

## ANALISIS SIFAT OPTIK DARI LAPISAN TIPIS $Fe_3O_4$ YANG DIPREPARASI DARI PASIR BESI PANTAI TIRAM KABUPATEN PADANG PARIAMAN SUMATERA BARAT DENGAN METODA SOL-GEL SPIN COATING

Nidya Yulfriska<sup>1)</sup> Ramli<sup>1)</sup> Yenni Darvina<sup>1)</sup>

<sup>1</sup> FMIPA Universitas Negeri Padang  
[nidyyulfriska95@gmail.com](mailto:nidyayulfriska95@gmail.com)

### ABSTRACT

Research on magnetic oxide is growing very rapidly. This magnetic oxide can be found in nature that is iron sand. Iron sand is a deposition of sand containing iron ore that many exist along the beach. One of the beaches in West Sumatra containing iron sand is Tiram Beach, Padang Pariaman District, Sumatera Barat. The content of iron sand is generally in the form of magnetic minerals such as magnetite, hematite, and maghemite. Magnetite contained in iron sand has excellent properties that can be developed into thin films that can later be applied to magnetic sensors. The purpose of this research is to investigate the optical properties of the  $Fe_3O_4$  thin films, prepared from iron sand of Tiram Beach, Padang Pariaman District, Sumatera Barat by Sol-Gel Spin Coating Method. This type of research is an experimental research. The iron sand obtained from nature is first purified using permanent magnets, then made in nanoparticle size using the HEM-E3D tool. Then, the process of making thin film with sol-gel spin coating method. In this research variation of rotation speed of spin coating is 1000 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm and 3000 rpm. The characterization tool in the research of optical properties analysis used is UV-VIS Spectrophotometer. The value of transmittance is 32,1%, 32,2% and 32,7% respectively. The absorbance value is 96,721% - 31,247%, 95,428% - 33,785% and 93,54% - 33,551% respectively. While the reflectance values are 33,2%, 33,7% and 34,2%, respectively. So it can be concluded that the greater the speed of rotation the thickness of the thin layer will be smaller, resulting in the transmittance and reflectance will be greater, while the absorbance will be smaller. Energy gap obtained from this research is 3,75 eV, 3,75 eV and 3,74 eV. So the average energy gap obtained is 3,75 eV.

**Keywords:** *Iron sand,  $Fe_3O_4$ , Optical properties, Energy gap, Spin Coating*

---

### 1. PENDAHULUAN

Dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, salah satu penelitian yang berkembang sangat pesat saat ini adalah penelitian tentang oksida magnetik. Oksida magnetik dapat dijumpai dalam pasir besi. Mineral magnetik merupakan komposisi utama yang terkandung di dalam

pasir besi seperti magnetit ( $Fe_3O_4$ ), hematit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ), dan maghemit ( $\gamma-Fe_2O_3$ )<sup>[13]</sup>.

Salah satu Pantai di Sumatera Barat yang mengandung pasir besi yaitu Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat, sebagaimana yang telah dilaporkan oleh Darvina, dkk, 2017<sup>[2]</sup>. Dimana berdasarkan hasil karakterisasi XRD memperlihatkan bahwa pasir besi Pantai

Tiram mengandung mineral oksida besi berupa magnetit disamping mineral oksida lainnya.

Pasir besi ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dalam bentuk nano memiliki sifat unggul sehingga mempunyai peluang besar dalam bidang industri dan elektronik untuk pembuatan lapisan tipis, sebagai piranti semikonduktor. Metoda preparasi yang paling sederhana dan sering digunakan untuk menumbuhkan lapisan tipis yaitu metoda sol-gel karena metoda ini memiliki keunggulan yaitu kehomogenan material yang tinggi<sup>[1]</sup>.

Untuk menumbuhkan lapisan tipis ini ada terdapat beberapa metode seperti DC magnetron sputtering, sputtering<sup>[9]</sup>, screen printing, elektroforesis, slip casting, dan semprot pirolisis. Tetapi metode ini memiliki kekurangan yaitu membutuhkan instrumen yang canggih, memerlukan biaya operasi yang tinggi, dan luas daerah pembentukan film yang dihasilkan kecil<sup>[11]</sup>.

Metoda coating (pelapisan) seperti spin coating merupakan suatu metoda penumbuhan paling mudah dan sederhana. Karena metoda ini mempunyai kelebihan seperti dapat menghasilkan lapisan tipis yang mempunyai kualitas cukup bagus dan juga biaya pembuatan yang relatif murah<sup>[6]</sup>.

Lapisan tipis adalah bahan dengan ukuran nanometer yang terbentuk dari susunan serta penggabungan sifat atom. Teknik penumbuhannya yaitu penumbuhan partikel atau atom pada permukaan substrat dengan besarnya ketebalan dalam orde mikrometer<sup>[12]</sup>. Lapisan tipis ini terbuat dari logam, inorganik, organik, ataupun campuran metal organik serta mempunyai sifat semikonduktor, isolator maupun konduktor. Lapisan tipis memiliki sifat optik yang sangat tergantung pada energi gap dari sifat-sifat bahan lapisan tipis yang akan diendapkan.

Sifat optik bahan adalah bentuk respon dari material terhadap elektromagnetik

khususnya cahaya tampak. Spektrofotometer UV-VIS digunakan untuk melihat sifat optik dari material, saat cahaya dilewatkan pada material maka sebagian dari cahaya ini akan dipantulkan (*reflected*), sebagian akan diserap (*absorbed*), sebagian akan diteruskan dan sebagian lagi akan disebar (scattered), yang secara matematis cahaya yang datang dapat dituliskan dalam persamaan:

$$I_o = R_e + T + A_b + S = 100\% \quad (1)$$

Dengan  $I_o$  adalah Intensitas cahaya datang,  $R_e$  adalah reflektansi,  $T$  adalah transmitansi,  $A_b$  adalah absorbansi dan  $S$  adalah *scattered*. Energi gap merupakan besarnya energi yang dibutuhkan untuk bergerak dari pita valensi menuju ke pita konduksi. Energi gap dapat dicari menggunakan spektrofotometri UV-Vis *diffuse reflectance* yang berdasarkan pada pengukuran intensitas yang direfleksikan oleh sampel. Untuk mengetahui energi gap dapat digunakan metode Kubelka-Munk. Energi gap atau celah pita diperoleh dari grafik hubungan antara:

$$hv \text{ (eV) vs } (F(R'_{\infty})/hv)^{1/2} \quad (2)$$

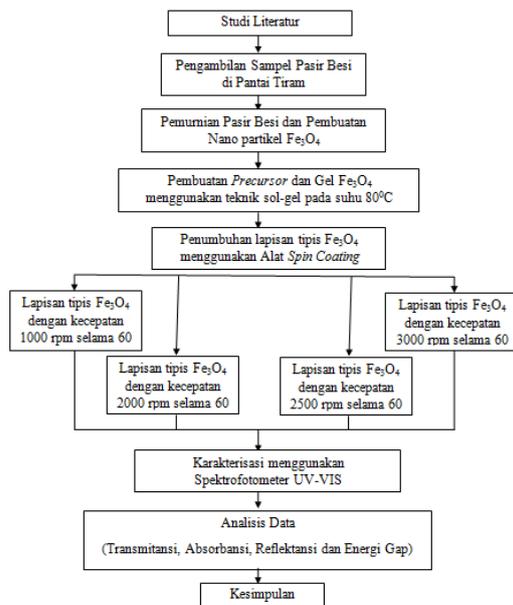
$E_g$  adalah energi gap (eV),  $h$  merupakan konstanta planck ( $6,626 \times 10^{-34}$  Js),  $c$  adalah kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s) dan  $\lambda$  merupakan panjang gelombang (nm). Besarnya  $hv$  pada saat  $(F(R'_{\infty})/hv)^{1/2} = 0$ , yang didapatkan dari persamaan regresi linier merupakan besarnya energi gap<sup>[7]</sup>.

Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) merupakan material dengan sifat bahan semikonduktor, ini dilaporkan oleh Ghandoor, H.E, dkk, 2012<sup>[5]</sup>. Bahan semikonduktor merupakan bahan yang mempunyai konduktivitas listrik antara konduktor dan isolator dengan besar energi gap  $< 6$  eV (Oktaviani, Y & Astuti, 2014).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen, dengan diagram alir

yang diperlihatkan pada Gambar 1. Penelitian ini dilakukan dari bulan Desember-Mei 2017 di Laboratorium Fisika Material dan Biofisika FMIPA Universitas Negeri Padang. Sampel yang digunakan yaitu sampel pasir besi yang diambil dari Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini, alat yang digunakan adalah HEM-E3D, magnetic stirrer, spin coating, furnace, magnet permanen, timbangan digital, spatula, gelas ukur, tabung erlenmeyer, beaker, pengaduk, pipet tetes, substrat kaca dan Spektrofotometer UV-VIS. Sedangkan bahannya yaitu pasir besi, aquabidest, asam oksalat, asam nitrat dan etilen glikol. Bentuk dari pasir besi Pantai Tiram ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Pasir Besi Pantai Tiram

Pasir besi ini kemudian dimurnikan dengan cara menarik pasir besi menggunakan magnet permanen sebanyak 30 kali untuk memisahkan pasir besi (ferit) dengan material lainnya yang tercampur di dalam pasir besi (residu). Setelah itu pasir besi dicuci menggunakan aquabidest. Selanjutnya dikeringkan dan ditarik kembali sebanyak 20 kali. Kemudian sampel tersebut di *milling* selama 30 jam. Waktu *milling* yang digunakan berdasarkan penelitian Darvina, dkk (2017)<sup>[2]</sup> yang memperlihatkan bahwa pada waktu *milling* 30 jam terlihat hilangnya fasa hematit sehingga hanya satu fasa yang tertinggal yaitu  $Fe_3O_4$ .

Setelah selesai proses pemurnian dan pembuatan nano partikel  $Fe_3O_4$ . Selanjutnya dilakukan proses pembuatan lapisan tipis dengan *spin coating* yang dipreparasi menggunakan metoda sol-gel dengan *precursor* ( $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ).

*Precursor* ( $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ), dibuat pada suhu  $110^{\circ}C$  dengan mereaksikan 17,4 gr  $Fe_3O_4$  dan 4,5 gr asam oksalat ( $C_2H_2O_4$ ) dengan asam nitrat ( $HNO_3$ ) sebanyak 42 mL. Selanjutnya dilakukan proses sintesis sol-gel magnetit seperti pada penelitian Eken (2009)<sup>[3]</sup> dengan melarutkan 14 gr *precursor* yang dihasilkan dengan 55 gr ethylene glycol. Larutan tersebut kemudian dipanaskan pada suhu  $80^{\circ}C$  selama 2 jam sambil di aduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan konstan.

Kemudian ditumbuhkan lapisan tipis  $Fe_3O_4$  menggunakan *spin coating* diatas substrat kaca yang telah dibersihkan menggunakan ethanol. Larutan gel magnetit ditetaskan di atas substrat kaca dan kemudian diputar dengan variasi kecepatan putar *spin coating*. Variasi kecepatan *spin coating* yang digunakan yaitu 1000, 2000 dan 3000 rpm dengan lama waktu 60 secon. Lama waktu coating yang digunakan sesuai pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Eken, 2009<sup>[3]</sup>. Bentuk dari alat *spin coating* diperlihatkan dalam Gambar 3.



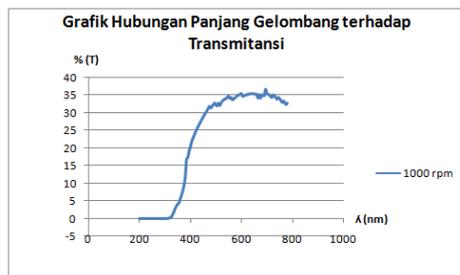
Gambar 3. Spin Coating

Selanjutnya setiap lapisan tipis yang terbentuk dikeringkan pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit, setelah itu diannealing pada suhu  $300^{\circ}\text{C}$ , suhu annealing yang digunakan ini berdasarkan penelitian Tang, dkk (2004)<sup>[12]</sup> dan lama waktu annealing yang digunakan yaitu selama 3,5 jam ini berdasarkan penelitian Eken(2009)<sup>[3]</sup>. Kemudian dikarakterisasi dengan alat Spektrofotometer UV-VIS.

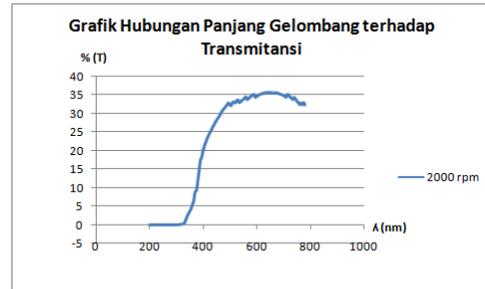
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil karakterisasi lapisan tipis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  menggunakan alat Spektrofotometer UV-VIS, didapatkan sifat optik berupa nilai transmitansi, adsorbansi dan reflektansi, dari nilai reflektansi maka bisa didapatkan energi gap. Hasil data SEM memperlihatkan bahwa ketebalan lapisan tipis untuk kecepatan putar 1000 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm berturut-turut yaitu  $25\mu\text{m}$ ,  $24\mu\text{m}$ ,  $11\mu\text{m}$ , dan  $12,02\mu\text{m}$ <sup>[10]</sup>.

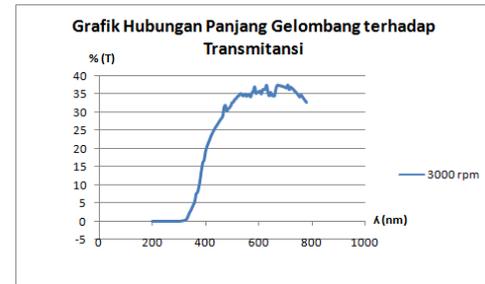
Hasil pengukuran transmitansi lapisan tipis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  pada kecepatan putar 1000 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm berturut-turut ditunjukkan oleh Gambar 4.



(a)



(b)

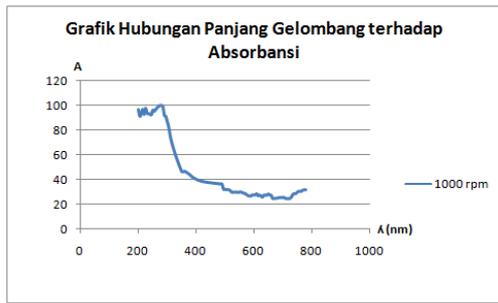


(c)

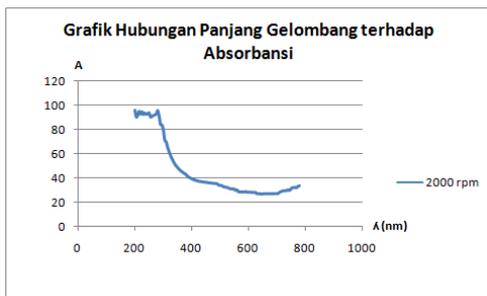
Gambar 4. Grafik hubungan panjang gelombang terhadap transmitansi pada lapisan tipis dengan kecepatan (a) 1000 rpm (b) 2000 rpm (3) 3000 rpm.

Besarnya nilai transmitansi berturut-turut pada kecepatan 1000 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm pada rentang panjang gelombang antara 200-780 nm yaitu sebesar 32,1%, 32,2% serta 32,7 %. Rentang panjang gelombang yang paling banyak ditransmisikan yaitu pada rentang 470-780 nm, dengan besarnya presentase transmitansi tertinggi berturut-turut sebesar 31,2% - 32,1%, 31,3% - 32,2% dan 31,4% - 32,7%. Puncak transmitansi tertinggi berturut-turut yaitu sebesar 34,5% pada panjang gelombang 600 nm, 35,5% pada panjang gelombang 650-640 nm, 37,5% pada panjang gelombang 710 nm. Semakin besar kecepatan putar maka nilai transmitansi akan bertambah. Ini disebabkan karena ketebalan yang terbentuk semakin kecil.

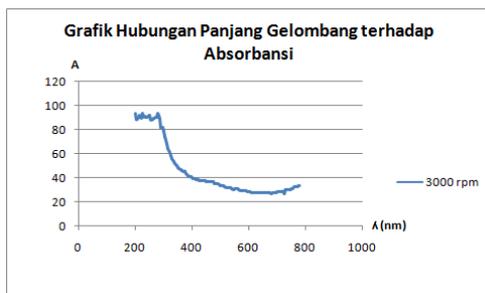
Hasil pengukuran absorbansi dari lapisan tipis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ditunjukkan oleh Gambar 5.



(a)



(b)



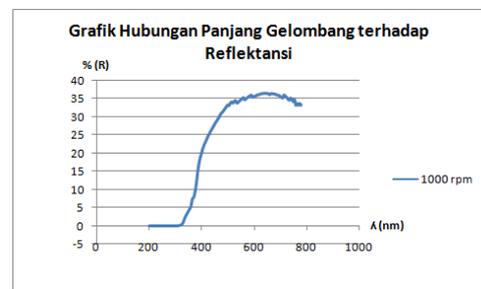
(c)

Gambar 5. Grafik hubungan panjang gelombang terhadap absorbansi pada lapisan tipis dengan kecepatan (a) 1000 rpm (b) 2000 rpm (c) 3000 rpm.

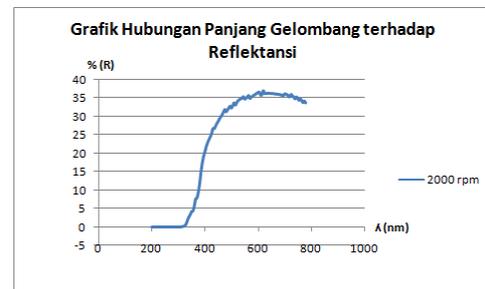
Besarnya nilai absorbansi berturut-turut pada rentang panjang gelombang antara 200-780 nm yaitu sebesar 96,721 % - 31,247 % , 95,428 % - 33,785 % dan 93,54% - 33,551%. Rentang panjang gelombang yang paling banyak diserap yaitu pada rentang 200-280 nm, dengan besarnya presentase absorbansi tertinggi berturut-turut sebesar 96,721% - 100%, 95,428% - 95,207% dan 93,54% - 93,109%. Puncak absorbansi tertinggi berturut-turut yaitu

sebesar 100% pada panjang gelombang 280 nm, 95,428% pada panjang gelombang 200-640 nm, 93,173% pada panjang gelombang 225 nm. Dapat dilihat bahwa absorbansi akan berkurang dengan berkurangnya ketebalan lapisan tipis. Ini sesuai dengan Hukum Beer yang mengatakan besarnya nilai absorbansi sebanding dengan ketebalan bahan/medium yang ditembusi oleh cahaya<sup>[7]</sup>.

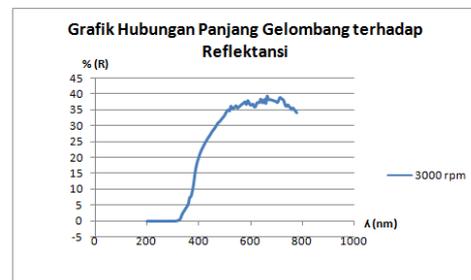
Hasil pengukuran reflektansi dari lapisan tipis  $Fe_3O_4$  yaitu ditunjukkan oleh Gambar 6.



(a)



(b)



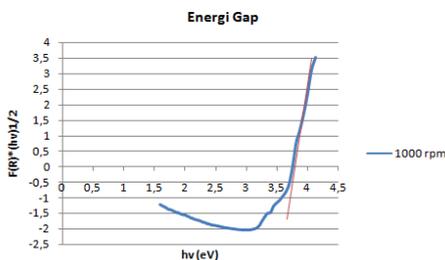
(c)

Gambar 6. Grafik hubungan panjang gelombang terhadap reflektansi pada lapisan tipis dengan kecepatan (a) 1000 rpm (b) 2000 rpm (c) 3000 rpm.

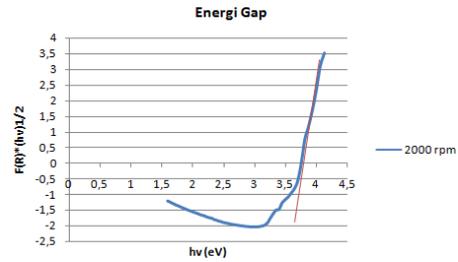
Besarnya nilai reflektansi berturut-turut pada rentang panjang gelombang antara 200-780 nm yaitu sebesar 33,2 %, 33,7% serta 34,2%. Rentang panjang gelombang yang paling banyak direfleksikan yaitu pada rentang 490-780 nm, dengan besarnya presentase transmisi tertinggi berturut-turut sebesar 32,3% - 33,2%, 32,3% - 33,7% dan 32,3% - 34,2%. Puncak reflektansi tertinggi berturut-turut yaitu sebesar 36,5% pada panjang gelombang 645 - 640 nm, 37% pada panjang gelombang 620 nm, 39,4% pada panjang gelombang 665 nm. Berdasarkan hasil diatas menunjukkan bahwa apabila kecepatan putar *spin coating* semakin besar maka nilai reflektansinya akan semakin besar juga. Karena kecepatan putar mengakibatkan ketebalan film yang terbentuk semakin kecil. Sehingga nilai reflektansinya akan semakin besar.

Berdasarkan penelitian Erni, Theresia. 2007, memperlihatkan semakin tebal suatu lapisan tipis, maka absorbansi juga semakin besar, sedangkan reflektansi atau yang diteruskan akan semakin kecil<sup>[4]</sup> dan begitupun sebaliknya semakin tipis ketebalan maka semakin besar pula cahaya yang diteruskan dan dipantulkan, sedangkan cahaya yang diserap akan semakin kecil.

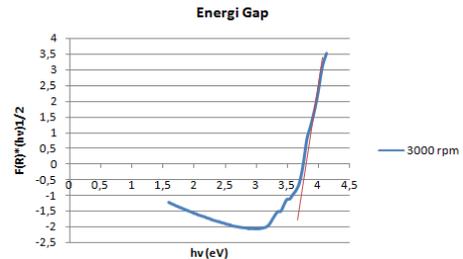
Besarnya energi gap dari lapisan tipis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> ditunjukkan pada Gambar 7.



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. Grafik energi gap pada lapisan tipis dengan kecepatan (a) 1000 rpm (b) 2000 rpm (c) 3000 rpm.

Besarnya nilai energi gap lapisan tipis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> berturut-turut pada kecepatan 1000 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm adalah sebesar 3,75 eV, 3,75 eV dan 3,74 eV. Sehingga nilai rata-rata dari energi gap pada lapisan tipis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yaitu sebesar 3,75 eV.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan sifat optik dari lapisan tipis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yaitu transmitansi, absorbansi, reflektansi dan *energy gap* dari lapisan tipis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Ini menunjukkan bahwa kecepatan putar berpengaruh terhadap transmitansi, absorbansi dan reflektansi. Semakin besar kecepatan putar maka transmitansi dan reflektansi juga akan semakin besar, sedangkan absorbansi akan menurun. Karena ketebalan lapisan tipis akan berkurang dengan bertambahnya kecepatan putar. Sedangkan besarnya *energy gap* yang didapatkan yaitu sebesar 3,75 eV, 3,75 eV dan 3,74 eV. Sehingga nilai rata-rata dari *energy gap* pada lapisan tipis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yaitu sebesar 3,75 eV.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kemristekdikti yang telah mendanai penelitian ini melalui Proyek Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2017 dengan judul “Fungsionalisasi Magnetite yang disintesis dari Mineral Alam Sumatera Barat”, dengan nomor kontrak SP-DIPA 042.01.2.400929/2017 tanggal 7 Desember 2017, kepada Dosen Pembimbing yaitu Dr. Ramli, S.Pd, M.Si dan Dra. Hj. Yenni Darvina, M.Si, tim penguji yaitu Drs. Gsusnedi, M.Si, Dr. Hj. Ratnawulan M.Si dan Harman Amir, M.Si yang telah memberikan banyak masukan, analisis laboratorium jurusan Fisika Universitas Negeri Padang, analisis laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bhushan, B. 2007. *Handbook of Nanotechnology*. Ohio State University. Columbus USA. hal. 316.
- [2] Darvina, Yenni dkk. (2017). *Struktur Nano Partikel Oksida Besi Dari Pasir Besi Pantai Tiram Sumatera Barat*. Universitas Negeri Padang: Padang.
- [3] Eken, A. E & Macit Ozenbas. 2009. *Characterization of Nanostructured Magnetite Thin Films Produced by Sol-gel Processing*. Department of Metallurgical and Material Engineering. Middle East Technical University: Turkey.
- [4] Erni, Theresia. 2007. *Deposisi Lapisan Tipis Aluminium (Al) Pada Substrat Kaca dengan Teknik Evaporasi dan Karakterisasi Optiknya*. Universitas Sanata Dharma: Yogyakarta.
- [5] Ghandoor, H.El, dkk. 2012. *Synthesis and Some Physical Properties of Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Nanoparticles*. Int. J. Electrochem. Sci., Vol. 7, 2012.
- [6] Muhlis, dkk. (2013). *Studi Penumbuhan Lapisan Tipis PZT dengan Metode Spin Coating*. FMIPA: Universitas Brawijaya.
- [7] Prasetyo, B.H. dan Suriadikarta, D.A. 2006. *Karakteristik, Potensi dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Balai Penelitian Tanah.
- [8] Pipit Fitriani, Shanty Merissa, Ferry Iskandar, Rino R. Mukti, Khairurijal dan Mikrajuddin Abdullah. (2014). *Sintesis Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> / Zeolit dengan Metode Pemanasan Microwave dan Pengujian Sifat Katalitiknya pada Penurunan Viskositas Minyak Berat*. Journal of Research and Development on Nanotechnology in Indonesia.1. Hlm. 23-26.
- [9] Ramli, dkk. (2017). *Analisis Struktur Nano Dari Lapisan Tipis Cobalt Ferrite Yang Dipreparasi Dengan Metode Sputtering*. FMIPA: Padang.
- [10] Rianto, Debi. 2017. *Analisis Struktur Kristal dan Morfologi Lapisan Tipis Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Berbahan Dasar Pasir Besi Alam yang Ditumbuhkan Menggunakan Metode Spin Coating*. FMIPA: UNP.
- [11] Shinde.V.R et. al. (2007). “**Studies on growth of ZnO thin films by a novel chemical method**”. *Solar energy Material & Solar Cell*. 91, 1055-1061.
- [12] Tang, dkk. (2004). “**Nanostructured Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Thin Films Prepared By Sol-Gel Method**.” *Jurnal of Magnetism Materials* 282 (2004) 92-95.

- [13] Tebriani, Sylvina, dkk. 2013. *Pengaruh Pemanasan dan Ethylen Glycol pada Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite menggunakan Continue Direct Current*. Jurusan Fisika FMIPA: ITS.
- [14] Yulianto, A dan Bijaksana, S. (2002). **Karakterisasi Magnetik dari Pasir Besi Cilacap**. Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia, Vol A5, No 0527