkan lapisan tipis berukuran nanometer, yang menunjukan lapisan tipis paling bagus pada suhu 120°C yaitu dengan ukuran luasan area 2 x 2 μm yaitu 10,7 nm dan pada luasan area 8 x 8 μm adalah 18 nm.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimasih kepada Bapak dan Ibu Dosen Fisika dan teman-teman jurusan Fsika yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Muflihatun, Siti Shofia, and Edi Suharyadi. 2015. "Sintesis Nanopartikel Nickel Ferrite ($NiFe_2O_4$) Dengan Metode Kopresipitasi Dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya." XIX(November): 20–25.

[2] Yanika Diah Imawanti1, Aris Doyan2, dan Erin Ryantin Gunawan3. 2017. "Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa."

[3] Yofentina, I et al. 2010. "Analisis Struktur Kristal Lapisan Tipis Dengan Metode Sol Gel." : 65–68.

[4] Dwi Santoso1, Djunaedi Muhidong2, Mursalim2. 2018. "Merupakan Proses Pengeringan Dimana Semua Bahan Yang Terdapat Dalam Lapisan Menerima Langsung Aliran Udara Dengan Suhu Dan Kelembaban Relatif Yang Mendekati Konstan , Dimana Pada Saat Itu Kadar Air Dan Suhu Bahan Keduanya Seragam (Henderson & Perry , 197."

[5] Aulakh, Darpandeep, and Mario Wriedt. 2018. "Metal-Organic Frameworks as Platforms for the Nanostructuring of Molecular Magnets." *Elaboration and Applications of Metal-organic Frameworks* 3: 687–702.

[6] Irawan, Elysa Nensy et al. 2019. "Penggunaan Metode DC Magnetron Sputtering Dalam Pembuatan Lapisan Tipis Tipe N (AZO) Sebagai Modul Termoelektrik." 8(1): 1–6.

[7] Ramakanth Illa, . Jaroslav Hamrle, and . Jaromir Pištora. 2021. "Synthesis and Fabrication of MnFe2O4 Spinel Ferrite Thin Films Using Chemical Approach: Structural, Magnetic, Optical and Magneto-Optical Properties." *Advanced Materials Proceedings* 2(3): 198–204.

[8] AlTurki, Asma-M. 2018. "Superparamagnetic MnFe2O4 and MnFe2O4 NPs/ABS Nanocomposite: Preparation, Thermal Stability and Exchange Bias Effect." *Indian Journal of Science and Technology* 11(19): 1–7.

[9] Lidia, Bevi et al. 2018. "Sintesis Dan Karakterisasi Sifat Optik Film Tipis Hausmannite (Mn_3O_4) Dengan Metode Spin Coating." 11(2): 9–16.

[10] Yulfriska, Nidya, Yenni Darvina, Edi Sanjaya, and Ambran Hartono. 2018. "Struktur Mikro Dan Sifat Magnetik Dari Lapisan Tipis Nanokomposit Fe 3 O 4 / PVDF." 3(3): 143–50.

[11] Yusuf, Yusnita, Raba'ah Syahidah Azis, and Muhammad Syazwan Mustaffa. 2019. "Spin-Coating Technique for Fabricating Nickel Zinc Nanoferrite (Ni0.3Zn0.7Fe2O4) Thin Films." *Coatings and Thin-Film Technologies*.

[12] Irzaman et al. 2017. "Modified Spin Coating Method for Coating and Fabricating Ferroelectric Thin Films as Sensors and Solar Cells." *Thin Film Processes - Artifacts on Surface Phenomena and Technological Facets*.

[13] Putrii, Diana. 2019. "Pengaruh Komposisi Terhadap Ukuran Butir Lapisan Jurusan Fisika , FMIPA Universitas Negeri Padang." 12: 84–90.

[14] Prototipe, Karakterisasi. 2013. "Variasi Kecepatan Putar Dan Waktu Pemutaran Spin Coating Dalam Pelapisan TiO2 Untuk Pembuatan Dan Karakterisasi." 2(1).

[15] Rianto, D. et al. 2018. "Analysis of Crystal Structure of Fe3O4 Thin Films Based on Iron Sand Growth by Spin Coating Method." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 335(1).

[16] Marta, Romizah, Yenni Darvina, Ramli, and Desnita. 2020. "Pengaruh Komposisi Mnfe2o4 Terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit Mnfe2o4 / Pvdf Yang Di Preparasi Dengan Metode Spin Coating." 13(April): 42–50.

[17] Pramono, Maulititus Eko, Muhadha Shalatin, Annisa Nurul Aini, and Diky Anggoro. 2017. "Pembentukan Lapisan Tipis Menggunakan Metode Spin Coating Dan Larutan MMA." : 1–4.

[18] Ridwan, Muhammad, Kasman Kasman, and Darmawati Darwis. 2017. "Pembuatan Lapisan Tipis Berbahan

Antosianin Beras Ketan Hitam (Oryza Sativa Glutinosa) Menggunakan Metode Spin Coating." *Natural Science: Journal of Science and Technology* 6(1): 29–38.

[19] Tawainella, Rosita Dewi et al. 2014. "Sintesis Nanopartikel Manganese Ferrite (MnFe 2 O 4) Dengan Metode Kopresipitasi Dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya." XVIII(April): 1–7.

[20] Sehati, Siti Wijayanti, Kusumandari, and Suryana Risa. 2021. "Pengaruh Variasi Rapat Arus Pada Pembentukan Silikon Berpori Di Atas Permukaan Si (111) Tipe-P Dengan Metode Anodisasi Elektrokimia." *Jurnal Fisika* 10(2): 11–18. https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jf/index.

[21] Maslakah, Umi, Dosen Pembimbing, and Jurusan Fisika. 2015. "Analisis Lebar Celah Pita Energi Dan Ikatan Molekul Lapisan Tipis A-Si : H Yang Ditumbuhkan Dengan Metode Analysis Of Energy Band Gap And Molecular Bonding Of A-Si : H Thin Films Deposited By Pecvd Methods."