

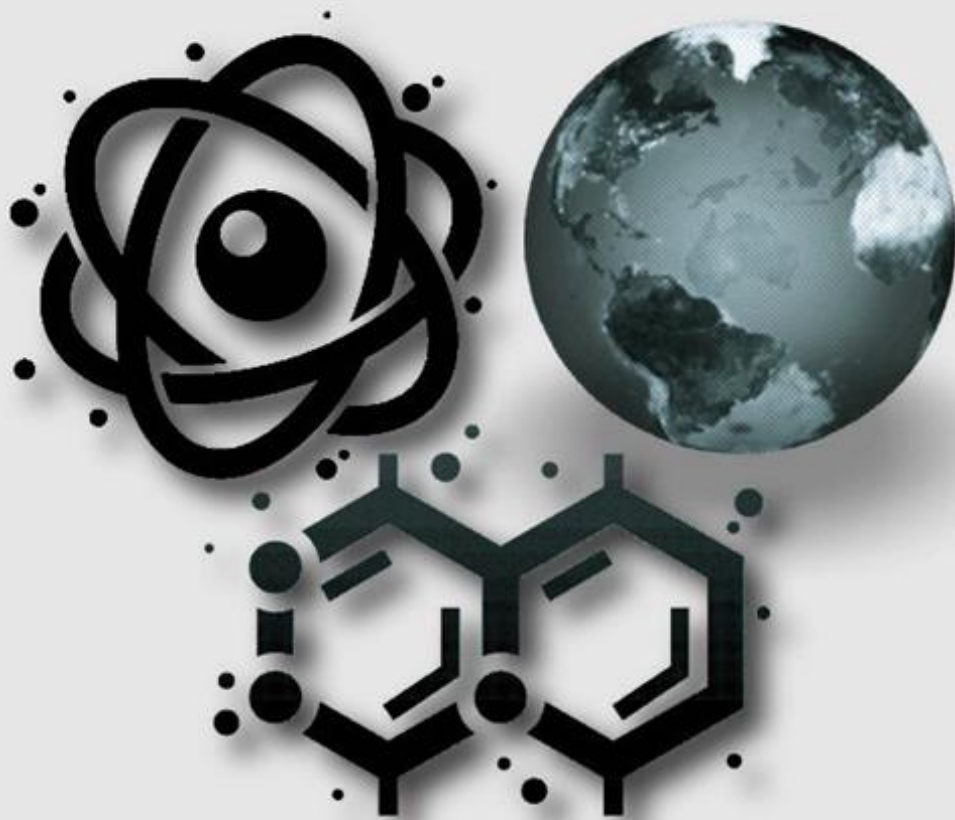
Vol.3 No.1 Tahun 2020

P-ISSN : 2621-0215

E-ISSN : 2621-489X

# Al-Fiziya

Journal of Materials Science, Geophysics,  
Instrumentation and Theoretical Physics



Published by  
Program Studi Fisika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

**AL-FIZIYA:**  
Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation,  
and Theoretical Physics

**Vol. 3, No. I, Tahun 2020**

**EDITORIAL IN CHIEF**

Dr. Sitti Ahmiatri Saptari

**MANAGING EDITOR**

Muhammad Nafian, M.Si

**REVIEWER**

Dr. Ambran Hartono

Dr. Rahmat

Iskandarsyah, M.Si.

Agus Riyanto, M.Si.

**EDITOR**

Arif Tjahjono, M.Si.

Edi Sanjaya, M.Si.

**SECTION EDITOR**

Elvan Yuniarti, M.Si.

Anugrah Azhar, M.Si.

Saipudin, M.Si.

Biaunik Niski Kumila, M.Sc.

**LAYOUT EDITOR**

Ryan Rizaldy, M.Si.

**Alamat Redaksi**

Gedung Fakultas Sains dan Teknologi Lt. 3  
Jl. Ir. H Juanda No.95 Ciputat 15412 Tangerang  
Telp. (6221)743731, (6221)7493315  
Email: al-fiziya@uinjkt.ac.id

**Published by**

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

## PENGANTAR REDAKSI

Assalamu'alaikum, Wr. Wb.

Puji Syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, dengan terbitnya Al-Fiziya: *Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation, and Theoretical Physics* Vol 3, No. I, Tahun 2020 dengan nomor ISSN: 2621-0215 dan E-ISSN: 2621-489X sebagai jurnal penelitian dan pengembangan ilmu fisika yang diterbitkan oleh Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Jurnal ini menyajikan artikel-artikel penelitian dan pengembangan terkini baik dalam Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris di bidang fisika murni dan terapan, antara lain bidang fisika material, geofisika, fisika instrumentasi, dan fisika teori. Jurnal ini merupakan sarana publikasi bagi dosen dan para peneliti yang bergerak di bidang penelitian dan pengembangan ilmu fisika. Dengan demikian, melalui penerbitan jurnal ini kami memberikan kesempatan seluas-luasnya bagi siapapun yang ingin berpartisipasi dalam menyampaikan buah pikirannya melalui tulisan atau artikel yang akan kami muat pada edisi berikutnya.

Artikel yang masuk akan melalui proses seleksi oleh dewan editor dan review yang melibatkan mitra bestari baik dari para dosen ahli dibidangnya berdasarkan kesesuaian isi dan bobot karya ilmiah. Untuk informasi lengkap submit dan tata cara penulisan dalam Al-Fiziya: *Journal of Material Science, Geophysics, Instrumentation, and Theoretical Physics* dapat dilihat pada pedoman penulisan artikel di halaman akhir penerbitan atau dapat mengakses website kami di <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/al-fiziya>. Atas nama dewan redaksi, kami mengucapkan terimakasih atas dukungan dan partisipasi dari semua pihak hingga terbitnya Al-Fiziya: *Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation, and Theoretical Physics*.

*Editorial in chief*  
Sitti Ahmiatri Saptari

## Daftar Isi

Vol 3, No. I Juli 2020

Pengantar Redaksi .....	i
Daftar Isi .....	ii
<b>Muhammad Umar Faruqi, Arif Tjahjono, Sitti Ahmiatri Saptari</b> , Analisis Struktur Kristal dan Sifat Kemagnetan Material Komposit Perovskite Manganit $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3/\text{ZnO}$ .....	1-8
<b>Muhammad Sholih Fajri, Nizar Septian, Edi Sanjaya</b> , Evaluasi Implementasi Algoritma <i>Machine Learning K-Nearest Neighbors</i> (kNN) pada Data Spektroskopi Gamma Resolusi Rendah .....	9-14
<b>M. Yanuar Prasetyo, Riad Syech, Usman Malik</b> , Pemetaan Tingkat Pencemaran Air Sungai Siak Sebelum Dan Sesudah Melalui Sistem Filtrasi Dengan 2 Kali Penyaringan Berdasarkan Parameter Fisis .....	15-20
<b>Dewi Lestari</b> , Rancang Bangun <i>Home Automation</i> Berbasis <i>Ethernet Shield</i> Arduino .....	21-28
<b>Gizelda Larasati Anindita, Ambran Hartono, Ryan Rizaldy</b> , Analisis Nilai Fraksi $\beta$ dari Film Tipis Polimer Komposit PVDF/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ terhadap Konsentrasi $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	29-34
<b>Juli Hartati, Sitti Ahmiatri Saptari, Arif Tjahjono</b> , Analysis Crystal Structure of $\text{La}_{0,7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0,3}\text{MnO}_3$ by Sol-Gel Method .....	35-41
<b>Leni Mawaddah, Elvan Yuniarti, Ambran Hartono</b> , Rancang Bangun Detektor Golongan Darah Digital Menggunakan Sensor Optik BH 1750 .....	42-52
<b>Lina Fazriyanti, Arif Tjahjono, Febty Febriani</b> , Analisis Anomali Sinyal Geomagnetik Menggunakan Metode <i>Detrended Fluctuation Analysis</i> Pada Gempa Bumi Magnitudo 6,1 di Lebak, Banten .....	53-60

## Analisis Struktur Kristal dan Sifat Kemagnetan Material Komposit Perovskite Manganit $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3/\text{ZnO}$

Muhammad Umar Faruqi <sup>†</sup>, Arif Tjahjono, Sitti Ahmiatri Saptari

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jalan Ir. H. Djuanda No.95, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15412, Indonesia

<sup>†</sup>[umaruqi28@gmail.com](mailto:umaruqi28@gmail.com)

### Abstrak

Perovskite manganit merupakan salah satu rekayasa material yang dapat menghasilkan perubahan fenomena fisika. Telah berhasil dibuat material berbasis perovskite manganit  $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$  menggunakan metode *sol-gel* dan dikompositkan dengan ZnO ( $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$ )<sub>1-x</sub>/(ZnO)<sub>x</sub> (x = 0; 0,3; 0,5; 0,7). Hasil pengujian *X-Ray Diffraction* menunjukkan sampel  $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$  berstruktur tunggal ortorombik dan sampel ZnO pada ( $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$ )<sub>0,5</sub>/(ZnO)<sub>0,5</sub> berstruktur heksagonal tunggal. Hasil pengujian *Field Emission Scanning Electron Microscope* menunjukkan sampel telah homogen dengan rata-rata ukuran butir 0,188  $\mu\text{m}$ . Hasil pengujian *Vibrating Sample Magnetometer* menunjukkan sampel ( $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$ )<sub>0,5</sub>/(ZnO)<sub>0,5</sub> bersifat paramagnetik dan mengalami penurunan sifat magnetik juga suseptibilitas seiring dengan penambahan konsentrasi material ZnO.

**Kata kunci** : Komposit, Magnetisasi, NSMO, ZnO.

### Abstract

*Perovskite manganite is one of the manipulation materials that can produce changes in physical phenomena. Perovskite material  $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$  has been made with the sol-gel method and then composites with ZnO ( $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$ )<sub>1-x</sub>/(ZnO)<sub>x</sub> (x = 0; 0.3; 0.5, 0, 7). The results of the X-Ray Diffraction characterization test showed samples of  $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$  and ZnO each with a single orthorhombic phase with a Pnma space group and a single hexagonal with a P63mc space group. The results of the Field Emission Scanning Electron Microscope characterization test showed that the samples were homogeneous with an average grain size of 0,188  $\mu\text{m}$ . Vibrating Sample Magnetometer characterization test results show composite material ( $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$ )<sub>1-x</sub>/(ZnO)<sub>x</sub> are paramagnetic and the increasing composition of ZnO material decreases the magnetization and susceptibility value of sample*

**Keywords** : NSMO, ZnO, Magnetization, Composite.

**DOI**: 10.15408/fiziya.v3i1.16158

## PENDAHULUAN

Perovskite manganit merupakan salah satu hasil dari rekayasa material yang dapat menghasilkan perubahan fenomena fisika pada material, seperti perubahan struktur kristal, transfer elektron, dan sifat magnetiknya. Perovskit Manganit yang telah didoping  $RE_{1-x}A_xMnO_3$  (RE = elemen logam tanah jarang trivalent, A = elemen logam alkali divalent) telah menarik banyak minat peneliti karena berbagai sifat struktural, magnetik, listrik dan juga menunjukkan berbagai fenomena menarik seperti *Colossal Magnetoresistance* (CMR) dan *Magnetocaloric effect* (MCE) pada material tersebut [1].

Umumnya material berbasis perovskite manganit direkayasa dengan mensubstitusi ion. Pada penelitian oleh Ahmed *et al* yang mengkompositkan material NSMO dengan senyawa  $CrO_3$  menunjukkan bahwa penambahan senyawa  $CrO_3$  pada NSMO memperbesar nilai resistivitas dan mengurangi *Transisi Metal-Insulator* ( $T_M$ ). Salah satu material yang unik untuk direkayasa yaitu material ZnO. Material ZnO memiliki energi pengikat yang besar, transparansi yang baik, serta stabilitas jangka panjang. Karena sifat-sifatnya itu material ZnO ditemukan di berbagai aplikasi-aplikasi teknologi seperti sensor, laser, solar sel, dll [2].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur kristal dan sifat kemagnetan material  $(Nd_{0,6}Sr_{0,4}MnO_3)_{1-x}/(ZnO)_x$  ( $x = 0; 0,3; 0,5; 0,7$ ) dengan sampel  $Nd_{0,6}Sr_{0,4}MnO_3$  (NSMO) yang disintesis menggunakan metode sol-gel dan dikompositkan dengan ZnO menggunakan ethanol. Sampel akan melewati beberapa pengujian karakterisasi yaitu karakterisasi fasa, struktur kristal serta parameter kristalnya menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), karakterisasi morfologi menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscope* (FESEM), dan karakterisasi sifat magnetisasi sampel menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM).

## METODE

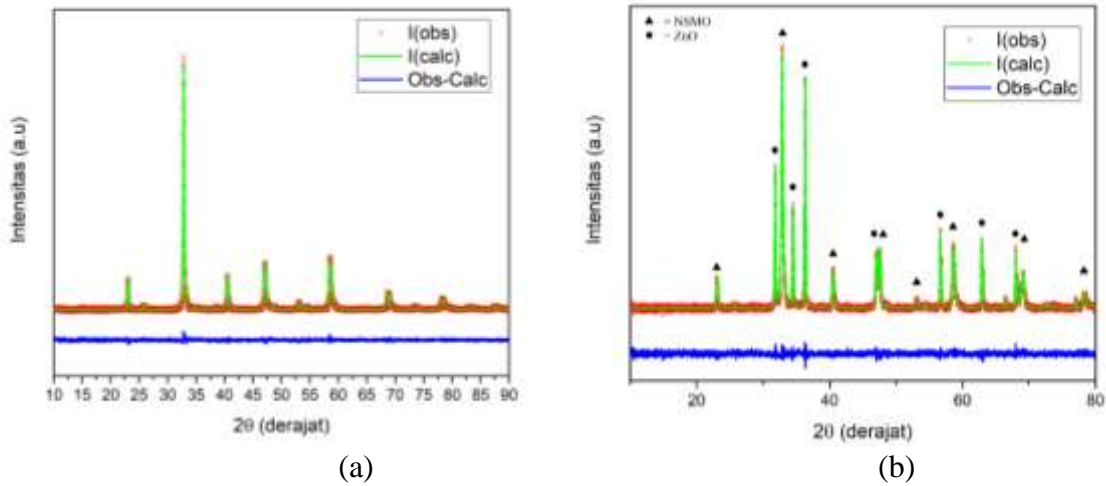
$Nd_{0,6}Sr_{0,4}MnO_3/ZnO$  telah berhasil dibuat dengan metode *sol-gel*. Prekursor pada senyawa  $Nd_{0,6}Sr_{0,4}MnO_3/ZnO$  yaitu  $Nd_2(NO_3)_2$ ,  $Sr(NO_3)_2$ ,  $Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ,  $C_6H_8O_7$ . Masing-masing prekursor dilarutkan menggunakan air suling, dan  $Nd_2(NO_3)_2$  ditambahkan dengan asam nitrat ( $HNO_3$ ) sampai mendapatkan larutan bening yang dilanjutkan dengan mencampurkan semua prekursor. Campuran prekursor kemudian diaduk dan dipanaskan hingga  $80^\circ C$  di atas *hot plate* magnetik. Kemudian ditambahkan larutan ammonia hingga pH 7. Setelah campuran menggumpal membentuk wujud jel, kemudian sampel didehidrasi pada suhu  $120^\circ C$  untuk menghilangkan kandungan air. Setelah itu proses pra kalsinasi pada suhu  $650^\circ C$  selama 6 jam dan kalsinasi  $1000^\circ C$  selama 12 jam. Setelah proses kalsinasi selanjutnya sampel dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk melihat sampel telah berfasa tunggal. Selanjutnya mengkompositkan sampel dengan senyawa ZnO dengan cara mencampurkan keduanya menggunakan ethanol kemudian diaduk dan didehidrasi dengan suhu  $100^\circ C$ . Pengujian selanjutnya yaitu analisis morfologi dan ukuran butir menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscope* (FESEM). Kemudian dilanjut dengan pengujian sifat kemagnetan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi XRD

Sampel NSMO dan  $(NSMO)_{0,5}/(ZnO)_{0,5}$  dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui fasa, struktur kristal, dan parameter kisi pada sampel. Hasil karakterisasi XRD terhadap sampel NSMO dan  $(NSMO)_{0,5}/(ZnO)_{0,5}$  tersaji pada Gambar 1 dan 2 yang menunjukkan adanya perbedaan pola XRD berupa banyaknya puncak yang signifikan pada sampel NSMO sebelum dan sesudah dikompositkan dengan ZnO. NSMO yang telah dikompositkan dengan ZnO memiliki lebih banyak puncak dibandingkan dengan sebelum dikompositkan.

Informasi pada sampel yang telah dikarakterisasi XRD dapat diketahui melalui metode *rietveld refinement* yang berupa fasa, struktur kristal, dan parameter kisi menggunakan software GSAS (General Structure Analysis System) [3].



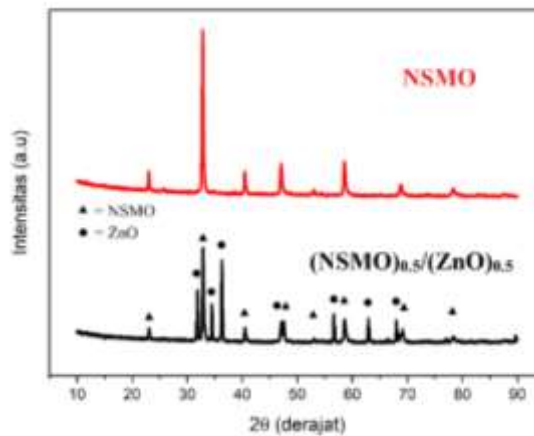
**Gambar 1.** Grafik pola XRD pada NSMO (a) sebelum dan (b) sesudah dilakukan *rietveld refinement*.

Gambar 1.a memperlihatkan hasil pengolahan data XRD sampel NSMO. Hasil pengolahan data yang didapat berupa chi-square ( $\chi^2$ ) sebesar 1,284. Besar nilai  $\chi^2$  digunakan untuk menentukan kecocokan antara *database* dan data hasil karakterisasi seperti yang dikatakan M. Hikam bahwa hasil *fitting* terbaik ada pada karakterisasi dengan nilai  $\chi^2$  berkisar antara 1,00 sampai 1,30 [4]. Dari hasil pengolahan menunjukkan bahwa sampel memiliki fasa tunggal dengan tidak ditemukan adanya fasa pengotor.

Gambar 1.b memperlihatkan hasil pengolahan data XRD sampel  $(\text{NSMO})_{0.5}/(\text{ZnO})_{0.5}$ . Hasil pengolahan data yang didapat berupa  $\chi^2$  sebesar 1,296 yang menunjukkan bahwa sampel sudah memiliki kecocokan yang baik dengan database. Parameter kisi pada sampel NSMO yang telah dikomposit tidak berbeda jauh dari sebelum dikomposit seperti yang terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Informasi kristalografi hasil analisis material (NSMO)<sub>0,5</sub>/(ZnO)<sub>0,5</sub>.

Parameter	Sampel 1		Sampel 2	
	NSMO	NSMO	ZnO	
<b>Space Group</b>	Pnma	Pnma	p63mc	
a (Å)	5.4646	5.4620	3.2494	
b (Å)	7.7029	7.7045	3.2494	
c (Å)	5.4638	5.4720	5.2057	
V (Å <sup>3</sup> )	229.996	230.277	47.603	
Ukuran kristal rata-rata (nm)	35	41		
<b>Discrepancy factors</b>				
RwP (%)	4.68	4.24		
Rp (%)	3.7	3.39		
Chi Square ( $\chi^2$ )	1.284	1.296		
<b>Panjang Ikatan (Å)</b>				
Mn-O(1)	1.820	1.913		
Mn-O(2)	2.078	2.029		
<Mn-O>	1.950	1.935		
<Mn-O>	1.95	1.96		
<b>Sudut Ikatan (°)</b>				
Mn-O(1)-Mn	164.677	157.193		
Mn-O(2)-Mn	161.681	167.552		
<Mn-O-Mn>	163.179	162.373		
<b>Bandwidth</b>				
W(10 <sup>-2</sup> )(u.a)	9.56	9.37		
<b>Tolerance Factor</b>				
Goldsmith	0,933			



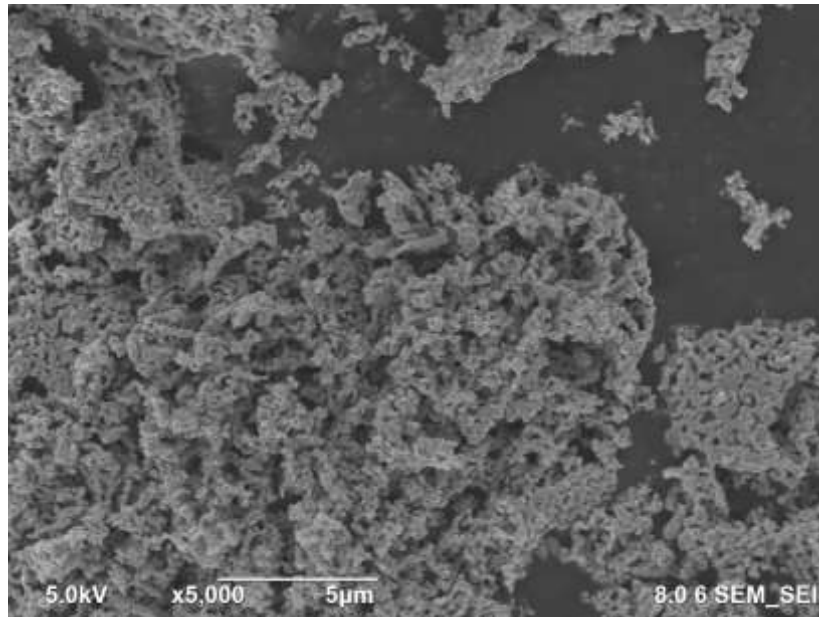
**Gambar 2.** Grafik pola XRD pada material NSMO dan (NSMO)<sub>0,5</sub>/(ZnO)<sub>0,5</sub>.

Gambar 2 memperlihatkan hasil perbandingan pola XRD pada material NSMO sebelum dan sesudah komposit yang menunjukkan bertambahnya puncak pada sampel yang telah dikompositkan. Puncak yang bertambah pada sampel komposit menunjukkan adanya puncak ZnO dan NSMO yang tidak tergabung satu sama lain. Hal ini dapat membuktikan bahwa sampel berhasil dikompositkan. Seperti yang dijelaskan oleh W D Callister bahwa komposit merupakan material multifase yang memiliki sifat kombinasi yang baru [5].



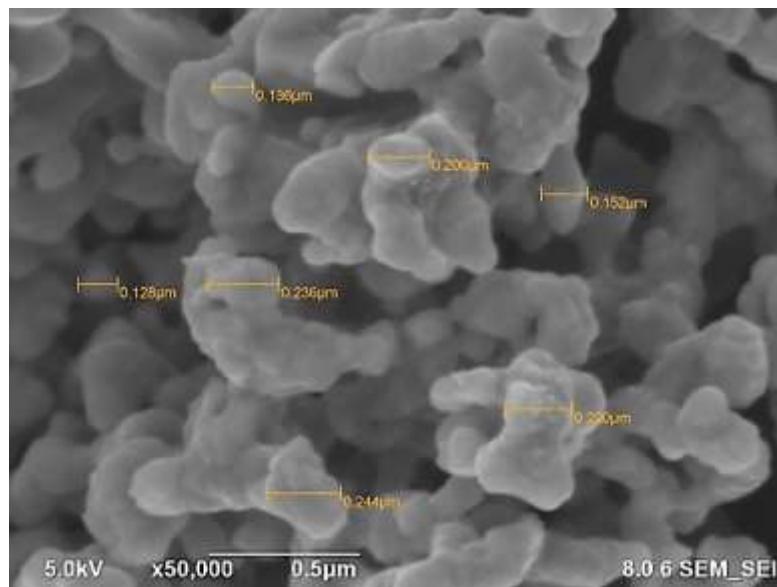
## Karakterisasi FESEM

Morfologi mikrostruktur pada sampel NSMO yang dikarakterisasi menggunakan FESEM dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.



**Gambar 3.** Hasil karakterisasi FESEM material  $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$  dengan perbesaran 5000 kali.

Gambar 3 memperlihatkan hasil karakterisasi mikrostruktur pada sampel NSMO dengan perbesaran 5000 kali. Terlihat bahwa *grain* pada sampel tersebar merata dan memiliki bentuk yang relatif sama di tiap titik. Ini menunjukkan bahwa sampel NSMO telah memiliki struktur yang homogen.

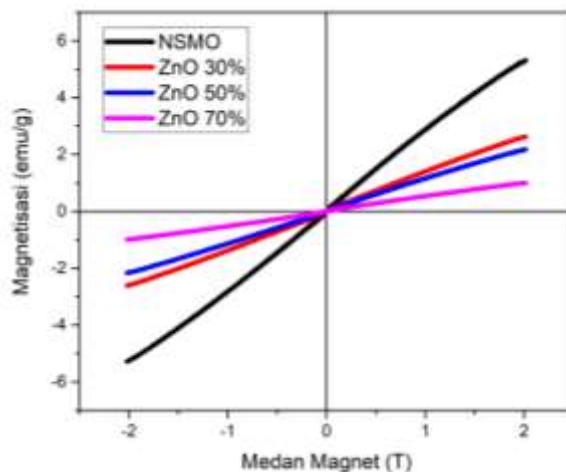


**Gambar 4.** Hasil karakterisasi FESEM material  $\text{Nd}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{MnO}_3$  dengan perbesaran 50000 kali.

Gambar 4 memperlihatkan hasil mikrostruktur NSMO yang diambil pada perbesaran 50000 kali. Ukuran *grain* yang didapat dari beberapa titik yaitu 0,128, 0,136, 0,200, 0,152, 0,236, 0,220, 0,244 μm. Ukuran *grain* rata-rata sampel NSMO menjadi 0,188 μm. Ukuran rata-rata *grain* pada sampel ini menunjukkan bahwa material tidak membentuk struktur nanopartikel.

## Pengujian VSM

Karakterisasi selanjutnya yaitu mengukur sifat magnetik sampel dengan menggunakan alat VSM. Hasil uji sifat kemagnetan pada sampel  $(\text{NSMO})_{1-x}/(\text{ZnO})_x$  ( $x = 0, 0,3; 0,5; 0,7$ ) dengan medan magnet 2 T di suhu ruang (298 K) dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik magnetisasi sampel  $(\text{NSMO})_{1-x}/(\text{ZnO})_x$  ( $x = 0; 0,3; 0,5; 0,7$ ) terhadap medan magnet pada suhu ruang.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa sampel memiliki sifat magnetisasi yang kecil. Kurva pada sampel berbentuk linier yang menandakan sampel bersifat paramagnetik seperti yang dijelaskan oleh Brian *et al* bahwa paramagnetik memiliki kurva magnetisasi linier juga memiliki susceptibilitas ( $\chi$ ) konstan, positif, dan kecil [6].

Kurva pada Gambar 5 menunjukkan bahwa sampel NSMO tanpa komposit memiliki nilai magnetisasi lebih besar yaitu sebesar 5.24 emu/g dibandingkan dengan setelah dikompositkan. Saat material dikompositkan  $(\text{NSMO})_{1-x}/(\text{ZnO})_x$  dengan  $x = 0,3$  nilai magnetisasinya berkurang menjadi 2.63 emu/g. Saat komposisi  $x$  ditambah menjadi  $x = 0,5$  nilai magnetisasinya berkurang lagi menjadi 2.18 emu/g. Sampai dengan penambahan komposisi  $x = 0,7$  nilai magnetisasi masih berkurang menjadi 1 emu/g. Material NSMO bersifat paramagnetik saat diberikan medan magnet sebesar 2 T di suhu ruangan dengan nilai magnetisasi antara 0 - 10 emu/g [7][8][9].

**Tabel 2.** Hasil uji kemagnetan sampel  $(\text{NSMO})_{1-x}/(\text{ZnO})_x$ .

Komposisi komposit (x)	Magnetisasi (emu/g)	Suseptibilitas (emu/g.T)
0	5,24	2,62
0,3	2,63	1,32
0,5	2,18	1,09
0,7	1	0,5

Hasil magnetisasi menunjukkan bahwa kehadiran material ZnO dapat mengurangi nilai magnetisasi pada material komposit  $(\text{NSMO})_{1-x}/(\text{ZnO})_x$ . Hal ini dialami juga oleh Navin *et al* dengan menggunakan material komposit yang sama (ZnO) pada LSMO. Navin menyebutkan bahwa berkurangnya nilai magnetisasi seiring penambahan material ZnO mengindikasikan adanya pelemahan pada keteraturan magnet ferromagnetik [10].

Nilai *bandwidth* yang semakin kecil juga mengindikasikan adanya gangguan pada ikatan Mn dan O yang menyebabkan penurunan nilai magnetisasi. Ahmed *et al* pada penelitiannya menggunakan komposit NSMO/CrO<sub>3</sub> menyebutkan bahwa substitusi ion Cr<sup>3+</sup> terhadap Mn<sup>3+</sup> melemahkan sifat magnetik dan interaksi DE, sedangkan interaksi DE berpengaruh terhadap nilai *bandwidth*. Semakin kecil nilai *bandwidth* maka akan menyebabkan pelemahan pada DE [11].

Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil nilai *bandwidth* pada material akan melemahkan nilai magnetisasinya pula.

Kerentanan suatu material terhadap sifat magnetik dapat dilihat dari nilai suseptibilitas material tersebut melalui persamaan sebagai berikut [12]:

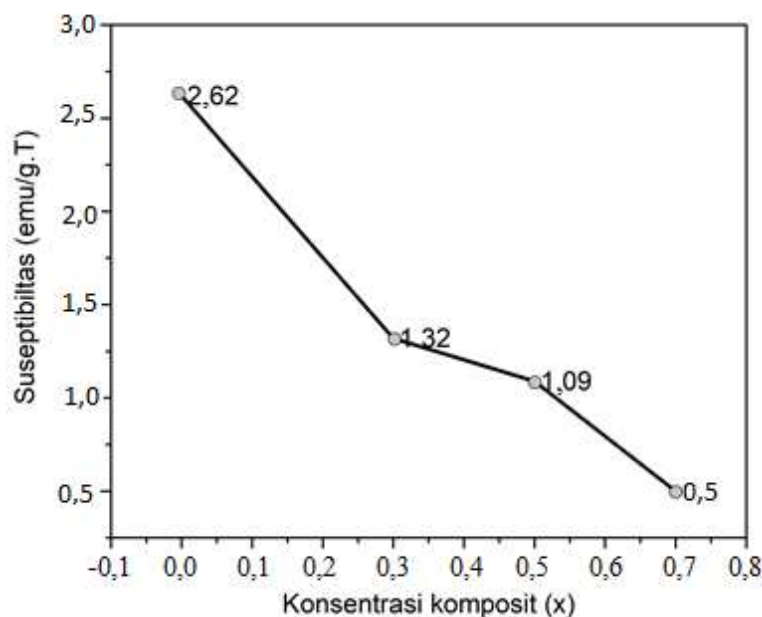
$$\chi = \frac{M}{H} \quad (1)$$

Dimana:

$\chi$  = Nilai suseptibilitas (emu/g.T)

M = Nilai magnetisasi (emu/g)

H = Nilai medan magnet (T)



**Gambar 6.** Grafik Suseptibilitas terhadap komposisi komposit (NSMO)<sub>1-x</sub>/(ZnO)<sub>x</sub> (x = 0; 0,3; 0,5; 0,7).

Terlihat dari Gambar 6 bahwa sampel memiliki nilai suseptibilitas yang semakin mengecil seiring dengan penambahan komposisi x. Nilai suseptibilitas pada sampel bernilai kecil dan positif. Hal ini mengindikasikan bahwa sampel memiliki sifat paramagnetik seperti yang dijelaskan oleh Brian *et al* bahwa paramagnetik memiliki suseptibilitas ( $\chi$ ) positif, dan kecil.

## PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Sampel NSMO dapat disintesis melalui metode sol-gel dan dikompositkan dengan ZnO dengan variasi x = 0; 0,3; 0,5; 0,7.
2. Sampel komposit NSMO<sub>0,5</sub>/ZnO<sub>0,5</sub> tidak mengalami perubahan struktur kristal, terdapat perubahan yang tidak signifikan pada parameter kisi, panjang dan sudut ikatan Mn-O.
3. Nilai magnetisasi dan suseptibilitas sampel komposit NSMO/ZnO mengalami penurunan seiring dengan penambahan komposisi ZnO.

## REFERENSI

- [1] E. Dagotto, T. Hotta, and A. Moreo, "Colossal Magnetoresistant Materials: The Key Role of Phase Separation," vol. 344, pp. 1–153, 2001.
- [2] A. Chanda, S. Gupta, M. Vasundhara, S. R. Joshi, G. R. Mutta, and J. Singh, "Study of structural, optical and magnetic properties of cobalt doped ZnO nanorods," *RSC Adv.*, vol. 7, no. 80, pp. 50527–50536, 2017.

- [3] A. C. Larson and R. B. Von Dreele, "General Structure Analysis System (GSAS)." Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, 2004.
- [4] M. Hikam, *Studi Awal Tentang Kristal (Optik dan Sinar-X)*, " dalam *Kristalografi dan Teknik Difraksi*. FMIPA, Universitas Indonesia, 2007.
- [5] W. D. Callister and J. Wiley, *Materials Science and Engineering : an Introduction*, 7Th ed. United State, 2007.
- [6] B. D. Plouffe, "Fundamentals and application of magnetic particles in cell isolation and enrichment : A review," no. December, 2014.
- [7] I. A. Abdel-Latif *et al.*, "Magnetocaloric effect, electric, and dielectric properties of Nd<sub>0,6</sub>Sr<sub>0,4</sub>Mn<sub>x</sub>Co<sub>1-x</sub>O<sub>3</sub> composites," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 457, pp. 126–134, 2018.
- [8] A. M. Ahmed, H. F. Mohamed, A. K. Diab, S. A. Mohamed, S. Garcia-Granda, and D. Martinez-Blanco, "Influence of heat treatment on the magnetic and magnetocaloric properties in Nd<sub>0,6</sub>Sr<sub>0,4</sub>MnO<sub>3</sub> compound," *Solid State Sci.*, vol. 57, pp. 1–8, 2016.
- [9] M. K. Hamad, Y. Maswadeh, and K. A. Ziq, "Effects of Ni substitutions on the critical behaviors in Nd<sub>0,6</sub>Sr<sub>0,4</sub>Mn<sub>1-x</sub>Ni<sub>x</sub>O<sub>3</sub> manganite," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 491, no. July, pp. 0–7, 2019.
- [10] K. Navin and R. Kurchania, "Structural, magnetic and transport properties of the La<sub>0,7</sub>Sr<sub>0,3</sub>MnO<sub>3</sub>-ZnO nanocomposites," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 448, pp. 228–235, 2018.
- [11] A. M. Ahmed, H. F. Mohamed, A. K. Diab, and S. A. Mohamed, "Synthesis, characterization and low field magnetotransport of Nd<sub>0,6</sub>Sr<sub>0,4</sub>MnO<sub>3</sub>/CrO<sub>3</sub> composite," *Indian J. Phys.*, vol. 91, no. 2, pp. 169–181, 2017.
- [12] J. Schneck, "The role of magnetic susceptibility in magnetic resonance imaging: MRI magnetic compatibility of the first and second kinds," *Medical Physics*, vol. 23, no. 6. pp. 815–850, 1996.

## **Evaluasi Implementasi Algoritma *Machine Learning K-Nearest Neighbors* (kNN) pada Data Spektroskopi Gamma Resolusi Rendah**

Muhammad Sholih Fajri<sup>†</sup>, Nizar Septian, Edi Sanjaya

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah  
Jakarta, Jalan Ir. H. Djuanda No.95, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15412, Indonesia

<sup>†</sup>[Sholih.fajri15@mhs.uinjkt.ac.id](mailto:Sholih.fajri15@mhs.uinjkt.ac.id)

### **Abstrak**

Pada artikel ini kami mengevaluasi bagaimana implementasi algoritma *machine learning k-Nearest Neighbors* (kNN) pada data spektroskopi gamma beresolusi rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana performa kNN dalam mempelajari data tersebut. Kami melakukan berbagai variasi, yaitu: jumlah data *training*, jumlah data tes, jenis *metric*, dan nilai *k* untuk memperoleh performa terbaik dari algoritma ini. Data spektroskopi gamma diambil menggunakan sintilator NaI(Tl) Leybold Didactic dengan resolusi energi sebesar 10.9 keV per *channel*. Hasil variasi menunjukkan bahwa algoritma kNN memberikan hasil prediksi klasifikasi radioisotop yang sangat fluktuatif.

**Kata Kunci:** Akurasi, *Euclidean*, *Gamma*, *k-Nearest Neighbors*, *Manhattan*, *Minkowski*, Radioisotop.

### **Abstract**

*In this paper we evaluate the implementation of a machine learning algorithm namely k-Nearest Neighbors (kNN) on low resolution gamma spectroscopy data. The aim is to provide the information of how well the algorithm performs on learning the data. We did the variation of number of training and test data, type of metric used, and values of k in order to see the best performance of the algorithm. The gamma spectroscopy data were taken using NaI(Tl) scintillator made by Leybold Didactic with resolution of 10.9 keV per channel. The variations show that the kNN algorithm produce significantly fluctuating accuracy to the prediction of radioisotope class.*

**Keywords:** Accuracy, *Euclidean*, *Gamma*, *k-Nearest Neighbors*, *Manhattan*, *Minkowski*, Radioisotope.

**DOI:** 10.15408/fiziya.v3i1.16180

## PENDAHULUAN

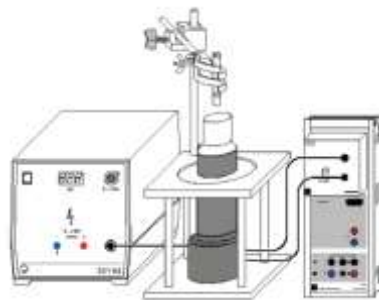
Berbicara tentang *machine learning*, *k-Nearest Neighbors* (kNN) adalah algoritma *machine learning classifier* populer yang paling sederhana. kNN pertama kali diperkenalkan oleh T. Cover dan P. Hart pada tahun 1967 dimana algoritma ini mengklasifikasikan kelas sampel berdasarkan kelas tetangga terdekatnya [1]. kNN sering disebut juga sebagai *lazy learner*, karena kNN mempelajari dan mengklasifikasi data tanpa membangun sebuah model. Tidak seperti algoritma klasifikasi berbasis model, *classifier* kNN hanya perlu mengingat semua data *training* dalam memori [2]. Seiring dengan kepopulerannya, kNN banyak digunakan untuk melakukan klasifikasi data dalam bidang sains dan teknik maupun ekonomi dan bisnis. Beberapa publikasi terkini yang menerapkan kNN meliputi: prediksi penyakit jantung [3], diagnosis penyakit diabetes [4], prediksi permintaan pasar [5], klasifikasi protein [6] dan desain radar detektor [7]. Selain itu, kNN juga banyak digunakan sebagai basis pengembangan algoritma *machine learning* yang lebih canggih [8-12].

*Data mining* adalah proses ekstraksi pengetahuan dari sejumlah data [13]. Dalam bidang fisika, penerapan metode *data mining* sedang sangat berkembang pesat dalam dua dekade terakhir ini [14]. Hal ini dipicu oleh semakin banyaknya jumlah data eksperimen yang dihasilkan dan metode *data mining* yang cenderung lebih efisien dibandingkan metode analisis tradisional yang telah lama diterapkan. Salah satu penerapan *data mining* dalam bidang fisika ialah dalam mengolah data spektroskopi, seperti pada spektroskopi gamma.

Data spektroskopi gamma biasa digunakan sebagai media untuk mempelajari sifat dari sumber radiasi gamma seperti identifikasi isotop dan estimasi aktivitas radioaktif. Untuk spektroskopi gamma beresolusi tinggi, data dapat dianalisis menggunakan metode tradisional seperti *fitting* dan identifikasi puncak. Pustaka khusus yang didedikasikan untuk mempelajari data gamma spektroskopi beresolusi tinggi telah tersedia [16]. Namun, metode ini tidak cukup baik ketika digunakan pada data gamma spektroskopi beresolusi rendah. Beberapa studi menunjukkan bahwa algoritma *machine learning* seperti *neural network* (NN) [15-16] dan *support vector machine* (SVM) [17] sangat efektif untuk mempelajari data spektroskopi gamma beresolusi rendah. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini kami mencoba mengevaluasi penggunaan kNN untuk mengidentifikasi sebuah radioisotop berdasarkan data spektroskopi gamma beresolusi rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah algoritma sederhana seperti kNN dapat diandalkan untuk proses identifikasi radioisotop.

## METODE

Data spektroskopi gamma diambil dengan meletakkan radioisotop di depan detektor sintilator NaI(Tl). Pengambilan data dilakukan dalam beberapa variasi waktu cacahan, yaitu 60, 120 dan 180 detik. Radioisotop yang digunakan adalah Co-60, Na-22, Am-241, Sr-90 dan campuran Sr-90, Am-241 dan Cs-137. Setiap radioisotop diambil data cacahan radiasi gamma sebanyak 200 kali dan total data yang diambil adalah 1000 data untuk 5 unsur. Data tersebut akan digunakan sebagai data *training* pada algoritma kNN. Sementara itu, untuk data tes, diambil data cacahan dengan waktu 45, 90, 150 dan 240 detik dengan total data sebanyak 100 data untuk 5 unsur. Alat-alat yang digunakan untuk pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Susunan alat untuk pengambilan data spektroskopi gamma [18]



Algoritma kNN bekerja dengan cara menghitung jarak tiap titik pada data tes dengan data latihan tiap kelas. Lalu, diurutkan dari jarak terdekat ke jarak terjauh dan akan dipilih jarak terdekat antara data tes dengan data latihan sejumlah  $k$ . Kelas yang memiliki jarak terdekat dengan data tes akan menjadi kelas data tes tersebut. Jika diambil lebih dari 1 tetangga, maka kelas data tes akan ditentukan dengan mayoritas kelas terdekat [19].

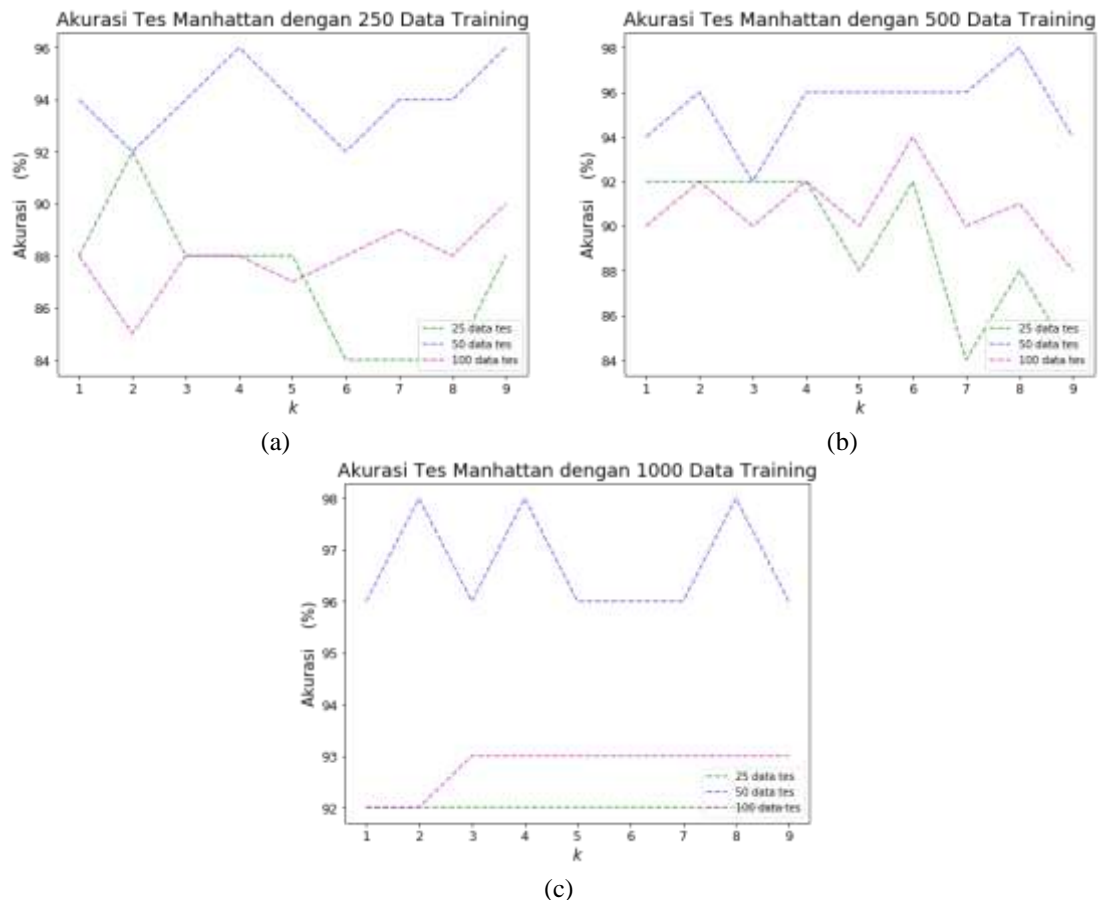
Algoritma kNN memiliki 3 *metric* atau cara menghitung jarak antar data, yaitu *Manhattan distance*, *Euclidean distance* dan *Minkowski distance*. Secara *default*, algoritma kNN menggunakan *metric Minkowski distance*. *Minkowski distance* secara matematis dapat ditulis seperti persamaan berikut:

$$d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \left| \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^p \right|^{\frac{1}{p}} \quad (1)$$

Dengan  $d$  ialah jarak antara titik  $\mathbf{x}$  dengan titik  $\mathbf{y}$  di ruang fitur.  $n$  adalah jumlah fitur. Ketika  $p = 1$ , maka persamaan tersebut akan berubah menjadi *Manhattan distance*. Sementara jika  $p = 2$ , maka akan berubah menjadi *Euclidean distance*.

Pada penelitian ini, ketiga *metric* digunakan untuk mengetahui *metric* mana yang memiliki akurasi tertinggi pada algoritma kNN yang digunakan. Selain menggunakan ketiga *metric* tersebut, dilakukan juga beberapa variasi lain yaitu variasi jumlah data *training* (250, 500 dan 1000 data *training*), variasi jumlah data tes (25, 50 dan 100 data tes) serta variasi nilai  $k$  (dari 1 sampai 9). Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana performa algoritma kNN dalam mengidentifikasi sebuah radioisotop berdasarkan data spektroskopi gamma yang dimiliki.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

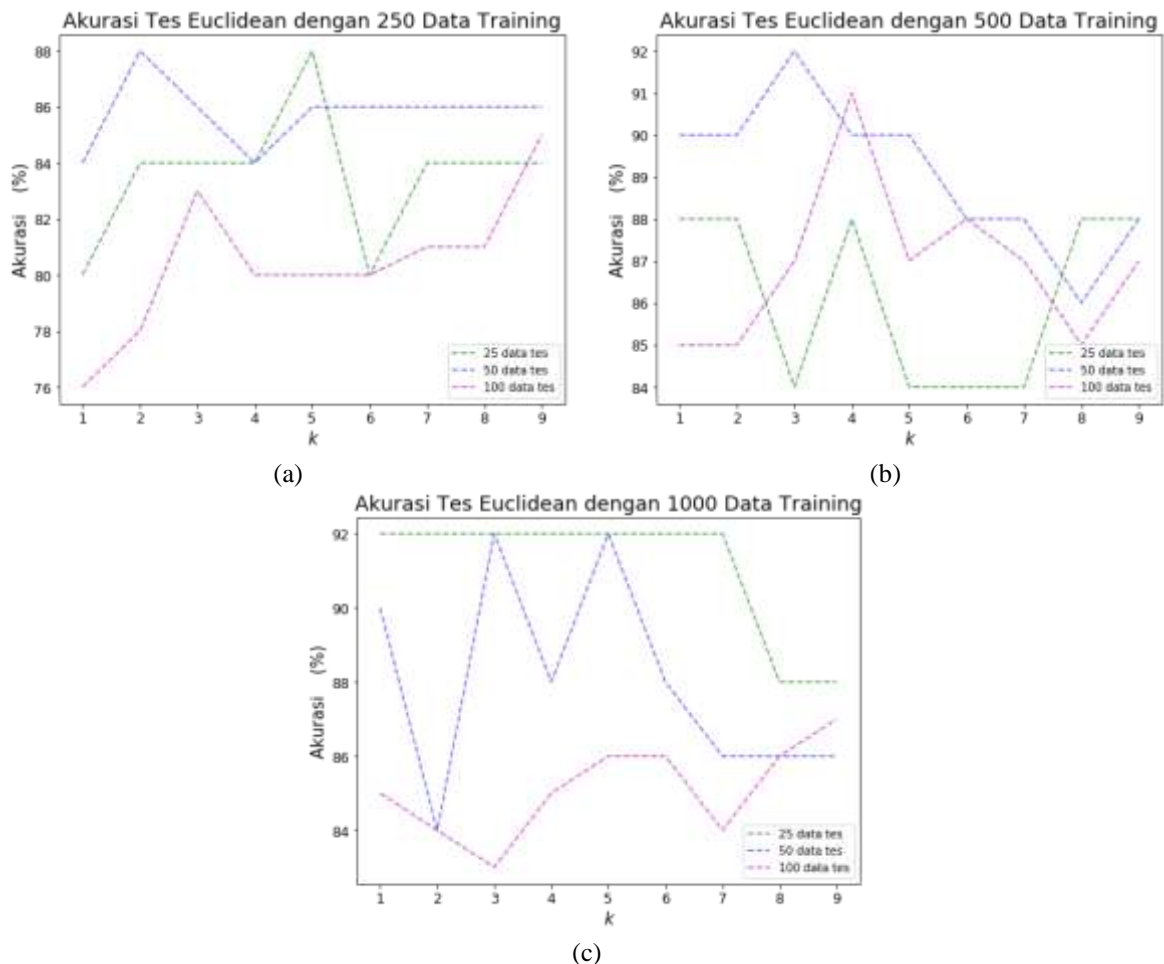


**Gambar 2** Grafik Akurasi Tes *Metric Manhattan* (a) dengan 250 Data *Training*, (b) dengan 500 Data *Training* dan (c) dengan 1000 Data *Training*

Pada dasarnya, otomasi identifikasi radioisotop dapat dilakukan menggunakan algoritma kNN, karena kNN merupakan algoritma *classifier*. Untuk itu, algoritma kNN terlebih dahulu dilatih dengan total jumlah data *training* sebanyak 1000 data (waktu cacahan 60, 120 dan 180 detik). Sementara itu, total jumlah data tes yang digunakan adalah 100 data (waktu cacahan 45, 90, 150 dan 240 detik) dan dibagi ke dalam tiga variasi jumlah yaitu 25, 50 dan 100 data tes. Data *training* yang dimiliki dibagi ke dalam tiga variasi jumlah data yaitu 250, 500 dan 1000 data *training*. Semua variasi jumlah data *training* digunakan pada model kNN dengan *metric Manhattan*, *Euclidean* dan *Minkowski*. Setiap model dilatih dengan melakukan iterasi nilai  $k$  sebanyak sembilan kali ( $k = 1, 2, 3, \dots, 9$ ) dan memprediksi tiap variasi jumlah data tes yang digunakan.

Algoritma kNN dengan tiga *metric* berbeda dan variasi jumlah data latihan menunjukkan hasil yang berbeda satu sama lain ketika memprediksi data tes. Bahkan, untuk *metric* yang sama, namun menggunakan jumlah data *training* yang berbeda, terdapat perbedaan nilai akurasi saat memprediksi data tes untuk tiap variasi jumlah data tes.

Pertama, model kNN dilatih dengan menggunakan *metric Manhattan* ( $p = 1$ ). Pada gambar 2 dapat terlihat bahwa untuk algoritma kNN dengan *metric Manhattan* mendapatkan akurasi tes tertinggi sebesar 98% pada model dengan 500 dan 1000 data *training* ketika memprediksi 50 data tes. Hasil tersebut didapat ketika nilai  $k = 8$  untuk model dengan 500 data *training* dan nilai  $k = 2, 4$  dan 8 untuk model dengan 1000 data *training*.

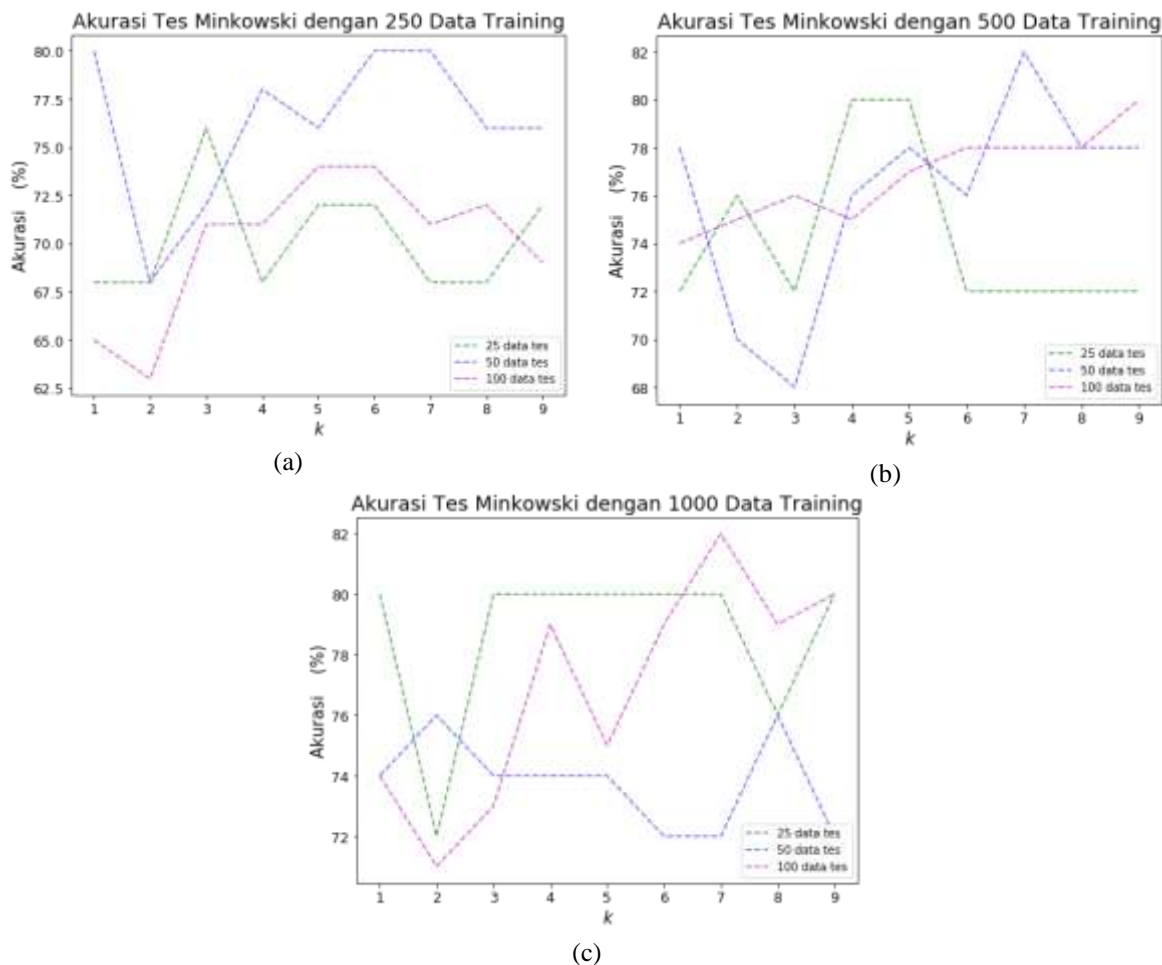


**Gambar 3** Grafik Akurasi Tes *Metric Euclidean* (a) dengan 250 Data *Training*, (b) dengan 500 Data *Training* dan (c) dengan 1000 Data *Training*

Kedua, model kNN dilatih dengan menggunakan *metric Euclidean* ( $p = 2$ ). Performa yang ditunjukkan oleh model dengan *metric Euclidean* berada di bawah performa model dengan *metric Manhattan*. Gambar 3 menunjukkan bahwa untuk algoritma kNN dengan *metric Euclidean*



mendapatkan akurasi tes tertinggi sebesar 92% pada model dengan 500 data *training* dengan nilai  $k = 3$  dan model dengan 1000 data *training* dengan nilai  $k = 3$  dan 5 ketika memprediksi 50 data tes serta model dengan 1000 data *training* dengan nilai  $k = 1$  hingga 7 saat memprediksi 25 data tes.



**Gambar 4** Grafik Akurasi Tes *Metric Minkowski* (a) dengan 250 Data *Training*, (b) dengan 500 Data *Training* dan (c) dengan 1000 Data *Training*

Terakhir, model kNN dilatih dengan menggunakan *metric Minkowski* ( $p = 3$ ). Performa yang ditunjukkan oleh model dengan *metric Minkowski* adalah yang terburuk dari semua model dengan *metric* yang ada. Model dengan *metric Minkowski* tidak mampu mencapai akurasi di atas 90%. Akurasi terbaik pada model ini hanya sebesar 82%. Nilai akurasi tersebut didapat ketika model ini menggunakan 500 data *training* dengan nilai  $k = 7$  memprediksi 50 data tes. Selain itu, angka tersebut juga diraih oleh model dengan *metric Minkowski* ketika menggunakan 1000 data *training* dengan nilai  $k = 7$  memprediksi 100 data tes. Performa model dengan *metric Minkowski* dapat dilihat pada Gambar 4.

## PENUTUP

Pada penelitian ini kami mengevaluasi kinerja algoritma *machine learning* kNN yang digunakan untuk keperluan identifikasi radioisotop berdasarkan data spektroskopi gamma beresolusi rendah. Berdasarkan beberapa variasi terhadap parameter-parameter karakteristik algoritma kNN yaitu nilai  $p$ ,  $k$ , dan jumlah data *training* dan tes, teramati bahwa algoritma kNN tidak cukup presisi dalam memprediksi kelas dari radioisotop berdasarkan data spektroskopi gamma beresolusi rendah. Hal ini terlihat dari tidak adanya kecenderungan kenaikan nilai akurasi yang signifikan ketika data *training* bertambah. Meskipun teramati bahwa salah satu variasi

algoritma kNN dengan *metric Manhattan* mendapatkan akurasi tes yang tinggi, yaitu sebesar 98% dengan jumlah data *training* dan nilai *k* yang berbeda, semua hasil variasi terlihat sangat fluktuatif. Oleh karena itu, cukup sulit bagi kami untuk mempercayai bahwa hasil yang diberikan oleh algoritma ini ialah hasil yang konsisten. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa algoritma ini tidak cocok untuk keperluan mempelajari data gamma spektroskopi beresolusi rendah.

## REFERENSI

- [1] T. Cover and P. Hart, "Nearest neighbor pattern classification," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 13, no. 1, pp. 21–27, 1967.
- [2] S. Zhang, "Cost-sensitive KNN classification," *Neurocomputing*, vol. 391, pp. 234–242, 2020.
- [3] M. A. jabbar, B. L. Deekshatulu, and P. Chandra, "Classification of Heart Disease Using K- Nearest Neighbor and Genetic Algorithm," *Procedia Technol.*, vol. 10, pp. 85–94, 2013.
- [4] R. Zubaedah, F. Xaverius, H. Jayawardana, and S. H. Hidayat, "Comparing euclidean distance and nearest neighbor algorithm in an expert system for diagnosis of diabetes mellitus," *Enfermería Clínica*, vol. 30, pp. 374–377, 2020.
- [5] M. Kück and M. Freitag, "Forecasting of customer demands for production planning by local k-nearest neighbor models," *Int. J. Prod. Econ.*, p. 107837, 2020.
- [6] R. Arian, A. Hariri, A. Mehridehnavi, A. Fassihi, and F. Ghasemi, "Protein kinase inhibitors' classification using K-Nearest neighbor algorithm," *Comput. Biol. Chem.*, vol. 86, p. 107269, 2020.
- [7] A. Coluccia, A. Fascista, and G. Ricci, "A k-nearest neighbors approach to the design of radar detectors," *Signal Processing*, vol. 174, p. 107609, 2020.
- [8] J. Jiang, Y. Chen, X. Meng, L. Wang, and K. Li, "A novel density peaks clustering algorithm based on k nearest neighbors for improving assignment process," *Phys. A Stat. Mech. its Appl.*, vol. 523, no. 20180101044, pp. 702–713, 2019.
- [9] Ö. F. Ertuğrul and M. E. Tağluk, "A novel version of k nearest neighbor: Dependent nearest neighbor," *Appl. Soft Comput.*, vol. 55, pp. 480–490, 2017.
- [10] B. Wang and Z. Mao, "A dynamic ensemble outlier detection model based on an adaptive k-nearest neighbor rule," *Inf. Fusion*, vol. 63, pp. 30–40, 2020.
- [11] T. M. Tran, X.-M. T. Le, H. T. Nguyen, and V.-N. Huynh, "A novel non-parametric method for time series classification based on k-Nearest Neighbors and Dynamic Time Warping Barycenter Averaging," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 78, pp. 173–185, 2019.
- [12] Y. Pan, Z. Pan, Y. Wang, and W. Wang, "A new fast search algorithm for exact k-nearest neighbors based on optimal triangle-inequality-based check strategy," *Knowledge-Based Syst.*, vol. 189, p. 105088, 2020.
- [13] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, "1 - Introduction," in *The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems*, J. Han, M. Kamber, and J. B. T.-D. M. (Third E. Pei, Eds. Boston: Morgan Kaufmann, 2012, pp. 1–38.
- [14] N. M. Ball and R. J. Brunner, "Data Mining and Machine Learning in Astronomy," *Int. J. Mod. Phys. D*, vol. 19, no. 07, pp. 1049–1106, Jul. 2010
- [15] M. Kamuda and C. J. Sullivan, "An automated isotope identification and quantification algorithm for isotope mixtures in low-resolution gamma-ray spectra," *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 155, no. June 2018, pp. 281–286, 2019.
- [16] M. Kamuda, J. Zhao, and K. Huff, "A comparison of machine learning methods for automated gamma-ray spectroscopy," *Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. A Accel. Spectrometers, Detect. Assoc. Equip.*, vol. 954, no. October, 2020.
- [17] H. Hata, K. Yokoyama, Y. Ishimori, Y. Ohara, Y. Tanaka, and N. Sugitsue, "Application of support vector machine to rapid classification of uranium waste drums using low-resolution  $\gamma$ -ray spectra," *Appl. Radiat. Isot.*, vol. 104, pp. 143–146, 2015.
- [18] L. Didactic, *Detecting  $\gamma$  radiation with a scintillation counter*, Leybold Didactic, 2012.
- [19] S. Raschka, *Python Machine Learning*. Packt Publishing, 2015.

## Pemetaan Tingkat Pencemaran Air Sungai Siak Sebelum Dan Sesudah Melalui Sistem Filtrasi Dengan 2 Kali Penyaringan Berdasarkan Parameter Fisis

M. Yanuar Prasetyo<sup>†</sup>, Riad Syech, Usman Malik  
Program S1 Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Kampus  
Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia

<sup>†</sup>[usman.malik@lecturer.unri.ac.id](mailto:usman.malik@lecturer.unri.ac.id)

### Abstrak

Telah dilakukan pemetaan tingkat pencemaran air sungai siak sebelum dan sesudah melalui sistem filtrasi dengan 2 kali penyaringan berdasarkan parameter fisis. Pemetaan dilakukan berdasarkan nilai Konduktivitas, TDS, dan nilai pH dari sampel air yang diambil dibadan air sungai siak, baik sebelum dan setelah proses filtrasi menggunakan saringan pasir lambat yang dibuat dengan bahan utama pasir kuarsa, batu zeolit, batu bioring, arang, busa penyaring dan kerikil. Pengambilan sampel air dilakukan di atas permukaan air Sungai Siak pada 2 sisi sungai yaitu daerah sebelah Utara Sungai Siak di Kecamatan Rumbai Pesisir diambil sebanyak 15 titik sampel, dan sebelah Selatan Sungai Siak di Kecamatan Senapelan diambil sebanyak 15 titik sampel. Pengukuran dilakukan menggunakan konduktiviti meter, dan pH meter, sementara nilai TDS diperoleh melalui perhitungan menggunakan nilai konduktivitas. Hasil pengukuran 30 titik sampel sebelum proses filtrasi menunjukkan daerah B dengan nilai konduktivitas rata-rata 41,3 $\mu$ S/cm, dan nilai TDS rata-rata 26,45mg/L memiliki nilai yang lebih rendah dari daerah A yang memiliki nilai konduktivitas rata-rata 63,93 $\mu$ S/cm dan nilai TDS rata-rata 40,9mg/L. Setelah proses filtrasi dilakukan nilai konduktivitas rata-rata sampel daerah A naik menjadi 204,7 $\mu$ S/cm dan daerah B naik menjadi 156,3 $\mu$ S/cm, kenaikan yang sama terjadi untuk parameter TDS, dan pH. Peningkatan nilai konduktivitas, TDS, dan pH masih berada dibawah ambang batas sehingga sistem filtrasi dengan 2 kali penyaringan berhasil mengubah air Sungai Siak menjadi air bersih.

**Kata kunci:** Pemetaan, Pencemaran, Air Sungai Siak, Sistem Filtrasi.

### Abstract

*Mapping of the level of pollution of Siak river has been carried out before and after through the filtration system with 2 times of filtering based on physical parameters. Mapping is done based on the conductivity value, TDS, and pH value of water samples taken in the Siak river water, both before and after the filtration process using a slow sand filter made with the main ingredients of quartz sand, zeolite stones, bioring stones, charcoal, filter foam and gravel. Water sampling was carried out on the surface of the Siak River on 2 sides of the river: the area north of the Siak River in Rumbai Pesisir District was taken as many as 15 sample points, and south of the Siak River in Senapelan District was taken as many as 15 sample points. Measurements were made using conductivity meters and pH meters, while TDS values were obtained through calculations using conductivity values. The measurement results of 30 sample points before the filtration process showed area B with an average conductivity value of 41.3  $\mu$ S / cm, and an average TDS value of 26.45 mg / L had a lower value than region A which had an average conductivity value of 63, 93 $\mu$ S / cm and an average TDS value of 40.9 mg / L. After the filtration process the average conductivity value of the sample area A increased to 204.7  $\mu$ S / cm and area B increased to 156.3  $\mu$ S / cm, the same increase occurred for the TDS parameters, and pH. Increasing the conductivity, TDS, and pH values are still below the threshold so that the filtration system with 2 times of filtering succeeded in changing the Siak River water into clean water.*

**Keywords:** Mapping, Pollution, Siak River Water, Filtration System.

**DOI:** 10.15408/fiziya.v3i1.14729

## PENDAHULUAN

Air merupakan komponen dari alam yang menjadi kebutuhan pokok dan berkaitan dengan aktivitas kehidupan sehari-hari seperti aktivitas rumah tangga, industri, perkebunan, dan pertanian. Air dikategorikan bersih jika memenuhi beberapa syarat fisik seperti tidak memiliki warna, bau, rasa dan zat yang bahaya bagi kesehatan. Terbatasnya jumlah air bersih yang tersedia di alam dan tingginya tingkat penggunaan air bersih dapat menjadi masalah dikemudian hari, sehingga perlu alternatif lain yang dapat digunakan.

Sungai adalah daerah dengan bentukan alam yang dikelilingi punggung-punggung bukit sehingga menjadi wilayah tangkapan air, sedimen, dan aliran unsur hara yang kemudian mengalir keluar melalui satu titik [1]. Sungai berfungsi sebagai tempat untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air dari berbagai sumber dalam siklus hidrologi. Sungai sebagai salah satu sumber daya air dan memiliki peran yang sangat penting dalam perkembangan sebuah kota, termasuk Sungai Siak yang menjadi aset utama Kota Pekanbaru berperan sangat penting dari sisi ekonomi, sosial budaya, dan tata ruang kota [2]. Penggunaan Sungai Siak sebagai jalur transportasi mempengaruhi tingkat aktivitas masyarakat maupun industri disekitar bantaran sungai, tingginya tingkat aktivitas menjadi penyebab utama pencemaran air Sungai Siak. Kondisi perairan Sungai Siak dapat diketahui dengan melakukan analisa kualitas air, namun untuk melakukannya dibutuhkan dana yang besar, sehingga pendekatan dan prediksi yang dapat dilakukan untuk mengetahui pencemaran air dibadan Sungai Siak adalah menganalisa sifat fisis dan kimia air. Sifat fisis air yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah zat padat terlarut (TDS) dan daya hantar listrik (DHL) atau konduktivitas, sementara sifat kimia air yang digunakan adalah tingkat keasaman (pH).

Air baku dapat diolah menjadi air bersih sebagai alternatif untuk mengatasi masalah kebutuhan air bersih. Proses sederhana yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan metode penyaringan atau filtrasi. Metode yang paling sederhana dan efektif untuk digunakan adalah saringan pasir lambat. Saringan Pasir Lambat (*Slow Sand Filter*) merupakan metode filtrasi yang menggunakan pasir dengan ukuran butir sangat kecil, dan kandungan kuarsa yang tinggi sebagai media menyaring [3]. Saringan pasir lambat sangat efektif dalam mengolah air baku, yang memiliki kekeruhan sedang hingga rendah, dan konsentrasi oksigen terlarut sedang sampai dengan tinggi. Proses penyaringan berlangsung dengan bantuan gaya gravitasi, berjalan sangat lambat, dan simultan pada seluruh permukaan media. Proses yang terjadi selama masa penyaringan merupakan kombinasi dari beberapa proses fisis (filtrasi, sedimentasi dan adsorpsi) [4].

## METODE

Pada penelitian ini sampel air Sungai Siak diambil sebanyak 15 titik didaerah Utara Sungai Siak di Kecamatan Rumbai Pesisir dan 15 titik diambil didaerah Selatan Sungai Siak di Kecamatan Senapelan. Tiap titik sampel diambil air baku untuk diolah sebanyak 20 liter menggunakan jereken, kemudian air baku diambil sebagian menggunakan gelas beker untuk diukur nilai konduktivitas, pH, dan dicatat titik koordinatnya kemudian sampel diambil gambarnya.

Sampel yang telah diukur dan diambil gambarnya dimasukkan ke dalam drum untuk proses koagulasi menggunakan tawas, setelah proses koagulasi selesai sampel air diteruskan menuju saringan pasir lambat dengan membuka stopper kran pada drum dan proses filtrasi tahap pertama dimulai. Setelah proses filtrasi tahap pertama selesai, bahan-bahan filter pada saringan pasir lambat dibersihkan guna memisahkan lumpur dan kotoran pada bahan-bahan filter sehingga proses filtrasi tahap kedua bisa dilakukan. Sampel yang sudah melalui dua tahapan filtrasi diukur kembali nilai pH, konduktivitas, dan diambil gambarnya.

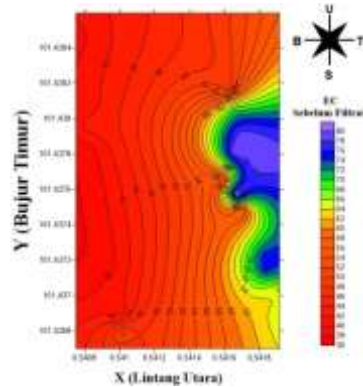
Nilai TDS diperoleh dengan melakukan perhitungan persamaan hubungan antara nilai konduktivitas dan TDS yang dinyatakan dalam persamaan berikut [5]:

$$\text{TDS (mg/L)} = \text{DHL (dS/m)} \times 640 \quad (1)$$

Dimana TDS adalah jumlah padatan terlarut dalam satuan (mg/L) dan DHL adalah konduktivitas dalam satuan (dS/m). Setelah diperoleh seluruh data yang diperlukan kemudian dilakukan analisa data dan pemetaan dengan *software* Surfer versi.11.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

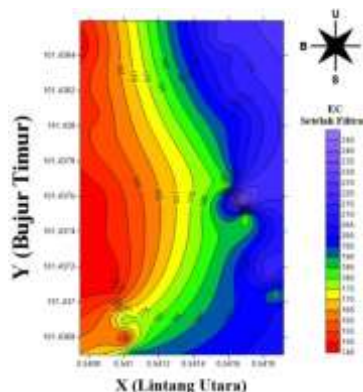
Peta sebaran nilai konduktivitas sampel sebelum proses filtrasi dapat dilihat pada gambar dibawah.



**Gambar 1.** Peta sebaran nilai konduktivitas ( $\mu\text{S/cm}$ ) sebelum filtrasi.

Terlihat pada gambar 1 menunjukkan bahwa daerah berwarna merah memiliki nilai konduktivitas terendah dengan nilai  $36\mu\text{S/cm}$ , sedangkan daerah yang berwarna ungu muda memiliki nilai konduktivitas tertinggi yaitu  $80\mu\text{S/cm}$ , nilai konduktivitas normal suatu perairan berada pada kisaran  $20\mu\text{S/cm}$  sampai dengan  $1500\mu\text{S/cm}$  [6]. Sebelum melalui proses filtrasi nilai konduktivitas sampel air sungai siak sangat rendah bahkan mendekati batas normal terendah suatu perairan, sehingga dapat dikatakan bahwa air sungai siak telah mengalami pencemaran.

Setelah proses filtrasi menggunakan saringan pasir lambat dengan sistem 2 kali penyaringan nilai konduktivitas air sungai siak meningkat menjauhi batas minimum.

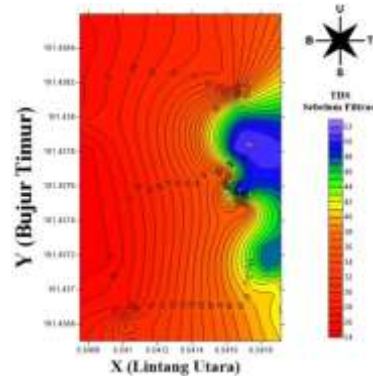


**Gambar 2.** Peta sebaran nilai konduktivitas ( $\mu\text{S/cm}$ ) setelah filtrasi.

Terlihat pada gambar 2 menunjukkan nilai konduktivitas terendah ditunjukkan pada daerah berwarna merah yang memiliki nilai konduktivitas jauh dari batas normal terendah yaitu  $145\mu\text{S/cm}$ , nilai ini sudah jauh lebih baik setelah proses filtrasi. Nilai konduktivitas tertinggi ditunjukkan pada daerah berwarna ungu muda dengan nilai konduktivitas yaitu  $245\mu\text{S/cm}$ . Kenaikan nilai konduktivitas yang terjadi masih dalam kisaran normal suatu perairan. Setelah melalui proses filtrasi nilai konduktivitas air Sungai Siak meningkat menjauhi batas terendah dan masih berada dibawah batas maksimal, sehingga dapat dikatakan bahwa air sungai siak

setelah proses filtrasi sudah tidak tercemar.

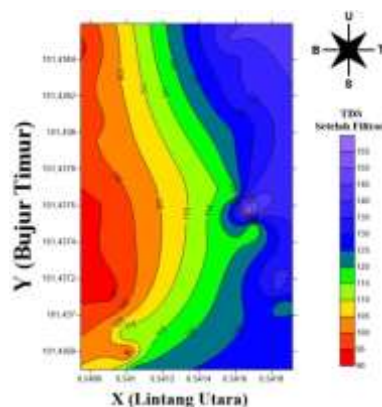
Pemetaan nilai TDS dilakukan dengan menggunakan data konduktivitas, kemudian dihitung menggunakan persamaan, hasil perhitungan digunakan untuk membuat peta kontur dengan *software* Surfer 11. Peta kontur hasil keluaran menampilkan nilai TDS dalam bentuk sebaran daerah yang memiliki warna, seperti yang terlihat pada gambar dibawah.



**Gambar 3.** Peta sebaran nilai TDS (mg/L) sebelum filtrasi.

Terlihat pada peta kontur gambar 3 daerah yang berwarna merah memiliki nilai TDS terendah dengan nilai 24mg/L, sedangkan daerah yang berwarna ungu muda memiliki nilai TDS tertinggi yaitu 52mg/L, air dalam kondisi baik setidaknya memiliki nilai TDS diatas 100mg/L dan dibawah batas kesedahan 500mg/L (*Leonore et al., 1998*). Sebelum melalui proses filtrasi nilai TDS sampel air sungai siak sangat rendah bahkan berada dibawah 100mg/L, rendahnya nilai TDS air sungai siak menunjukkan bahwa kurangnya kandungan mineral dalam air sehingga dapat dikatakan air sungai siak tidak baik untuk dikonsumsi.

Setelah melalui proses filtrasi nilai TDS air sungai siak meningkat memenuhi batas minimum kandungan mineral.



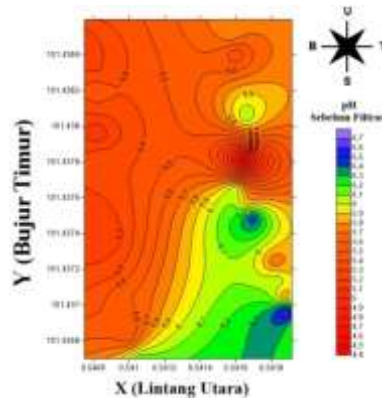
**Gambar 4.** Peta sebaran nilai TDS (mg/L) setelah filtrasi.

Terlihat pada peta kontur gambar 4 nilai TDS terendah ditunjukkan pada daerah berwarna merah yang memiliki nilai TDS mendekati kandungan mineral minimum air yang baik 100mg/L, nilai ini sudah jauh meningkat dari nilai sebelum sampel difiltrasi. Nilai TDS tertinggi ditunjukkan pada daerah berwarna ungu muda dengan nilai yaitu 155mg/L. Kenaikan nilai TDS yang terjadi masih dalam kisaran jumlah normal air bersih. Setelah melalui proses filtrasi nilai TDS sampel air sungai siak meningkat memenuhi kandungan minimum mineral dan masih berada dibawah batas kesedahan, sehingga dapat dikatakan bahwa air sungai siak setelah proses filtrasi sudah tidak tercemar.

Pemetaan nilai pH dilakukan dengan menggunakan data sampel yang diambil diatas permukaan air sungai siak, data hasil pengukuran sampel digunakan untuk membuat peta kontur



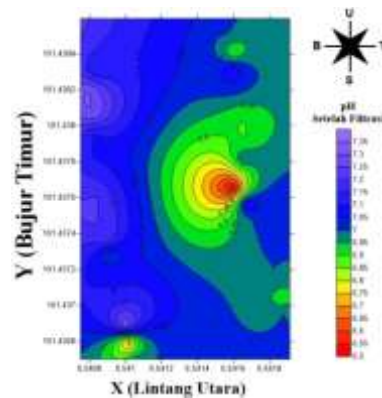
dengan *software* Surfer 11. Peta kontur hasil keluaran menampilkan nilai pH dalam bentuk sebaran daerah yang memiliki warna, seperti yang terlihat pada Gambar 5 tiap warna pada peta kontur memiliki nilai pH masing-masing. Keberagaman warna pada kontur menunjukkan nilai pH air sungai siak yang bervariasi.



**Gambar 5.** Peta sebaran nilai pH sebelum filtrasi.

Terlihat pada peta kontur Gambar 5 diatas, daerah berwarna merah memiliki nilai pH terendah yaitu 4,4, sedangkan daerah yang berwarna ungu muda memiliki nilai pH tertinggi yaitu 6,7, nilai pH air yang baik setidaknya bernilai diatas 6,5 dan berada dibawah 9. Sebelum melalui proses filtrasi nilai pH sampel air sungai siak sangat rendah bahkan berada dibawah 6,5, rendahnya nilai pH menunjukkan sifat air sungai siak yang memiliki tingkat keasaman tinggi sehingga dapat dikatakan bahwa air sungai siak telah mengalami pencemaran dan tidak baik untuk dikonsumsi.

Setelah melalui proses filtrasi, pH air sungai siak mengalami peningkatan memenuhi batas terendah yang diperbolehkan.



**Gambar 6.** Peta sebaran nilai pH setelah filtrasi.

Terlihat pada peta kontur Gambar 6 nilai pH terendah ditunjukkan pada daerah berwarna merah yang memiliki nilai pH berada pada batas minimum air yang baik 6,5, nilai ini sudah jauh meningkat dari nilai sebelum sampel difiltrasi. Sampel dengan nilai pH tertinggi ditunjukkan pada daerah berwarna ungu muda dengan nilai yaitu 7,35. Kenaikan nilai pH yang terjadi masih dalam batas normal air bersih. Setelah melalui proses filtrasi nilai pH sampel air sungai siak meningkat memenuhi batas minimum air bersih dan masih berada dibawah batas maksimal, sehingga dapat dikatakan bahwa air sungai siak setelah proses filtrasi sudah tidak tercemar.

## PENUTUP

Berdasarkan data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa air Sungai Siak di 30 titik lokasi pengambilan sampel air memiliki nilai TDS, konduktivitas, dan pH yang tidak dapat memenuhi standar kualitas air bersih sehingga penggunaan langsung air sungai siak untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari harus melalui proses pengolahan air baku, kemudian setelah melalui proses filtrasi menggunakan saringan pasir lambat dengan sistem 2 kali penyaringan nilai TDS, konduktivitas, dan pH sampel air menunjukkan perbaikan nilai dan memenuhi standar kualitas air bersih sehingga saringan pasir lambat dengan sistem 2 kali penyaringan dapat dan efektif untuk digunakan sebagai alternatif dalam mengubah air Sungai Siak menjadi air bersih.

## REFERENSI

- [1] Dunne, T., dan Leopold, L.B. 1978. *Water in Enviromental Planning*. W.H. Freeman and Company: San Fransisco.
- [2] Hermawan, M.B. 2017. Permukiman Kawasan Tepian Sungai Siak Kota Pekanbaru Ditinjau Dari Aspek Ekologi. Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.
- [3] SNI 3981. 2008. *Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat*. Badan Standarisasi Nasional (BSN): Bandung.
- [4] Quddus, R. 2014. Teknik Pengolahan Air Bersih Dengan Sistem Saringan Pasir Lambat (*Downflow*) Yang Bersumber Dari Sungai Musi. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* vol. 2, No. 4: 669-675.
- [5] Lenore, S. C., Arnold, E.G., Andrew, D.E. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th Edition. APHA, AWWA, WEF: Washington DC.
- [6] Boyd, C. E. dan F. Lichtkoppler. 1982. *Water Quality Management in Pond Fish Culture*. Auburn University: Auburn.



## Rancang Bangun *Home Automation* Berbasis *Ethernet Shield* Arduino

Dewi Lestari<sup>1,†</sup>, Muhammad rizki daimunte<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Industri Kreatif dan Telematika, Universitas Trilogi  
Jl. TMP Kalibata No.1, Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah  
Jakarta, Jalan Ir. H. Djuanda No.95, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15412, Indonesia

<sup>†</sup>[dewy24@trilogi.ac.id](mailto:dewy24@trilogi.ac.id)

### Abstrak

*Home Automation system* adalah sistem otomatisasi rumah yang dapat membuat rumah menjadi lebih hemat dengan penggunaan energi listrik yaitu dengan cara meng-*on/off*-kan berbagai peralatan seperti lampu, ac, kipas angin, tv, pompa air, motor pagar, motor garasi, motor gordena dan lain-lain. *Home automation* pada penelitian ini menggunakan *Ethernet shield* Arduino, empat buah lampu, dan sensor DHT22 untuk mengontrol temperatur dan kelembaban. *Home Automation* yang telah dibuat dapat bekerja baik dan lancar dengan kecepatan respon waktu rata-rata 2 detik antara saat penekanan tombol saklar ON/OFF pada tampilan *browser* dengan rangkaian *home automation*. Dan hasil pengujian pada sensor DHT22 memiliki ketelitian sebesar 98.65% untuk pengukuran temperatur dan ketelitian sebesar 98.72% untuk pembacaan kelembaban.

**Kata Kunci:** *Arduino Uno, Ethernet Shield Arduino, Lampu, Sensor DHT22*

### Abstract

*The home Automation system is a home automation system that makes your home more efficient than the use of electrical energy, giving you the ease to turn on / off various equipment such as electric lights, air conditioners, fans, TVs, water pumps, fencing motors, garage motors, Motor Curtains, etc. Home automation in this study uses an Arduino Ethernet shield, four lamps, and a DHT22 sensor to control temperature and humidity. The home automation test results have a response time of 2 seconds between pressing the ON / OFF switch on the browser display and the home automation device circuit. And the test results on the DHT 22 sensor have an accuracy of 98.65% for the measurement of air temperature and accuracy of 98.72% for the reading of air humidity*

**Keywords:** *Arduino Uno, Ethernet Shield Arduino, Lamp, Sensor DHT22*

**DOI :** [10.15408/fiziya.vi1.15249](https://doi.org/10.15408/fiziya.vi1.15249)

## PENDAHULUAN

*Home Automation* dapat diibaratkan sebagai ekstensi perumahan dari "otomatis bangunan". Hal ini berhubungan dengan kegiatan dan pekerjaan di rumah yang otomatis terlaksana. *Home Automation* juga termasuk kegiatan sistem kontrol yang terpusat pada pencahayaan, air conditioning (*heat*, ventilasi dan air conditioning), peralatan, dan framework lainnya, untuk memberikan kenyamanan, keamanan, efisiensi energi dan kemudahan yang lebih baik. Dimana sebuah sistem otomatisasi rumah ini dapat mengintegrasikan perangkat listrik di rumah dengan satu sama lainnya. Teknik yang digunakan dalam *home automation* termasuk yang diotomatisasi bangunan dengan pengendalian kegiatan domestik seperti sistem hiburan rumah, house plant dan penyiraman halaman dan lainnya. Perangkat ini dapat dihubungkan dengan jaringan komputer untuk memungkinkan kontrol dengan komputer pribadi dan memungkinkan akses remote dari internet. Dengan integrasi teknologi informasi dan lingkungan rumah, sistem dan peralatan dapat berkomunikasi secara terpadu yang menghasilkan kenyamanan, efisiensi energi dan manfaat keselamatan[1].

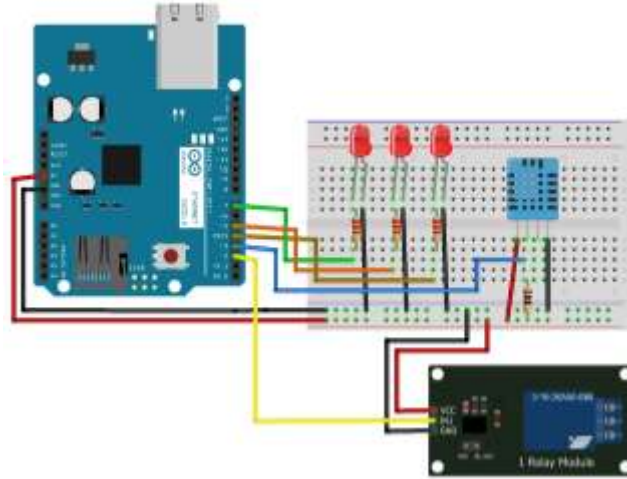
*Ethernet Shield* ini menambah kemampuan *Arduino board* untuk menghubungkan ke system jaringan komputer. *Ethernet shield* ini berbasiskan cip ethernet Wiznet W5100. *Ethernet library* yang digunakan dalam menulis program agar *Arduino board* dapat terhubung ke jaringan dengan menggunakan *Arduino ethernet shield* [2]. HTML merupakan salah satu format yang digunakan dalam pembuatan dokumen (*web page*) dan aplikasi yang berjalan di halaman *web*. Dokumen HTML ini merupakan dokumen yang disajikan dalam *web browser* dimana *web browser* ini merupakan suatu program software aplikasi atau perangkat yang dapat digunakan untuk mencari informasi dalam jaringan internet dari sebuah media seperti situs, blog, jejaring sosial, dan lain sebagainya yang tersimpan di dalam internet [3][4]. Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian yang berjudul "Pemantauan isi kulkas menggunakan *ethernet shield* R3 berbasis *Arduino uno*". Dimana penelitian tersebut bertujuan hanya untuk memantau seluruh isi didalam kulkas[5].

Pada penelitian ini dikembangkan menjadi *home automation* yang mengendalikan alat-alat elektronik dengan web browser. Rancang bangun ini menggunakan *Arduini Uni* sebagai prosesor atau pengendali beserta modul *ethernet shield* berupa *web browser* untuk monitoring kondisi lampu serta sensor DHT22 sebagai input data temperatur dan kelembaban. Rancang bangun *home automation* ini akan ditampilkan dengan tampilan web, dimana *arduino ethernet shield* sebagai server sedangkan PC sebagai client. Dalam aplikasi ini peneliti membatasi *home automation* dengan empat buah saklar atau relay untuk memutus sumber listrik dari PLN untuk peralatan perumahan, dimana empat buah saklar ini bisa dibagi untuk lampu, pompa air, kipas, kulkas dan sebagainya tergantung kebutuhan dan keinginan pembuat. Sedangkan sensor DHT22 digunakan sebagai input data untuk temperatur dan kelembaban yang akan ditampilkan via web browser. Relay disini digunakan sebagai output untuk mengatur saklar dengan kontrol via web browser yang akan menampilkan status perangkat dalam kondisi hidup atau mati melalui *refresh page* otomatis dengan bahasa logika HTML.

Didalam aplikasi *home automation* kontrol yang berbasis bahasa logika web HTML ini terdapat CSS yang digunakan untuk memperindah tampilan serta terdapat data dari sensor DHT22 berupa temperatur dan kelembaban ruangan. Terdapat empat buah opsi kontrol relay masing-masing beserta kondisinya apakah hidup atau mati sehingga kita mudah menyalakan relay atau saklar hanya dengan menekan klik hidup atau matikan, maka keadan saklar tersebut akan berubah.

## METODE

Penelitian ini dilakukan dari bulan Juli sampai Desember 2019. Perancangannya dibuat di Pusat Laboratorium Terpadu UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Di bawah ini adalah rangkaian dari *home automation* yang telah dibuat.



**Gambar 1.** Skematik *Home Automation*

Pada gambar di atas dapat dijelaskan bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian yaitu

1. Arduino uno digunakan sebagai masukan dan keluaran data. Jenis Pin yang dipakai dalam Arduino terdiri dari:
  - a. Pin 7, Pin 5 dan pin 4 digunakan untuk output lampu
  - b. Pin3 digunakan sensor DHT22 sebagai input untuk mengetahui temperatur dan kelembaban di ruangan.
  - c. Power, Ground dan Vcc sebagai sumber tegangan
2. Shield Ethernet Arduino yang letaknya digabungkan dengan Arduino uno sebagai sumber internet IP address
3. Sensor DHT22 untuk pengatur temperatur dan kelembaban ruangan
4. Relay digunakan untuk penghubung dengan lampu dari Arduino uno
5. Kabel UTP atau kabel telepon sebagai penghubung *shield ethernet* Arduino dengan laptop
6. Lampu sebagai output yang dikendalikan
7. Resistor sebagai penghambat tegangan yang masuk ke LED agar tidak kelebihan arus

### **Cara Konfigurasi Sistem kontrol suhu dan Arduino *Ethernet shield***

1. Langkah awal melakukan bridge adapter pada pc/ laptop kita.
2. Mensetting IP Address pada Ethernet menjadi  
IP Address 192.168.1.10  
Netmask : 255.255.255.0  
Gateway : 192.168.1.1  
Saat waktu habis maka buzzer akan berbunyi serta led akan menyala.
3. Langkah selanjutnya membuka aplikasi Arduino IDE dan pada tab Tools pilih board prosesor serta sesuaikan dengan port Arduino yang digunakan
4. Langkah terakhir masukan kode di bawah dan upload ke Arduino

### **Cara Testing Sistem kontrol suhu dengan Arduino *Ethernet shield***

1. Gabungkan Arduino uno dan Ethernet Shield, kemudian sambungkan dengan laptop menggunakan kabel LAN
2. Masuk pada program CMD di laptop selanjutnya ping IP Ethernet yang digunakan pada penelitian ini
3. Masuk pada CMD kemudian lakukan ping pada IP ethernet pada penelitian ini , peneliti menggunakan IP Address 192.168.1.177. jika hasil ping reapply maka Ethernet sudah dapat dipakai dan terhubung dengan laptop
4. Buka Broswer selanjutnya pada kolom URL masukan IP Address 192.168.1.177

## HASIL DAN PEMBAHASAN

*Home automation* ini memiliki tampilan input berupa temperatur, kelembapan dan empat buat saklar yang diatur HIDUP atau MATI serta kondisi status perangkat, berikut data yang akan ditampilkan dengan *web browser* dengan PC sebagai *client* dan Arduino *ethernet shield* sebagai server.



**Gambar 2.** Tampilan browser menggunakan *shield ethernet* Arduino

Pada gambar 2 di atas terdapat *IP Address* : 192.168.1.10 yang digunakan untuk menampilkan sistem *home automation* yang telah dibuat. Pada *home automation* yang terlihat adalah besarnya temperatur dan kelembapan ruangan serta empat lampu ruangan yang akan kita kendalikan baik dalam keadaan hidup atau mati. Saklar *on/off* di atas dapat ditekan untuk mengendalikan lampu 1-4 dan nantinya akan terlihat status lampu saat itu hidup/mati. Hasil Pengujian *home automation* dilakukan dengan empat metode untuk mengetahui keakuratan kecepatan waktu tampilan di *web* dan rangkaian sebagai berikut

### 1. Hanya satu saklar atau relay pada posisi hidup

Pengujian ini dilakukan dengan menekan pada tampilan saklar *on* untuk lampu 1 dan dapat diketahui status perangkat serta rangkaian lampunya



**Gambar 3.** Hasil Tampilan browser dan Lampu kondisi satu saklar kondisi hidup

Gambar 3 menunjukkan bahwa ketika posisi saklar mati maka kondisi lampu 1 hidup dan terlihat pula pada *browser* bahwa status perangkat hidup sehingga disebelah kanan terlihat lampu 1 menyala.

## 2. Dua saklar atau relay pada posisi hidup

Hasil pengujian dua saklar pada posisi hidup dilakukan dengan menekan tampilan saklar *on* pada Lampu 1 dan Lampu 2 dan dapat diketahui status perangkat serta rangkaian lampunya



**Gambar 4.** Tampilan browser dan rangkaian kondisi dua saklar kondisi hidup

Dari gambar 4 terlihat bahwa posisi saklar mati untuk lampu 1 dan lampu 2 maka pada status perangkat akan muncut status hidup sehingga pada rangkaian lampu 1 dan lampu 2 akan menyala

## 3. Tiga saklar atau relay pada posisi hidup

Hasil pengujian tiga saklar atau relay pada posisi hidup, lampu 2, dan lampu 3 maka akan terjadi perubahan di bagian status perangkat serta rangkaian lampunya .



**Gambar 5.** Tampilan browser dan rangkaian kondisi tiga saklar kondisi hidup

Dari gambar 5 terlihat bahwa posisi saklar mati untuk lampu 1 dan lampu 2, dan lampu 3 maka pada status perangkat yang sebelumnya mati akan berubah menjadi hidup sehingga pada rangkaian lampu 1, lampu 2, dan lampu 3 akan menyala.

#### 4. Empat saklar atau relay pada posisi hidup

Hasil pengujian ini dilakukan dengan cara menekan pada tampilan saklar mati pada lampu 1, lampu 2, lampu 3, dan lampu 4 maka akan terjadi perubahan di bagian status perangkat serta rangkaian lampunya



**Gambar 6.** Tampilan Browser dan Rangkaian kondisi empat saklar kondisi hidup

Dari gambar 6 terlihat bahwa posisi saklar mati untuk lampu 1, lampu 2, lampu 3, dan lampu 4 maka pada status perangkat yang sebelumnya mati akan berubah menjadi hidup sehingga pada rangkaian lampu 1, lampu 2, lampu 3 dan lampu 4 akan menyala.

Dari pengujian empat metode yang digunakan dapat diketahui hasil kecepatan waktunya sebagai berikut. tabel di bawah ini menunjukkan hasil kecepatan waktu respon penekanan tombol saklar *on/off* pada tampilan browser dan respon lampu hidup/mati pada rangkaian diperlihatkan sebagai berikut

**Tabel 1.** Hasil kecepatan respon antara penekanan tombol saklar *on/off* di *browser web* dan kondisi lampu pada rangkaian

No	Waktu Penekanan Tombol Saklar ON/OFF	Waktu Kondisi Lampu dirangkaian	Selisih Waktu (detik)
1	09:11:35	09:11:37	2 detik
2	09:12:37	09:12:39	2 detik
3	09:13:39	09:13:41	2 detik
4	09:14:41	09:14:43	2 detik
5	09:15:43	09:15:45	2 detik
6	09:16:45	09:16:47	2 detik
7	09:17:47	09:17:49	2 detik
8	09:18:49	09:18:51	2 detik
9	09:11:35	09:11:37	2 detik
10	Rata-rata		2 detik

Pada tabel 1 dapat dijelaskan dari 10 pengujian alat bahwa selisih waktu antara penekanan tombol saklar *on/off* hanya mengalami keterlambatan waktu rata-rata sebesar 2 detik dari waktu kondisi lampu dirangkaian.

#### Hasil Pengujian sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 ini dilakukan untuk mengetahui ketelitian pembacaan dari sensor DHT22. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor DHT22



dengan *Termo Hygrometer HTC-2 Y1599*. Adapun hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini:

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Sensor DHT22

No	DHT22		HTC	
	T (°C)	H(%)	T (°C)	H(%)
1	27.7	56.3	27.8	58
2	27.5	56.5	27.9	58
3	27.3	56.7	27.8	58
4	27.2	56.8	27.6	58
5	27.2	56.6	27.4	57
6	27	56.6	27.4	57
7	27	56.6	27.4	57
8	26.8	56.6	27.4	57
9	26.8	56.9	27.2	57
10	26.9	57	27.2	57
Rata-rata	27.14	56.66	27.51	57.4

Dari table 2 hasil pengujian sensor DHT22 di atas dapat di tentukan besar nilai rata-rata temperatur 27.14 sehingga dapat diketahui ketelitian sebesar 98.65% dan nilai rata-rata kelembaban 56.66 sehingga besar ketelitian kelembaban 98.72%. Dalam menentukan ketelitian/ keakuratan sensor dilakukan melalui tahap menentukan nilai standar deviasi, nilai ralat mutlak, nilai ralat nisbi dan terakhir didapatkan nilai ketelitian[5].

## PENUTUP

Berdasarkan hasil rancang bangun *home automation* dengan shield Ethernet Arduino maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil merancang dan membangun *home automation* menggunakan *shield ethernet* Arduino dengan *IP Address* 192.168.1.10 dan bekerja dengan baik
2. Kecepatan waktu respon *home automation* ini saat penekanan tombol saklar ON/OFF hanya mengalami keterlambatan waktu rata-rata sebesar 2 detik dengan waktu kondisi lampu dirangkaian.
3. Hasil pengujian pada sensor DHT 22 memiliki nilai ketelitian sebesar 98.65% untuk pengukuran temperatur udara dan ketelitian sebesar 98.72% untuk pembacaan kelembaban udara..

## REFERENSI

- [1] Pengertian *home automation* : donnysetiaji.blogspot.com/2014/12/pengertian-home-automation-system.html
- [2] Anonymous. 2013. "Master Mikro Arduino". 2013. E-book dari situs <http://inkubator-teknologi.com/avrsiap-guna/paket-lengkap-belajararduino>
- [3] Safaat, Nazruddin. 2011. "Android, Pemrograman Aplikasi Mobile Smartphone dan Tablet PC Berbasis Android". Penerbit INFORMATIKA: Bandung
- [4] Oberon Micro Systems. 2013. "Access Devices From The Web". Dalam situs <http://www.yaler.net/>.
- [5] Haris, Ahmad." Pemantauan isi kulkas menggunakan *ethernet shield* R3 berbasis Arduino uno ". Program Studi Teknik Elektronika Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.2016
- [6] Lestari, Dewi, and Yaddarabullah Yaddarabullah. "Perancangan Alat Pembacaan Meter Air PDAM Menggunakan Arduino Uno." *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics* 1.2 (2018): 36-41.
- [7] M. Pamungkas, Hafiddudin, dan Y. S. Rohmah, "Perancangan dan Realisasi Alat Pengukur Intensitas Cahaya," *J. ELKOMIKA*, vol. 3, no. 2, hlm. 120–132, 2015.

- [8] R. Rinaldy, R. F. Christianti, dan D. Supriyadi, "Pengendalian Motor Servo Yang Terintegrasi Dengan Webcam Berbasis Internet Dan Arduino," *J. Inform. Dan Elektron.*, vol. 5, no. 2, Apr 2014, doi: 10.20895/infotel.v5i2.59.
- [9] Ichwan, Muhammad, Milda Gustiana Husada, and M. Iqbal Ar Rasyid. "Pembangunan Prototipe Sistem Pengendalian Peralatan Listrik Pada Platform Android." *Jurnal Informatika* 4.1 (2013): 13-25.
- [10] Humphries, L. Scott, et al. "Home automation system." U.S. Patent No. 5,621,662. 15 Apr. 1997.



## **Analisis Nilai Fraksi $\beta$ dari Film Tipis Polimer Komposit PVDF/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ terhadap Konsentrasi $\text{Fe}_3\text{O}_4$**

Gizelda Larasati Anindita <sup>†</sup>, Ambran Hartono, Ryan Rizaldy

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah  
Jakarta, Jalan. Ir. H. Djuanda No.95, Cempaka Putih, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten 15412,  
Indonesia

[†gizelda.larasati15@mhs.uinjkt.ac.id](mailto:gizelda.larasati15@mhs.uinjkt.ac.id)

### **Abstrak**

Film tipis telah dibuat dengan mengompositkan PVDF yang berperan sebagai matriks dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang menjadi pengisi dengan menggunakan metode celup sederhana. Penelitian ini dilakukan dengan pengujian XRD setiap sampel dengan 4 variasi konsentrasi 2%, 4%, dan 6% dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  untuk diketahui pengaruh konsentrasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terhadap nilai fraksi  $\beta$ . Hasil pengujian menunjukkan bahwa film tipis dengan variasi konsentrasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  masing-masing memiliki nilai fraksi  $\beta$  sebesar 57,8%; 70,6%; dan 72,90% sedangkan untuk sampel yang tidak mengandung  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  memiliki nilai fraksi  $\beta$  sebesar 55,80%. Hasil ini menunjukkan pengaruh penambahan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang dapat meningkatkan sensitivitas karena rantai PVDF yang akan mengalami perubahan dalam konformasi polimer dan menjadikan fase  $\beta$  lebih dominan.

**Kata Kunci:**  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , Film Tipis, Komposit, Polimer, PVDF.

### **Abstract**

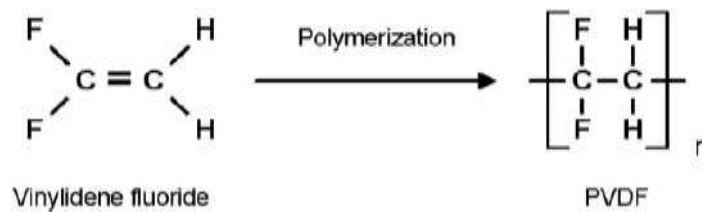
*Thin films have been made by composing PVDF which acts as a matrix and  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  which becomes a filler by using a simple dipping method. This research was conducted by XRD testing of each sample with 4 variations, the concentration of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  are 2%, 4%, and 6% to determine the effect of the  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  concentration on the  $\beta$  fraction value. The results showed that thin films with variations of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  concentrations had a  $\beta$  fraction value of 57.8%; 70.6%; and 72.90% while sample that not contain  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  have a  $\beta$  fraction value of 55.80%. These results indicates the effect of adding  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  can increase the sensitivity of PVDF because the chain will changes in polymer conformation and make the  $\beta$  phase more dominant.*

**Keywords:** Composite,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , Polymer, PVDF, Thin Film.

**DOI :** 10.15408/fiziya.vi1.15020

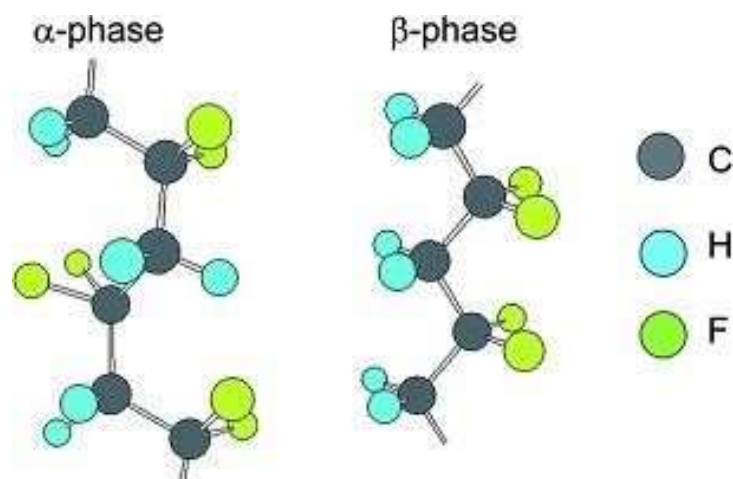
## PENDAHULUAN

Perkembangan film tipis berbahan dasar polimer banyak yang dikompositkan dengan menggunakan bahan lainnya. Teknologi pembuatan dan pemanfaatan film polimer meningkat pesat, terutama polimer *polyvinylidene fluoridae* (PVDF). PVDF adalah bahan yang biasanya digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan kemurnian tinggi bila dibandingkan dengan *fluoropolymer* lainnya, ia lebih murni, lebih kuat, dan tahan terhadap pelarut asam. PVDF lebih mudah meleleh karena memiliki titik leleh yang rendah. PVDF dapat disintesis dari gas monomer VDF melalui proses polimerisasi radikal bebas [1]. PVDF adalah polimer semi-kristal, termoplastik *fluoropolymer* dengan kemurnian tinggi. Bahan ini memiliki stabilitas termal, ketahanan kimia yang baik dan sifat piezoelektrik serta piroelektrik yang sangat baik diantara polimer lainnya [2].



**Gambar 1.** Struktur Molekul dari PVDF [1].

PVDF juga memiliki sifat tidak mudah larut dan sifat listrik yang dihasilkan dari polaritas gugus  $\text{CH}_2$  dan  $\text{CF}_2$  bolak-balik pada rantai polimer. Struktur polimer PVDF dinamakan dari 1.1 *difloroethylene* ( $\text{CH}_2 - \text{CF}_2$ ) sedangkan monomernya adalah  $\text{CH}_2 = \text{CF}_2$  [3]. Terdapat lima fasa kristal berbeda terkait dengan konformasi rantai yang berbeda dan dikenal sebagai  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , dan  $\epsilon$  [2]. Bahan ini banyak dimanfaatkan dalam aplikasi elektronik yang membutuhkan bahan dengan sifat piroelektrik maupun piezoelektrik yang baik. Penelitian tentang sifat piezoelektrik PVDF masih dikembangkan, baik dalam hal meningkatkan bahan piezoelektrik dan analisis parameter fisik yang terkait dengan fraksi  $\beta$  sampel maupun dalam penerapannya pada sensor. Pada Gambar 2. fase  $\beta$ , ikatan C - F adalah polar dan momen dipol tertinggi diperoleh dengan menyelaraskan semua dipol polimer dalam arah yang sama, sesuai dengan fase  $\beta$  dari PVDF. Sedangkan pada gambar fase  $\alpha$ , momen dipol kristalit  $\alpha$  diorientasikan dalam arah yang berlawanan, menghasilkan polarisasi netto nol [4].



**Gambar 2.** Struktur Alfa dan Beta-Fase PVDF [4].

Perkembangan ini dikarenakan fasa  $\beta$  pada PVDF memiliki sifat piezoelektrik yang paling baik [4]. Penggunaan PVDF sebagai matriks dalam pembuatan komposit adalah salah satu parameter kunci untuk berbagai aplikasi. Salah satu material yang digunakan sebagai pengisi untuk membuat komposit PVDF ini adalah  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (*magnetite*) yang telah banyak

digunakan diberbagai bidang karena sifat elektrik dan magnetik yang unik. Material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  memiliki sifat unggul dan potensi aplikasi yang bagus dalam bidang *baterai lithium-ion*, *wastewater treatment*, dan *drug delivery* [5]–[7]. Sifat dari *bulk magnetite* (fisik, struktur, termal, elektrik, dan magnetik) ini yang menjadi pertimbangan dalam berbagai aplikasi sesuai dengan kebutuhan.

Menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebagai *filler* dengan tujuan membuat struktur magnetoelektrik nanokomposit berbasis polimer. Material magnetoelektrik menjadi menarik untuk diteliti lebih lanjut karena menjanjikan untuk desain untuk perangkat multifungsi. Material ini dipilih untuk melengkapi sifat film tipis yang dibuat dari polimer PVDF yang telah memiliki sifat feroelektrik, piezoelektrik, piroelektrik dan sifat optik yang non-linear [8].

## METODE

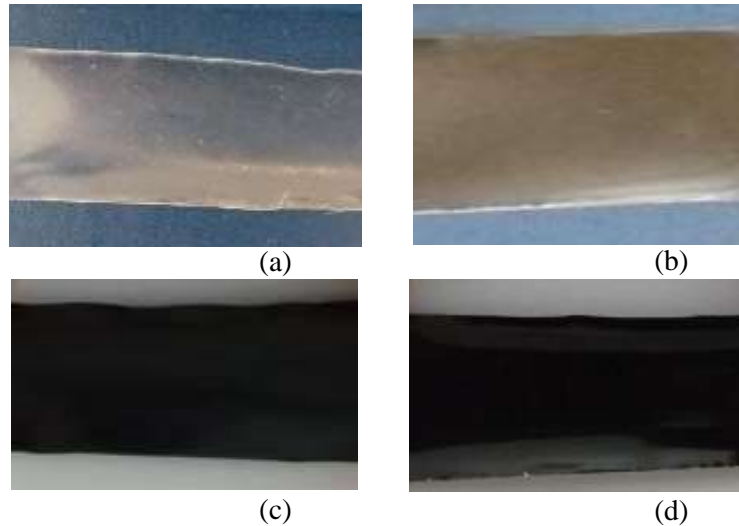
Penelitian yang dilakukan berupa eksperimen yang meliputi pembuatan material PVDF/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan berbagai konsentrasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , karakterisasi fase, dan perhitungan nilai fraksi  $\beta$  pada material. Sintesis material PVDF/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dilakukan menggunakan metode *sol gel*. Konsentrasi PVDF yang dilarutkan oleh Dimetilformamida (DMF) sebesar 10% konsentrasi dan ditambahkan sejumlah  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang telah ditentukan dengan variasi fraksi berat pengisi 2%, 4%, dan 6% konsentrasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dalam matriks PVDF dengan kode sampel G0, G1, G2, dan G3. Penggunaan Dimetilformamida (DMF) dimaksudkan agar kristalisasi PVDF membentuk fase  $\beta$  [8]. Kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu  $70^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Pembuatan sampel dimulai dengan menimbang bahan, melarutkan bahan, proses pencelupan dengan alat celup sederhana, pengeringan menggunakan oven, dan pengujian yang meliputi karakterisasi XRD yang diperoleh menggunakan radiasi  $\text{Cu K}_\alpha$  ( $\lambda = 1.54056 \text{ \AA}$ ) untuk  $2\theta$  dari  $5^\circ$  sampai  $80^\circ$  dalam *X-Ray Diffractometer* tersebut akan diolah untuk mengetahui nilai fraksi  $\beta$  pada sampel yang dihitung berdasarkan Persamaan (1).

$$F(\beta) = \frac{A_\beta}{1,26A_\alpha + A_\beta} \times 100 \quad (1)$$

dengan  $F(\beta)$  yang menunjukkan besar fraksi  $\beta$  yang dihasilkan,  $A_\beta$  dan  $A_\alpha$  yang masing-masing merupakan luas total daerah di bawah puncak  $\beta$  dan puncak  $\alpha$ .

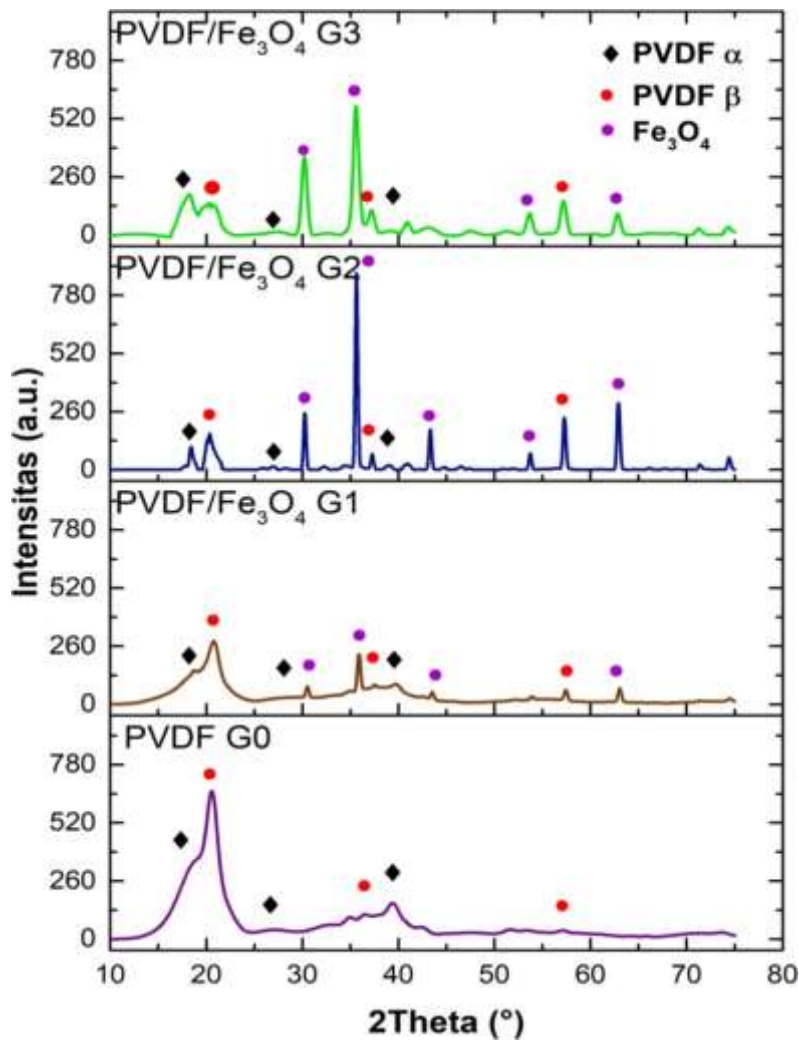
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel film tipis yang telah dibuat sesuai dengan alur penelitian terdapat 4 sampel dengan konsentrasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang berbeda. Hasil sampel film tipis G0 yang tidak mengandung  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  akan terlihat transparan Sedangkan untuk tiga sampel lainnya, film tipis akan terlihat berbeda karena tidak transparan melainkan berwarna hitam. Hal ini disebabkan karena film tipis sampel G1, G2, dan G3 mengandung  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebagai *filler*-nya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 di bawah ini:



**Gambar 3.** Film Tipis Sampel (a) G0, (b) G1, (c) G2, dan (d) G3.

Hasil karakterisasi sampel yang merupakan film tipis PVDF dengan dan tanpa filler menunjukkan pola grafik yang dipertegas dengan analisis menggunakan metode *rietveld* yang merujuk pada referensi [9],[10] seperti gambar 4.



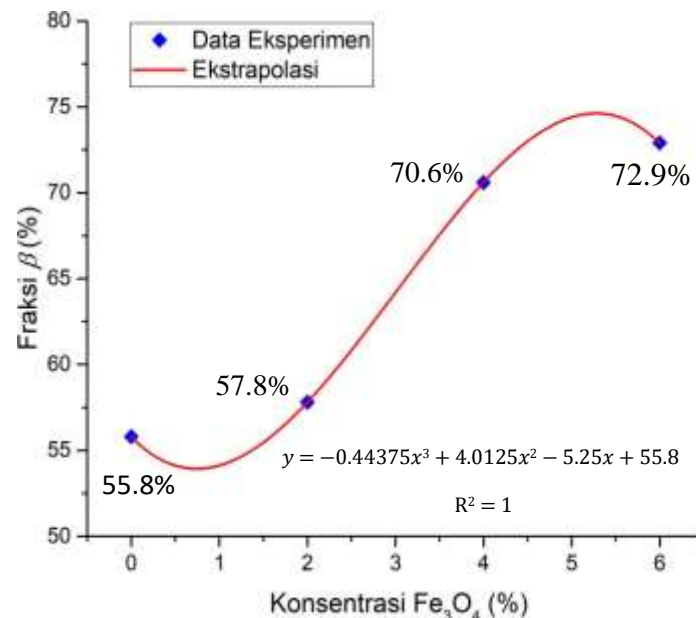
**Gambar 4.** Hasil Pola XRD dari PVDF/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Grafik menunjukkan fase  $\alpha$ , fase  $\beta$ , dan puncak  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dapat dilihat pada sudut-sudut yang telah ditandai. Intensitas puncak yang sesuai dengan fase  $\beta$  lebih kuat daripada fase  $\alpha$ , menyiratkan dominasi fase  $\beta$  pada fase PVDF. Dari grafik hasil XRD dapat kita ketahui pada sudut berapa saja yang merupakan fase dari PVDF dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Perubahan bentuk grafik film tipis yang hanya menggunakan PVDF saja kini dapat terlihat dengan adanya puncak-puncak yang menunjukkan keberadaan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  pada film tipis yang telah dikompositkan.. Selain itu, tidak ada puncak baru yang ditemukan dalam pola kecuali untuk mereka dari PVDF dan partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , yang menunjukkan bahwa tidak ada fase baru yang dihasilkan. Berdasarkan hasil dari karakterisasi XRD dapat dianalisa nilai fraksi  $\beta$  menggunakan program-program tertentu. Pada penelitian ini peneliti menghitung nilai fraksi  $\beta$  yang dihasilkan dari pembuatan film tipis PVDF/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebagai berikut:

**TABEL 1.** Fraksi  $\beta$  Film Tipis PVDF/  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Nama Sampel	Konsentrasi $\text{Fe}_3\text{O}_4$	Nilai $F(\beta)$
Sampel G0	0%	55,8%
Sampel G1	2%	57,8%
Sampel G2	4%	70,6%
Sampel G3	6%	72,9%

Hasil perhitungan yang dilakukan menunjukkan peningkatan nilai fraksi  $\beta$  seiring dengan peningkatan konsentrasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang dapat lebih jelas terlihat pada grafik Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Nilai Fraksi  $\beta$  dari Film Tipis PVDF/  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Namun, berdasarkan perhitungan grafik nilai fraksi  $\beta$  dapat terlihat bahwa konsentrasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebesar 6% telah menunjukkan penurunan nilai, dimana nilai maksimum konsentrasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang didapat menggunakan persamaan ekstrapolasi adalah 5,2% dengan nilai fraksi  $\beta$  sebesar 74,6%. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh penambahan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terhadap nilai fraksi  $\beta$  pada film tipis. Penambahan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ke dalam rantai PVDF akan membuat perubahan dalam konformasi polimer sedemikian rupa sehingga kontribusi dari fase  $\alpha$  berkurang dan fase  $\beta$  meningkat, ini memastikan dominasi fase  $\beta$  dari fase dalam sampel komposit. Nilai fraksi  $\beta$  yang lebih tinggi menghasilkan derajat keteraturan yang lebih baik sehingga entropi akan turun dan menyebabkan peningkatan sensitivitas serta efek polarisasi pada sampel dengan cara membantu memperbaiki matriks PVDF.

## PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  pada pembuatan film tipis dapat mempengaruhi karakteristik nilai fraksi  $\beta$  yang terlihat pada perhitungan dan grafik hasil uji XRD dimana terdapat konsentrasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang menghasilkan nilai fraksi  $\beta$  maksimum dan kemudian nilainya akan kembali menurun. Hasil analisis ini menunjukkan adanya peningkatan sensitivitas yang disebabkan oleh rantai PVDF yang akan mengalami perubahan dalam konformasi polimer sedemikian rupa sehingga kontribusi dari fase  $\alpha$  berkurang dan fase  $\beta$  meningkat, ini memastikan dominasi fase  $\beta$  dari fase dalam sampel komposit.

## REFERENSI

- [1] A. Hartono, S. Satira, M. Djamal, R. Ramli, H. Bahar, and E. Sanjaya, "Effect of Mechanical Treatment Temperature on Electrical Properties and Crystallite Size of PVDF Film," *Adv. Mater. Phys. Chem*, vol. 3, 2013, pp. 71–76, 2013.
- [2] A. Hartono, S. Satira, M. Djamal, and E. Sanjaya, "Poly ( vinylidene fluoride) Thin Film Prepared by Roll Hot Press," *Adv. Mater. Phys. Chem*, vol. 3, no. 1, pp. 7–11, 2013.
- [3] L. Andrew, "Poly-(vinylidene Fluoride)," New Jersey, Bell Lab, 1981.
- [4] A. Hartono, S. Satira, and M. Djamal, "Characterization Analysis of PVDF Thin Films Fabricated Using Deep Coating Machines," *Adv. Mater. Phys. Chem*, vol. 149, pp. 129–132, 2018.
- [5] J. M. H. and J. Spalek, "Electronic properties of  $\text{NiS}_2$ -?  $\text{Se}_2$  single crystals: from magnetic mott–hubbard insulators to normal metals," *Chem. of Materials*, vol. 10, no. 10, pp. 2910–2929, 1998.
- [6] K. C. N. R. Rao, S. R. C. Vivekchand, "Synthesis of inorganic nanomaterials," *Dalt. Trans.*, no. 34, pp. 3728–3749, 2007.
- [7] M. Z. and G. Diao, "Synthesis of porous  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanospheres and its application for the catalytic degradation of xylenol orange," *J. Phys. Chem. C*, vol. 115, no. 39, pp. 18923–18934, 2011.
- [8] T. Prabhakaran and J. Hemalatha, "Ferroelectric and magnetic studies on unpoled Poly ( vinylidene Fluoride )/  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  magnetoelectric nanocomposite structures," *Mater. Chem. Phys.*, vol. 137, no. 3, pp. 781–787, 2013.
- [9] Claassen A A, "Proceedings of the Physical Society", London, no. 38. p. 482-487. 1926.
- [10] R.Hasegawa, Y.Takahashi, Y.Chatani, H.Tadokoro, *Polymer Journal*, Tokyo, no. 3, p. 600. 1972.

## Analysis Crystal Structure of $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$ by Sol-Gel Method

Juli Hartati<sup>†</sup>, Sitti Ahmiatri Saptari, Arif Tjahjono

Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Syarif Hidayatullah Islamic State University,  
Ir. H. Djuanda St, No.95, Cempaka Putih, Ciputat, South Tangerang, Banten 15412, Indonesia

<sup>†</sup>[juli.hartati15@mhs.uinjkt.ac.id](mailto:juli.hartati15@mhs.uinjkt.ac.id)

### Abstrak.

Penelitian tentang struktur kristal bahan  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{MnO}_3$  menggunakan metode *sol-gel* telah berhasil dilakukan. Bahan-bahan dasar yang digunakan dicampur di atas *hot plate* diaduk sambil ditetesi *ammonia solution* sehingga mencapai pH 7, selanjutnya didiamkan sampai diperoleh bentuk gel. Gel dikeringkan pada suhu  $120^\circ\text{C}$ , selanjutnya dilakukan pra-kalsinasi dengan suhu  $650^\circ\text{C}$  selama 6 jam, dilanjutkan dengan kalsinasi pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  selama 12 jam, dan kemudian disinter pada temperatur  $1200^\circ\text{C}$  selama 12 jam. Hasil *refinement* data XRD memberikan informasi bahwa struktur kristal  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{MnO}_3$  adalah rombohedral dengan *space grup* R-3c. Penambahan substitusi ion  $\text{Sr}^{2+}$  mengakibatkan terjadinya penurunan intensitas dan pergeseran puncak ke arah sudut yang lebih besar. Hal ini disebabkan karena pengaruh jari-jari ion  $\text{Sr}^{2+}$  yang lebih kecil dibandingkan dengan jari-jari ion  $\text{Ba}^{2+}$ .

**Kata kunci:**  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{MnO}_3$ , metode *sol-gel*, struktur kristal

### Abstract.

In this research,  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$  compound ( $x = 0; 0.2; 0.3; \text{ and } 0.5$ ) by *sol-gel* method has been investigated. The compound used is mixed on a hot plate until reached a pH 7 when dropped ammonia solution, then let stand until turn into a gel. Dehydrated gel at  $120^\circ\text{C}$ , pra-calcination at  $650^\circ\text{C}$  for 6 hours, calcination at  $1000^\circ\text{C}$  for 12 hours, and sintering at  $1200^\circ\text{C}$  for 12 hours. The result of refinement XRD pattern shown that samples are single phase with rhombohedral crystal structure with R-3c space group. The intensity decrease and peak list shift to larger angle when Sr-substitution increased, it's caused ionic radii of  $\text{Sr}^{2+}$  is smaller than  $\text{Ba}^{2+}$ .

**Keywords:**  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)\text{MnO}_3$ , *sol-gel* method, crystal structure

DOI : 10.15408/fiziya.vi1.1509

## INTRODUCTION

LaMnO<sub>3</sub> perovskite is one of the most interested engineering materials for researchers because unusual their electrical and magnetic properties. This structure can be modified through doping of divalent ion at La-site and transition ion at Mn-site. Substituted La-site with divalent ion such as Ba, Sr, and Ca can change Mn content from Mn<sup>3+</sup> to Mn<sup>4+</sup>, this phenomena can be explain with double exchange (DE) effect [1- 2], a system by which electron mobility between the nearest Mn ions, preferably, those with aligned spins is preferred [3].

In general, crystal structure of LaMnO<sub>3</sub> compound is cubic. Their crystal structure can be change or distortion caused of divalent ions substituted at La-site. Distortion on perovskite structure occurs of different ionic radii or size mismatch at La-site and Jahn-Teller effect. The average size of the A-site cation that modified the Mn-O-Mn bond angle and Mn-O distances can control this distortion [4]. Goldschmidt tolerance factor (*t*) of perovskite compounds ABO<sub>3</sub> is commonly used to determine the stability of the geometry and crystal structure distortions. The *t* is defined by ratios of constituent ionic radii of A, B, and O which expressed by [5]:

$$t = \frac{(r_A + r_O)}{(r_{Mn} + r_O) \sqrt{2}} \quad (1)$$

where  $r_A$  are the average ionic radii on site A,  $r_{Mn}$  and  $r_O$  are the average ionic radii of the manganese and oxygen ions. The ideal perovskite compounds take on a cubic structure with  $t = 1$ . When the ratio of the ionic radii deviates from the ideal value  $t \neq 1$ , a geometric strain and distortion of crystal occur [5].

In the previous work of Ref. [6], substitutes Ba<sup>2+</sup> ions to the LaMnO<sub>3</sub> compound (La<sub>0.7</sub>Ba<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub>) has a rhombohedral structure with R-3c space group. The structure of La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub> switch from orthorhombic to rhombohedral when Sr<sup>2+</sup> concentration is rising [7]. McBride et.all [1] suggested that La<sub>0.6</sub>Ba<sub>0.4</sub>MnO<sub>3</sub> and La<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>MnO<sub>3</sub> have a synthesized LaMnO<sub>3</sub> rhombohedral structure using the same process. There are several methods have been reported can be used to synthesis of LaMnO<sub>3</sub> with substitution divalent ions such as sol-gel method, solid state reaction, solution combustion method, molten salt reaction, and hydrothermal method. Among these methods, the sol-gel method makes it easier to obtain highly crystalline nanoparticles with the smaller size and stoichiometry desired [8-10].

Analysis crystal structure and crystallographic characterization generally used X-ray diffractometer (XRD), this is non-destructive analytical technique [11]. The properties of polycrystalline materials depend on several things, such as the crystalline size. Using Scherrer equation, we can calculated the crystalline size expressed by[12-13].

$$D = \frac{k\lambda}{B \cos\theta} \quad (2)$$

where D is crystalline size, *k* have value 0.9,  $\lambda$  is wavelength of X-ray ( $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ), B is FWHM, and  $\theta$  is bragg angle.

In this work, La<sub>0.7</sub>(Ba<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>)<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub> where (x = 0; 0.2; 0.3; and 0.5) have been synthesized by sol-gel method. Using Rietveld refinement of X-ray diffraction data the structural parameters (unit cell volume, crystalline size, bond length, bond angle, and tolerance factor (*t*)) were refined.

## METHOD

La<sub>0.7</sub>(Ba<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>)MnO<sub>3</sub> (x = 0; 0.2; 0.3; and 0.5) was prepared using the sol-gel reaction method, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (99.99%), Mn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O (98.5%), Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (99%), Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (99%), and C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>.H<sub>2</sub>O (99.5%). The compounds were mixed and stirred on the hot plate, then added ammonia solution during the stirring process and resulted in brown colloid, after that oven at 120°C for 3 hours. After drying, pra-calcined at 650 °C for 6 hours and then calcined at 1000°C



for 12 h. The black powder obtained was pressed at 10 tons and sintered at 1200°C for 12 h. XRD Panalitycal X'pert Pro MPD identified the crystal structure and phase information of the samples with Fast Detector X'celerator using  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ) radiation in the range  $10^\circ$ - $90^\circ$  with step size of  $0.02^\circ$ . The X-ray diffraction data were analyzed by Rietveld refinement using HighScore Plus software.

## RESULT AND DISCUSSION

XRD character trends in Fig. 1 shown the single phase of LBSMO where all samples have rhombohedral structure with R-3c space group. XRD results also indicated that the intensity decreased when  $\text{Sr}^{2+}$  substitution increased. The sample's unit cell parameters, other fitting parameter and Goldschmidt tolerance factor are shown in Table 1 using the refined crystallography data. Fig. 2 shown the peak LBSMO shifted to the right when substitution  $\text{Sr}^{2+}$  increased. The higher value of 2-theta indicates that LBMO ( $x = 0$ ) have larger d-spacing compared to substituted with  $\text{Sr}^{2+}$  so d-spacing decreased, which is caused by the ionic radii of  $\text{Sr}^{2+}$  ( $1.44 \text{ \AA}$ ) is smaller to replaces of  $\text{Ba}^{2+}$  ( $1.61 \text{ \AA}$ ),

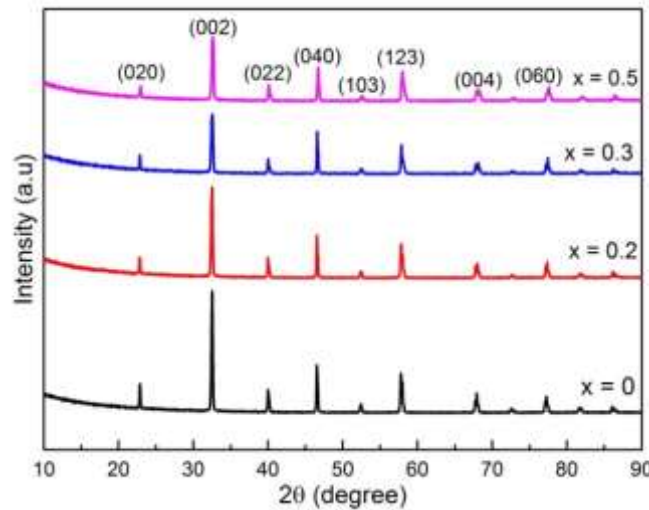
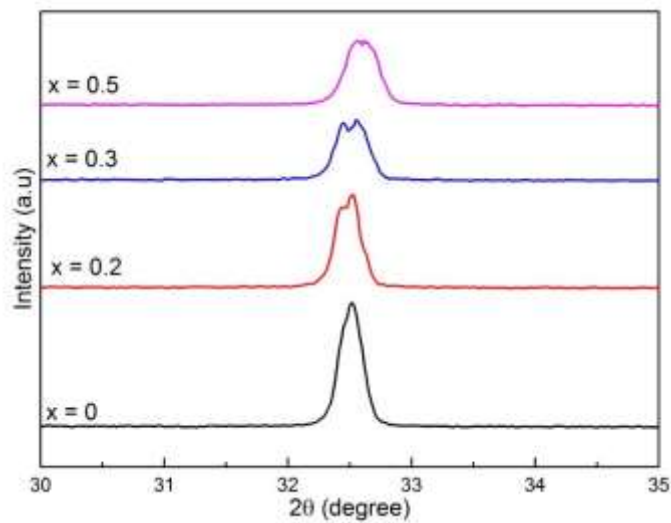


Figure 1. LBSMO XRD pattern

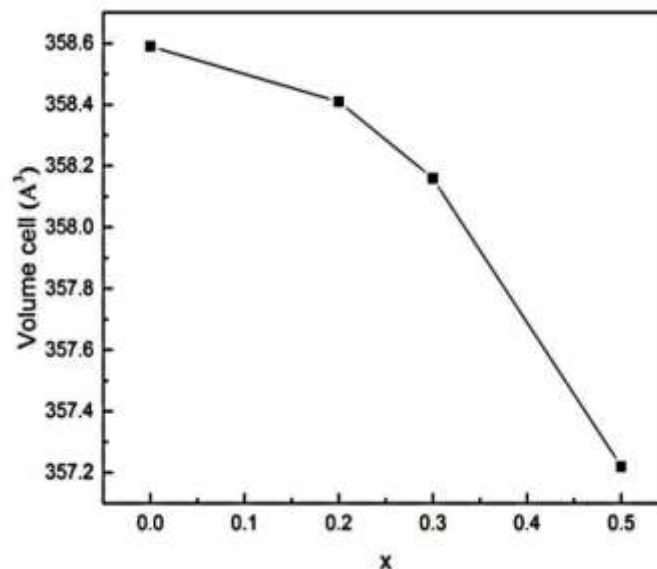
Table 1. Structure parameter  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$

Lattice Parameters	$x = 0$	$x = 0.2$	$x = 0.3$	$x = 0.5$
$a = b$ ( $\text{\AA}$ )	5.538	5.544	5.540	5.543
$c$ ( $\text{\AA}$ )	13.501	13.465	13.475	13.425
<b>Discrepancy Factors</b>				
$R_p$	6.0042	6.0145	6.1213	6.336
$W_{rp}$	7.852	8.067	8.121	8.392
GoF	1.18	1.204	1.31	1.35
<b>Goldschmidt tolerance factor</b>				
$t$	0.9885	0.9848	0.9832	0.9794

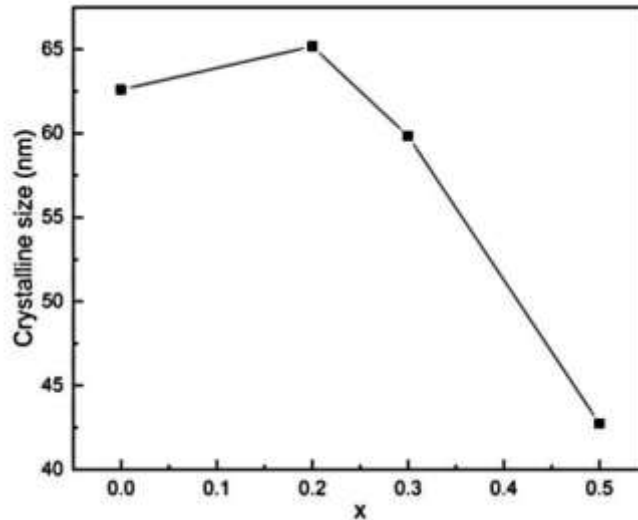


**Figure 2.** Shifting of peak LBSMO

Beside the result of refinement in table 1, substituted  $\text{Sr}^{2+}$  also caused a decrease of volume cell crystal shown fig. 3, it's occurred that ionic radii of  $\text{Sr}^{2+}$  smaller than ionic radii of  $\text{Ba}^{2+}$  so the d-spacing is decreased. The different ionic radii also affected Goldschmidt tolerance factor ( $t$ ) as a result distortion of  $\text{LaMnO}_3$  structure caused mismatch between ionic radii which is substituted with the ionic radii of La. The ionic radii of  $\text{Ba}^{2+}$  (1.61 Å) and  $\text{Sr}^{2+}$  (1.44 Å) too large to occupied site La (1.172 Å), Substitution increased causes the value of Goldschmidt tolerance factor decreased. This occurred when substituted increased, the value of ionic radii at site A from  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$  decreased from 1.435 Å to 1.4025 Å. Fig. 4 shown the crystalline size of  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$  calculated using the Eq.(2).

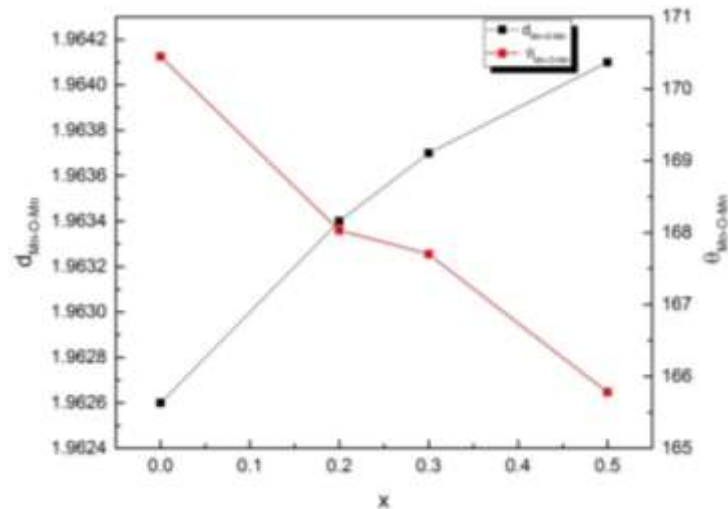


**Figure 3.** Volume cell of  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$



**Figure 4.** Crystalline size of  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$

$\text{Sr}^{2+}$  substituted on  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$  not change crystal structure of LBSMO compound, but changed the lattice parameter and caused  $\text{MnO}_6$  distortion. Bond length  $d_{\text{Mn-O}}$  and bond angle  $\langle \text{Mn-O-Mn} \rangle$  of  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$  shown in fig 5. The increased substitution caused bond length increased and bond angle decreased.



**Figure 5.** Bond length and bond angle

As the result refinement and Goldschmidt tolerance factor, crystal structure  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$  is rhombohedral with R-3c space group. Using VESTA software, the visualization of  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$  shown at fig. 6.

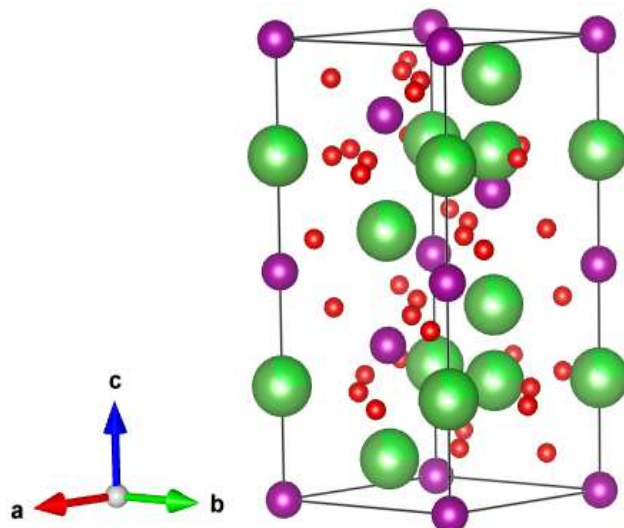


Figure 6. Visualization crystal structure of  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$

## CONCLUSION

Analysis of  $\text{La}_{0.7}(\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x)_{0.3}\text{MnO}_3$  crystal structure was studied using sol-gel method. All samples have rhombohedral structure with R-3c space group. Volume cell, crystalline size, and tolerance factor ( $t$ ) are decreased with increasing  $\text{Sr}^{2+}$  substituted. On the other, the increased substitution of  $\text{Sr}^{2+}$  caused bond length  $d_{\text{Mn-O}}$  increased and bond angle  $\theta_{\text{Mn-OMn}}$  decreased.

## REFERENCES

- [1] K. McBride, N. Partridge, S. Bennington-gray, S. Felton, L. Stella, and D. Poulidi, "Synthesis, characterisation and study of magnetocaloric effects (enhanced and reduced) in manganate perovskites," *Mater. Res. Bull.*, vol. 88, pp. 69–77, 2017.
- [2] H. Rahmouni, A. Dhahri, and K. Khirouni, "The effect of tin addition on the electrical conductivity of Sn-doped LaBaMnO<sub>3</sub>," *J. Alloys Compd.*, vol. 591, pp. 259–262, 2014.
- [3] J. F. Jurado and J. A. Játiva, "Metal-insulator transition and hopping conduction mechanisms in the  $\text{La}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{MnO}_3$  compound," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 335, pp. 6–10, 2013.
- [4] G. L. Reddy, Y. K. Lakshmi, N. Pavan, S. M. Rao, and P. V. Reddy, "Journal of magnetism and magnetic materials thermopower studies of rare earth doped lanthanum barium manganites," *J. Magn. Mater.*, vol. 362, pp. 20–26, 2014.
- [5] T. Sato, S. Takagi, S. Deledda, B. C. Hauback, and S. Orimo, "Extending the applicability of the goldschmidt tolerance factor to arbitrary ionic compounds," *Nat. Publ. Gr.*, no. March, pp. 1–10, 2016.
- [6] A. E. M. A. Mohamed, V. Vega, M. Ipatov, A. M. Ahmed, and B. Hernando, "Magnetoresistive and magnetocaloric response of manganite/insulator system," *J. Alloys Compd.*, vol. 657, pp. 495–505, 2016.
- [7] P. Yu, A. A. Naberezhnov, V. I. Nizhankovskii, and R. F. Mamin, "Temperature evolution of the magnetic properties of lanthanum-strontium manganites," *St. Petersburg. Polytech. Univ. J. Phys. Math.*, vol. 2, no. 3, pp. 175–180, 2016.
- [8] K. Navin and R. Kurchania, "The effect of particle size on structural, magnetic and transport properties of  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  nanoparticles," *Ceram. Int.*, 2017.
- [9] H. Ahmad and R. Shreeja, "Comparative study on multifunctional behaviour of rare earth manganites with micro and nano grain size," pp. 3795–3800, 2014.
- [10] M. Kaenka *et al.*, "Magnetic properties of  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  nanoparticles prepared in a molten salt," vol. 525, no. May, pp. 2012–2015, 2014.
- [11] M. Bortolotti, L. Lutterotti, and G. Pepponi, "Combining XRD and XRF analysis in one rietveld-like fitting," no. April, 2017.

- [12] M. Aure and M. Sasaki, "The scherrer equation and the dynamical theory of x-ray diffraction," no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [13] C. Paper, D. Kumar, N. Verma, C. B. Singh, and A. K. Singh, "Crystallite size strain analysis of nanocrystalline  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  perovskite by williamson-hall plot method," no. December, pp. 3–8, 2017.

---

## Rancang Bangun *Automatic Human Blood Type Detector* Menggunakan Sensor Cahaya Bh1750 Berdasarkan Sifat Optik Dengan Metode ABO

Leni Mawaddah †, Elvan Yuniarti, dan Ambran Hartono

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah  
Jakarta, Jalan. Ir. H. Djuanda No.95, Cempaka Putih, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten 15412,  
Indonesia

†[mawaddahleni@gmail.com](mailto:mawaddahleni@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah alat *Automatic Human Blood Type Detector* berdasarkan sifat optik dengan metode ABO, lalu menentukan karakteristik sensor dan membandingkan dengan hasil pengujian laboratorium. Hasilnya telah berhasil dirancang sebuah *Automatic Human Blood Type Detector* menggunakan sensor cahaya BH1750, LED, motor servo, Arduino Uno dan dengan *output* yang ditampilkan pada layar LCD 16X2. Karakterisasi sensor cahaya BH1750 dilakukan dengan cara membandingkannya dengan sensor LDR dan sensor cahaya pada *smartphone*, didapatkan nilai rata-rata intensitas cahaya dari ketiga sensor tersebut relatif sama yaitu berada pada *range* 8000 – 9000 lx. Tetapi nilai ketelitian sensor cahaya BH1750 lebih tinggi dibandingkan dengan kedua sensor lainnya yaitu sebesar 97.74 %. Dan alat ini memiliki nilai presentase keberhasilan sebesar 91,67 % dari 12 orang responden.

**Kata Kunci:** *Arduino Uno, Golongan Darah, Intensitas Cahaya, Sensor Cahaya BH1750.*

### Abstract

*The aim of this research is to design and build a device Automatic Human Blood Type Detector through ABO method based on the optical feature. Thus, investigating the characteristic of sensor in order to be compared to the laboratory examination is what this research has its focus on. The ultimate parts of the device have applied light sensor BH1750, LED, servo motor, Arduino Uno, and the output that is demonstrated on the 16x2 LCD screen. The comparison of LDR sensor and light sensor has created a characteristic of light sensor BH1750. It can be found that the average point of light intensity from the three types of sensor are rather similar—they range from 8000 to 9000 lx. The difference is that light sensor BH1750 has a more increased precision stage of 97.74%, compared to the other two sensors. Moreover, this device has achieved a success level of 91.67% from 12 respondents.*

**Keywords:** *Arduino Uno, Blood Type, Light Sensor BH1750, Light Intensity.*

**DOI :** [10.15408/fiziya.vi1.14433](https://doi.org/10.15408/fiziya.vi1.14433)

## PENDAHULUAN

Golongan darah manusia di kelompokkan menjadi empat golongan darah utama yaitu A, B, AB dan O. Pengelompokan ini terjadi karena perbedaan kandungan antigen dalam darah seperti pada Tabel 1. Mengetahui golongan darah sangat penting dalam melakukan transfusi darah. Transfusi hanya dapat dilakukan dengan menggunakan golongan darah yang kompatibel atau sesuai. Ini berarti bahwa sel darah merah yang ditransfusikan tidak boleh memiliki antigen yang bereaksi dengan antibodi darah penerima. Jika darah yang tidak sesuai ditransfusikan, aglutinasi sel darah merah yang ditransfusikan akan terjadi sehingga membahayakan penerima donor [1]. Untuk memastikan tidak ada kesalahan, darah yang didonorkan diuji dengan teliti untuk mengetahui jenisnya.

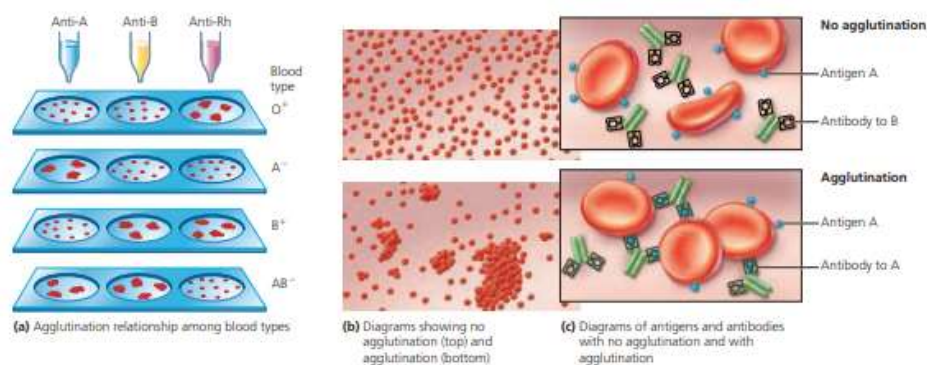
**Tabel 1.** Antigen dan Antibodi dalam golongan darah tipe ABO

Golongan Darah	Antigen dalam sel darah merah	Antibodi dalam Plasma
A	A	B
B	B	A
AB	A, B	Tidak ada
O	Tidak ada	A, B

Pada saat ini pengujian golongan darah masih menggunakan cara manual dalam pembacaan hasilnya. Metode ABO yang paling sering digunakan, yaitu dengan menempatkan sampel darah pada 4 preparat. Lalu antisera A ditetaskan pada preparat pertama, antisera B ditetaskan pada preparat kedua, antisera AB ditetaskan pada preparat ketiga dan antisera D ditetaskan pada preparat keempat. Setelah beberapa saat akan terjadi aglutinasi seperti pada gambar 1, dan bentuk aglutinasi diamati menggunakan mata secara langsung berdasarkan pengetahuan dari pengamat tersebut. Faktor kelelahan dan kejenuhan pada mata akan mempengaruhi kemampuan mata yang menyebabkan kurangnya ketelitian saat pembacaan. Dan pengujian golongan darah menggunakan cara manual hanya dapat dilakukan oleh pengamat ahli yang memiliki pengetahuan untuk membaca hasil pengujian.

**Tabel 2.** Pola aglutinasi pada penentuan golongan darah metode ABO

Golongan Darah	Serum Antibodi Anti-A + Darah	Serum Antibodi Anti-B + Darah
A	Aglutinas	Tidak ada aglutinasi
B	Tidak ada aglutinasi	Aglutinas
AB	Aglutinas	Aglutinas
O	Tidak ada aglutinasi	Tidak ada aglutinasi



**Gambar 1.** Penentuan Golongan Darah metode ABO [2]

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, alat pendeteksi golongan darah biasanya menggunakan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) dan LED (*Light Emitting Diode*) sebagai



sumber cahaya. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Banar Dwi Retyanto dan kawan-kawan dari Universitas Sains Al-Qur'an Jawa Tengah, yang penelitiannya menggunakan metode deskriptif kualitatif dan deskriptif kuantitatif, dengan dua macam pengujian yaitu, pengujian sensor LDR dan pengujian keseluruhan sistem. Dari ujicoba yang dilakukan, terhadap 13 sampel darah pendonor, didapat nilai presentase ketidak sesuaian sebesar 7,69 % dan nilai presentase kesesuaian sebesar 92,31% [3].

Berdasarkan permasalahan dan tinjauan dari kajian terdahulu, dirancang dan dibangunlah sebuah *Automatic Human Blood Type Detector* atau alat pendeteksi golongan darah manusia secara otomatis untuk mengurangi kemungkinan kesalahan dari pengujian golongan darah secara manual dan juga menjadi solusi alternatif bagi yang ingin mendeteksi golongan darah namun tidak memiliki pengetahuan dalam membaca hasil pengujian. Alat ini berdasarkan sifat optik dengan metode ABO untuk menentukan golongan darah. Sensor yang digunakan terdiri dari sensor cahaya BH1750 dan LED berbasis Arduino Uno R3 dengan menggunakan LCD 16 kali 2 sebagai tampilan *output* hasil pengujian.



**Gambar 2.** Bentuk fisik sensor cahaya BH1750 [4]

Alat ini menggunakan sensor cahaya BH1750 karena sensor ini merupakan sensor cahaya digital yang memiliki keluaran sinyal digital. Sensor BH1750 ini lebih akurat dan lebih mudah digunakan jika dibandingkan dengan sensor lain seperti foto diode dan LDR yang memiliki keluaran sinyal analog dan perlu melakukan perhitungan untuk mendapatkan data intensitas [5]. Penggunaan sensor cahaya BH1750 itu sendiri belum banyak digunakan untuk membuat alat pendeteksi golongan darah dibandingkan dengan sensor LDR. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno R3 karena tanpa melakukan konfigurasi apapun, Arduino Uno sudah dapat langsung digunakan dengan menyambungkan ke sebuah komputer melalui kabel USB dan sudah disediakan berbagai *library* yang siap digunakan untuk bereksperimen [6].

## METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai Desember 2019. Perancangan alat dilaksanakan di Pusat Laboratorium Terpadu UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Berikut komponen perangkat keras (*hardware*) yang digunakan terdiri dari sensor cahaya BH1750, LED, kaca preparat, motor servo, LCD, Arduino Uno dan kabel *jumper*.

### Alur Penelitian

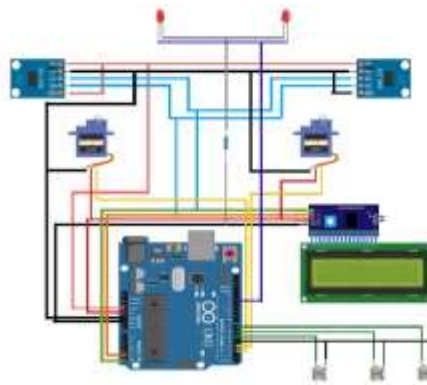
Adapun alur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 2.





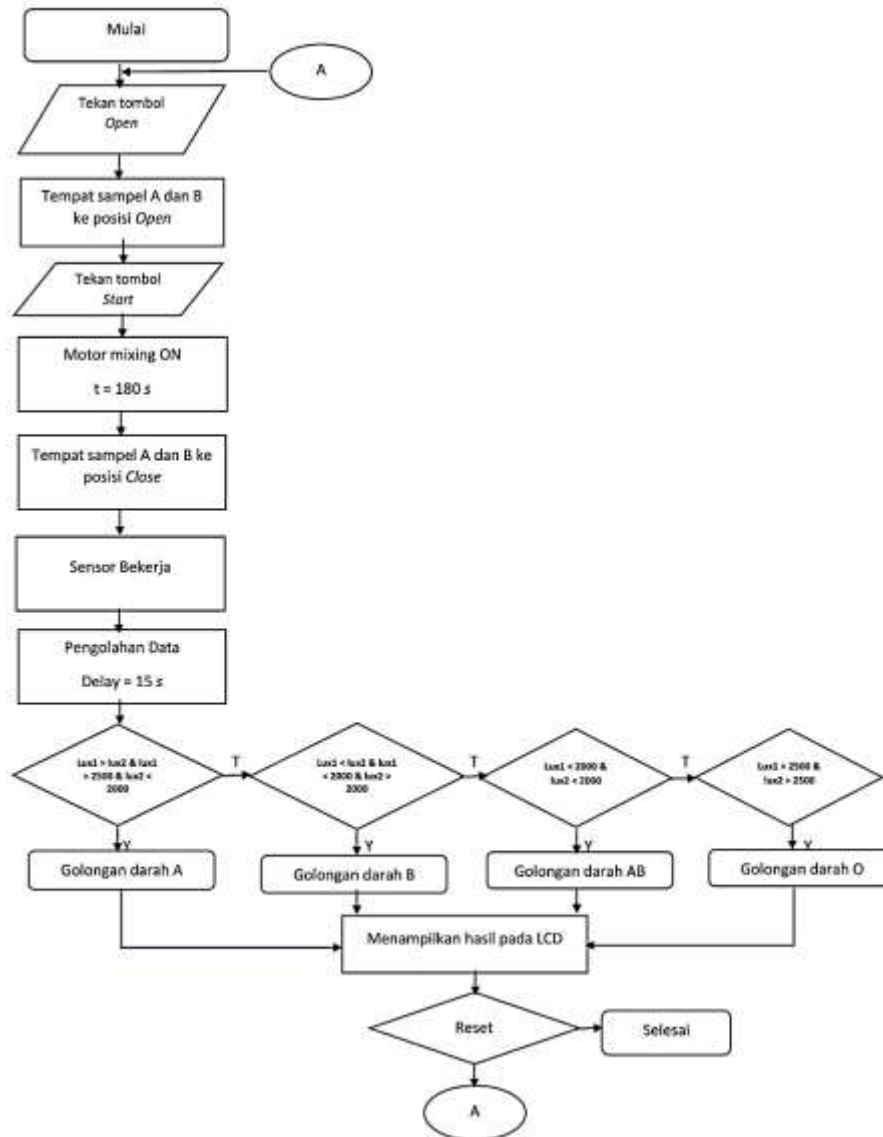
**Gambar 2.** Flowchart alur penelitian

Dan rancangan *hardAware* pada penelitian dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Rancangan *hardware*

Sedangkan untuk perancangan perangkat lunak (*software*) menggunakan program Arduino IDE sebagai pembaca sensor dan pengolah data yang diperoleh dari sensor untuk menentukan jenis golongan darah yang sesuai. Dan dibuat pula program untuk menampilkan hasil pengujian pada display berupa LCD. *Flowchart* perancangan *software* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Perancangan Perangkat Lunak (Software)

## Pengambilan Data

Pengambilan sampel data *automatic human blood type detector* dilakukan pada 12 responden laki-laki atau perempuan yang sebelumnya sudah pernah melakukan pengujian laboratorium untuk dibandingkan dengan hasil pengujian alat. Pengambilan sampel darah dilakukan dengan menggunakan alat *pen* lancet pada salah satu jari tangan responden. Lalu sampel darah yang telah diambil dimasukkan ke dalam tempat sampel A dan B yang ada pada alat. Setelah itu masukkan 3 tetes serum antibodi anti-A pada tempat sampel A dan serum antibodi anti-B pada tempat sampel B.

Lalu dilakukan pencampuran menggunakan motor servo yang dihubungkan pada masing-masing tempat sampel selama 180 s. Setelah itu tempat sampel akan disejajarkan dengan LED dan sensor cahaya BH1750 sehingga sensor dapat membaca ada atau tidaknya aglutinasi atau gumpalan pada campuran sampel darah dengan melihat dari intensitas cahaya LED yang terbaca oleh sensor cahaya BH1750. Kemudian data akan diolah pada Arduino Uno sehingga dapat menampilkan hasil golongan darah dari sampel darah yang diujikan pada LCD.

## Pengolahan Data

### Hasil Pengujian Karakterisasi Sensor

Metode perhitungan regresi linier digunakan agar dapat memperediksi nilai error yang terjadi jika dilakukan pengukuran selanjutnya. Berikut merupakan rumus regresi linier dan standar deviasi:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^k xy^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k xy)^2}{n}}{n-1} \quad (1)$$

$$s = \sqrt{s^2} \quad (2)$$

### Hasil Pengujian Alat

Penelitian ini menggunakan teknik analisis dengan metode deskriptif kuantitatif untuk mendeskripsikan data hasil dari pengujian *automatic human blood type detector* dengan perbandingan pengujian laboratorium yang sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh responden. Dengan rumus sebagai berikut [3]:

$$X = \frac{\sum ss PM}{\sum s} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

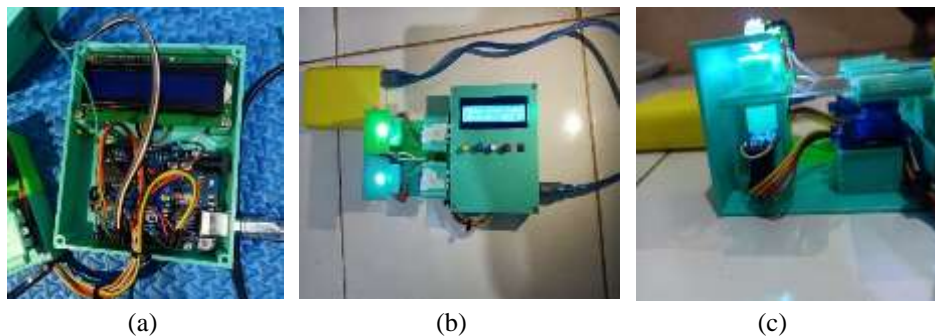
$X$  = Nilai presentase keberhasilan pengujian dari kesesuaian dengan pengujian laboratorium

$\sum ss PM$  = Jumlah sampel sesuai dengan pengujian laboratorium

$\sum s$  = Jumlah seluruh sampel

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Perancangan Alat



**Gambar 5.** Hardware alat tampak dalam (a), tampak luar (b), tempat pengujian sampel (c)

Dapat dilihat pada gambar 5 (b) terdapat 2 bagian terpisah, bagian pertama merupakan tempat untuk 3 *push button*, Arduino Uno dan LCD. *Push button* kuning berfungsi untuk mengeluarkan (*open*) tempat sampel, *push button* biru berfungsi untuk memulai (*start*) proses pencampuran, memasukkan (*close*) tempat sampel, pengujian sampai menampilkan hasil uji sampel pada LCD, dan *push button* putih berfungsi untuk mereset program yang telah dijalankan. Layar LCD ditempatkan pada bagian atas kotak agar dapat menampilkan hasil pengujian secara langsung.

Bagian kedua merupakan tempat untuk tempat sampel berupa kaca preparat, motor servo, sensor cahaya BH1750 dan LED. Tempat sampel A dan B masing-masing dihubungkan dengan

kipas motor servo, yang berfungsi untuk pencampuran sampel darah dengan serum antibodi anti-A dan anti-B dengan cara menggoyangkan tempat sampel hingga tercampur secara homogen. Selain itu motor servo juga berfungsi untuk memindahkan tempat sampel yang sudah melalui proses pencampuran menuju tempat pengujian. Dimana tempat sampel akan berada diantara LED dan sensor BH1750.

LED, tempat sampel dan sensor cahaya BH1750 ditempatkan secara *vertical*, dengan sensor cahaya BH1750 berada dibawah, tempat sampel ditengah dan LED berada dibagian atas dengan posisi menghadap bawah. Ditempatkan demikian agar intensitas cahaya LED yang terbaca oleh sensor cahaya BH1750 dapat mengidentifikasi ada atau tidak nya aglutinasi atau gumpalan pada campuran sampel darah dan serum antibodi anti-A atau anti-B. Pada salah satu sisi kotak terdapat port usb *type mini* yang berguna sebagai power supply sekaligus sebagai media komunikasi antara laptop dengan Arduino.

### Hasil Pengujian Karakterisasi Sensor Cahaya BH1750

Pengujian karakterisasi perangkat keras dilakukan pada sensor cahaya BH1750. Dengan membandingkan hasil pengukuran intensitas cahaya LED pada sensor cahaya BH1750, LDR dan sensor cahaya pada *smartphone* melalui aplikasi *Lux Light Meter*. Sistem pengujian dirancang dengan membuat sebuah ruang tabung tertutup dengan jarak antara sensor dan sumber cahaya LED sebesar 2 cm dengan tegangan input sebesar 5 volt. Tabung tertutup tersebut digunakan sebagai ruang gelap tempat pengambilan data. Ruang gelap ini dimaksudkan agar tidak ada cahaya luar yang mempengaruhi pengukuran, serta diharapkan agar kondisi lingkungan untuk setiap pengukuran selalu sama. Berikut merupakan perbandingan hasil pengukuran yang dilakukan:

**Tabel 3.** Hasil pengukuran intensitas cahaya LED pada sensor cahaya BH1750, LDR dan sensor cahaya pada *smartphone*

Waktu (s)	Intensitas cahaya LED yang terbaca (lux)		
	BH1750	LDR	Sensor cahaya pada Smartphone
1	8213	8058	8781
2	8215	8061	8786
3	8211	8065	8794
4	8213	8063	8787
5	8214	8065	8798
6	8213	8068	8793
7	8211	8070	8757
8	8210	8065	8784
9	8209	8061	8784
10	8208	8057	8769



**Gambar 6.** Grafik hasil perbandingan pengukuran intensitas cahaya LED pada sensor cahaya BH1750, LDR dan sensor cahaya pada *smartphone*

**Tabel 4.** Pengolahan data hasil pengukuran intensitas cahaya LED pada sensor cahaya BH1750, LDR dan sensor cahaya pada *smartphone*

Sensor	$\bar{X}$	Standar Deviasi	Ketelitian
BH1750	8211.7	2.263	97.74 %
LDR	8063.3	4.138	95.86 %
Sensor cahaya <i>Smartphone</i>	8783.3	12.239	87.76 %

Pada tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai intensitas cahaya LED pada sensor cahaya BH1750, sensor LDR dan sensor cahaya pada *smartphone* melalui aplikasi *Lux Light Meter* memiliki nilai rata-rata sebesar 8211.7 lx, 8063.3 lx dan 8783.3 lx. Nilai ketelitian yang didapatkan sebesar 97.74 %, 95.86 % dan 87.76 %. Sensor cahaya BH1750 memiliki nilai ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedua sensor lainnya dikarenakan sensor LDR dan sensor cahaya pada *smartphone* hanya merespon cahaya terang dan gelap saja, sedangkan sensor cahaya BH1750 dapat merespon berdasarkan jenis warna, gelombang, dan frekuensinya. Hal ini membuktikan bahwa sensor cahaya BH1750 lebih akurat dan lebih mudah digunakan jika dibandingkan dengan sensor lain seperti LDR yang memiliki keluaran sinyal analog dan perlu melakukan perhitungan untuk mendapatkan data intensitas.

### Hasil Pengujian *Automatic Human Blood Type Detector*

Pengujian pada *automatic human blood type detector* dapat dilakukan dengan cara mengoperasikan alat secara langsung untuk membuktikan bahwa alat ini bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Untuk melakukan pengujian tersebut dibutuhkan empat jenis golongan darah yaitu A, B, AB, O, serum antibodi anti-A dan anti-B. Pengambilan sampel data pengujian dilakukan pada 12 responden laki-laki atau perempuan yang sebelumnya sudah pernah melakukan pengujian laboratorium.

Untuk menentukan berapa durasi yang dibutuhkan dalam proses pencampuran antara sampel darah dan serum antibodi, maka dilakukan pengujian satu sampel darah dengan perbedaan durasi proses pencampuran yaitu selama 60 s, 120 s dan 180 s. Berikut adalah hasil pengujian sampel golongan darah A dengan perbedaan durasi pada proses pencampuran dengan serum antibodi yang telah dilakukan:

**Tabel 5.** Hasil pengujian sampel golongan darah A dengan perbedaan durasi pada proses pencampuran dengan serum antibodi

Durasi	Serum Antibodi Anti-A		Serum Antibodi Anti-B		Hasil Golongan Darah	Keterangan
	lx	keterangan	lx	keterangan		
60 s	864	TA†	213	TA	O	Tidak Sesuai
120 s	1267	TA	336	TA	O	Tidak Sesuai
180 s	2975	A*	373	TA	A	Sesuai

\* A : Aglutinasi

† TA : Tidak ada Aglutinasi

Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa durasi yang dibutuhkan dalam pencampuran antara sampel darah dan serum antibodi agar dapat menghasilkan data golongan darah yang sesuai adalah 180 s atau 3 menit. Karena semakin lama durasi pada proses pencampuran maka sampel darah dan serum antibodi akan semakin tercampur merata sehingga ada atau tidak nya aglutinasi pada sampel darah akan semakin terlihat. Dan waktu respon pembacaan intensitas cahaya oleh sensor diatur selama 15 s hingga LCD menampilkan hasil pengujian. Dan berikut adalah hasil pengujian tes golongan darah yang telah dilakukan:

**Tabel 6.** Hasil pengujian *automatic human blood type detector*

Nomor Responden	Serum Antibodi Anti-A		Serum Antibodi Anti-B		Hasil Golongan Darah
	lx	keterangan	lx	keterangan	
1	2522	A*	543	TA†	A
2	2658	A	853	TA	A
3	2992	A	766	TA	A
4	821	TA	2100	A	B
5	748	TA	2090	A	B
6	715	TA	2043	A	B
7	2540	A	2516	A	AB
8	2888	A	2966	A	AB
9	789	TA	1336	TA	O
10	651	TA	783	TA	O
11	682	TA	852	TA	O
12	648	TA	779	TA	O

\* A : Aglutinasi

† TA : Tidak ada Aglutinasi

Pengujian golongan darah ini dilakukan kepada 12 responden yang memiliki golongan darah berbeda, yaitu tiga orang yang memiliki golongan darah A, tiga orang yang memiliki golongan darah B, tiga orang yang memiliki golongan darah AB, dan tiga orang lagi yang memiliki golongan darah O. Dari table 4.3 dapat diketahui bahwa ketika terjadi proses aglutinasi pada sampel darah, nilai intensitas cahaya yang terbaca oleh sensor akan lebih besar dibandingkan dengan nilai intensitas cahaya pada sampel darah yang tidak mengalami aglutinasi. Hal itu disebabkan karena ketika suatu sampel darah mengalami proses aglutinasi, sensor cahaya BH1750 akan menerima lebih banyak cahaya dari LED dikarenakan adanya celah untuk cahaya masuk dari sampel tersebut. Dan sebaliknya, ketika suatu sampel darah tidak mengalami proses aglutinasi, nilai intensitas cahaya akan lebih kecil, itu disebabkan karena sampel darah yang cair merata, sehingga sedikit celah untuk cahaya masuk dari sampel tersebut dan terbaca intensitasnya oleh sensor.

Sesuai dengan penjelasan sebelumnya, serum antibodi anti-A hanya kan bereaksi dengan sampel darah yang memiliki antigen A yaitu golongan darah A dan AB. Dan serum antibodi anti-B hanya akan bereaksi dengan sampel darah yang memiliki antigen B yaitu golongan darah B dan AB. Sedangkan golongan darah O yang tidak memiliki antigen A ataupun B tidak bereaksi dengan kedua serum tersebut. Berikut adalah perbandingan hasil pengujian alat dengan pengujian laboratorium:

**Tabel 7.** Perbandingan hasil pengujian *automatic human blood type detector* dengan pengujian laboratorium

Nomor Responden	Hasil Pengujian Alat Otomatis	Hasil Pengujian laboratorium	Keterangan
1	A	A	Sesuai
2	A	A	Sesuai
3	A	A	Sesuai
4	B	B	Sesuai
5	B	B	Sesuai
6	B	B	Sesuai
7	AB	AB	Sesuai
8	AB	AB	Sesuai
9	O	AB	Tidak sesuai
10	O	O	Sesuai
11	O	O	Sesuai
12	O	O	Sesuai

Dalam rangka menentukan kualitas proses dan hasil pengujian alat. Dilakukan perbandingan antara hasil pengujian alat dengan pengujian laboratorium. Dimana nilai presentase keberhasilan yang didapatkan sebesar 91,67 % dari 12 orang responden. Terdapat ketidaksesuaian hasil pada sampel darah responden nomor 9 dengan pengujian laboratorium, kesalahan bisa disebabkan karena beberapa faktor, seperti kurangnya waktu yang dibutuhkan untuk pencampuran sampel darah dan serum sehingga pencampuran tidak merata, komposisi sampel darah dan serum yang tidak sesuai dan karena letak hasil pencampuran sampel darah dan serum yang tidak tepat berada ditengah kaca preparat.

## PENUTUP

Berdasarkan alat pendeteksi golongan darah yang telah dirancang dan dibangun, maka dapat ditarik kerimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil merancang dan membangun *automatic human blood type detector* menggunakan sensor cahaya BH1750 berdasarkan sifat optik dengan metode ABO.
2. Hasil karakterisasi sensor cahaya BH1750 didapatkan bahwa nilai intensitas cahaya LED pada sensor cahaya BH1750, sensor LDR dan sensor cahaya pada *smartphone* memiliki nilai rata-rata yang relatif sama karena ketiga sensor berada pada *range* 8000 – 9000 lx. Namun, sensor cahaya BH1750 memiliki nilai ketelitian yang lebih tinggi dari kedua sensor lainnya yaitu sebesar 97.74 %, sehingga sensor cahaya BH1750 lebih akurat dibandingkan sensor LDR dan sensor cahaya pada *smartphone*.
3. Perbandingan hasil pengujian antara *automatic human blood type detector* dengan pengujian laboratorium didapatkan nilai presentase keberhasilan sebesar 91,67 % dari 12 orang responden.

## REFERENSI

- [1] S. E. Gunstream, *Anatomy & physiology: with integrated study guide*, 4th ed. Dubuque: McGraw-Hill, 2010.
- [2] J. Goodenough dan B. McGuire, *Biology of Humans Concepts, Applications, and Issues*, 6 ed. United States of America: Pearson, 2017.
- [3] B. D. Retyanto, D. I. Maghfiroh, dan I. Hidayah, "Rancang Bangun Prototipe Alat Ukur Golongan Darah Manusia Berbasis Arduino Uno," *SPEKTRA*, vol. 4, no. 2, hlm. 188–198, 2018.
- [4] A. J. Tamamy, Z. Arifin, dan A. Amalia, "Desain Low-Cost Sistem Monitoring Pengukuran Potensi Tenaga Matahari dan Tenaga Angin," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 15, no. 1, Apr 2019, doi: 10.17529/jre.v15i1.12077.
- [5] M. Pamungkas, Hafiddudin, dan Y. S. Rohmah, "Perancangan dan Realisasi Alat Pengukur Intensitas Cahaya," *J. ELKOMIKA*, vol. 3, no. 2, hlm. 120–132, 2015.

- [6] R. Rinaldy, R. F. Christianti, dan D. Supriyadi, "*Pengendalian Motor Servo Yang Terintegrasi Dengan Webcam Berbasis Internet Dan Arduino*," *J. Inform. Dan Elektron.*, vol. 5, no. 2, Apr 2014, doi: 10.20895/infotel.v5i2.59.



## **Analisis Anomali Sinyal Geomagnetik Menggunakan Metode *Detrended Fluctuation Analysis* pada Gempa Bumi Magnitudo 6,1 di Lebak, Banten**

Lina Fazriyanti<sup>1 †</sup>, Arif Tjahjono<sup>1</sup>, Febty Febriani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jalan Ir. H. Djuanda No.95, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15412, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jalan Raya Puspiptek, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten.

<sup>†</sup>[01novemberlina@gmail.com](mailto:01novemberlina@gmail.com)

### **Abstrak.**

Secara geografis Pulau Jawa berhadapan langsung dengan zona tumbukan lempeng Eurasia dan Indo-Australia yang menyebabkan wilayah tersebut rawan terjadinya gempa bumi, salah satunya gempa tersebut yaitu di Lebak, Banten dengan magnitudo 6,1. Maka diperlukan usaha untuk meminimalisir resiko gempa bumi, seperti pengamatan prediksi jangka pendek melalui fenomena medan magnetik bumi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis apakah terdapat anomali sinyal *geomagnetic Ultra Low Frequency* (ULF) sebelum gempa bumi terjadi. Penelitian ini menggunakan data geomagnetik periode Januari hingga Februari 2018 di Lebak, Banten dengan metode yang digunakan adalah *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA). Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini merupakan penelitian lanjutan berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan dengan metode *spectral density ratio*. Berdasarkan pengolahan data diperoleh nilai  $\alpha$  pada masing-masing komponen, untuk komponen H memperoleh nilai  $\alpha = 1.99$ , komponen D dan Z memperoleh nilai  $\alpha = 1.2$  hingga 1.6. Berdasarkan analisis dari ketiga komponen tersebut, menunjukkan terjadinya penurunan nilai  $\alpha$  yang disajikan oleh panel komponen D dan Z. Pada saat yang sama, hasil *spectral density ratio* mengalami kenaikan nilai rasio Z/D. Nilai dari indeks DST (*Disturbance Storm Time*) menunjukkan tidak terjadi aktivitas badai geomagnet global sebelum dan sesaat terjadinya gempa bumi M = 6,1. Dengan hasil yang diperoleh ini menunjukkan terdapat adanya kemunculan anomali sinyal geomagnetik *Ultra Low Frequency* (ULF) pada 7 dan 11 hari sebelum gempa bumi bermagnitudo 6,1.

**Kata Kunci:** *Detrended Fluctuation Analysis (DFA), gempa bumi, indeks DST, magnetik bumi, Ultra Low Frequency (ULF).*

### **Abstract.**

*Geographically, Java Island is dealing directly with the Eurasian and Indo-Australian plate collision zones which cause the area to be prone to earthquakes, one of which is the earthquake in Lebak, Banten with a magnitude of 6.1. So efforts are needed to minimize the risk of earthquakes, such as observing short-term predictions through the phenomenon of the earth's magnetic field. The purpose of this study is to analyze whether there is an anomaly of ultra low frequency (ULF) geomagnetic signals before an earthquake occurs. This research uses geomagnetic data from January to February 2018 in Lebak, Banten with the method used is detrended fluctuation analysis (DFA). Observations made in this study are advanced studies based on previous research conducted with the spectral density ratio method. Based on data processing, the value of  $\alpha$  is obtained for each component, for component H obtains the value  $\alpha = 1.99$ , components D and Z get the value  $\alpha = 1.2$  to 1.6. Based on the analysis of the three components, it shows a decrease in the value of  $\alpha$  presented by panel components D and Z. At the same time, the spectral density ratio results in an increase in the value of the Z / D ratio. The value of the DST (Disturbance Storm Time) index indicates that there was no global geomagnetic storm activity before and during the earthquake M = 6.1. The results obtained indicate that there is an anomaly of ultra low frequency (ULF) geomagnetic signal anomaly 7 and 11 days before the magnitude 6.1 earthquake.*

**Keywords:** *Detrended Fluctuation Analysis (DFA), DST index, earthquakes, earth magnetic, Ultra Low Frequency(ULF).*

**DOI :** [10.15408/fiziya.vi1.15091](https://doi.org/10.15408/fiziya.vi1.15091)

## PENDAHULUAN

Berdasarkan penelitian geologi kebencanaan, diperkirakan Provinsi Banten merupakan salah satu provinsi yang akan mengalami dampak kerusakan cukup besar apabila terjadi bencana alam terutama gempa bumi (Ganesha, 2011). Secara geografis Provinsi Banten terletak di bagian barat Pulau Jawa. Secara geologi dan seismologi, terdapat zona subduksi Sumatera dan Jawa yang mana zona tersebut merupakan sumber yang memiliki potensi gempa bumi aktif dan kontribusi seismik signifikan terhadap wilayah tersebut (Delfebriyadi, 2008). Salah satu gempa dengan intensitas kuat di Pulau Jawa adalah gempa Lebak, Banten yang terjadi pada 23 Januari 2018 tepat pada pukul 13:34:53 WIB. Hasil analisis Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) menunjukkan bahwa gempa bumi berkekuatan  $M = 6,1$  terjadi dengan koordinat episenter  $-7,13^{\circ}$  S dan  $106,04^{\circ}$  E pada kedalaman 46 km (BMKG, 2018). Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana, gempa ini menyebabkan kerusakan bangunan pada 3 provinsi (Jawa Barat, Banten, DKI Jakarta), 9 kabupaten/kota dan 73 kecamatan. Total keseluruhan terdapat 8.467 unit rumah rusak dengan rincian 1.071 rusak berat, 2.271 rusak sedang, dan 5.125 rusak ringan. Kerusakan rumah paling banyak terjadi di Kabupaten Lebak dan Kabupaten Sukabumi (BNPB, 2018).

Untuk mengurangi berbagai macam dampak tersebut maka solusinya yaitu memprediksi jangka pendek dengan pengamatan kemunculan tanda awal (prekursor) gempa bumi melalui berbagai parameter seperti parameter geofisika, geo-atmosferik, geokimia, geodesi dan beberapa integrasi parameter lainnya (Pakpahan et al., 2014). Salah satu parameter geofisika yaitu geomagnetik dengan sinyal ULF (*Ultra Low Frequency*). Penggunaan sinyal ULF (*Ultra Low Frequency*)  $< 1$  Hz dipercaya mampu memantau hingga kedalaman di mana aktivitas kerak bumi tersebut berlangsung sebagai prekursor gempa bumi. Hal ini dikarenakan ULF memiliki panjang gelombang yang lebih panjang sehingga mudah terdeteksi ke permukaan (Masruri et al., 2017). Penelitian prekursor gempa bumi dengan geomagnetik spektrum *Ultra Low Frequency* (ULF) menggunakan metode *detrended fluctuation analysis* (DFA), merupakan penelitian lanjutan berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Arianto Saipul Hak (2018) dengan metode *spectral density ratio*. Penelitian dengan metode DFA ini dapat mengkonfirmasi kebenaran dari hasil yang diperoleh oleh metode *spectral density ratio* yang berfokus pada ULF.

Dalam menentukan prekursor gempa bumi dengan metode DFA telah dilakukan oleh Febriani et al., (2014) pada gempa bumi Pulau Jawa tahun 2009 dengan  $M = 7.5$  yang berjarak 135 km dari stasiun Pelabuhan Ratu (PLR). Dimana hasil penelitian tersebut menunjukkan penurunan nilai  $\alpha$ . Pada saat yang sama, hasil *spectral density ratio* dengan rentang frekuensi  $0,01 \pm 0,003$  Hz mengalami peningkatan nilai rasio. Dengan adanya perubahan secara simultan ini maka dapat terkonfirmasi adanya anomali yang muncul beberapa minggu sebelum gempa  $M = 7.5$ . Berkaitan dengan penelitian tersebut, maka penelitian yang dilakukan terhadap geomagnetik sinyal ULF pada gempa bumi yang terjadi pada tanggal 23 Januari 2018 di Lebak, Banten dengan magnitudo 6,1 menggunakan metode DFA diharapkan menghasilkan informasi pendukung sebagai salah satu tanda awal terjadinya gempa bumi.

### Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi dari dalam bumi yang disebabkan oleh terlepasnya energi yang terkumpul secara tiba-tiba dalam batuan yang mengalami deformasi. Besarnya kekuatan gempa bumi beragam dimulai dari yang sangat kecil hingga sulit dirasakan sampai dengan yang dahsyat (Noor, 2006). Teori yang berkaitan dengan kejadian gempa bumi yaitu teori kekenyalan elastis (*Elastic Rebound Theory*). Teori ini menjelaskan ketika permukaan bidang sesar saling bergesekan satu sama lainnya, maka batuan akan mengalami proses deformasi (perubahan wujud) jika perubahan tersebut melampaui batas maksimum elastisitasnya atau regangannya maka batuan akan patah (*repture*) atau akan kembali ke bentuk asalnya (*rebound*). Pada patahan tersebut diikuti oleh pelepasan energi elastis secara tiba-tiba ini menghasilkan kejadian gempa bumi (Sapiie et al., 2006).

### *Prekursor Gempa Bumi Berdasarkan Geomagnetik*

Pemantau mengenai mekanisme kegempaan yang muncul sebelum gempa bumi terjadi (*precursor*) sangat diperlukan dalam langkah awal prediksi gempa bumi. Pemantauan gejala atau tanda awal kejadian gempa bumi antara lain dapat dilakukan dengan melihat perubahan medan magnet sebelum terjadinya gempa. Dalam memprediksi gempa bumi melalui metode geomagnetik di gunakan suatu alat yang disebut dengan sensor geomagnetik. Sensor ini merekam berbagai sinyal termasuk sinyal yang normal cenderung stabil maupun sinyal yang tidak normal terdapat adanya anomali. Anomali ini yang digunakan dalam memprediksi dan mengetahui fenomena yang terjadi di permukaan bumi maupun di dalam bumi seperti halnya gempa bumi.

Adanya anomali disebabkan oleh *stress* pada batuan yang terjadi secara terus menerus sehingga menyebabkan batuan tersebut patah. Patahan ini yang mengakibatkan material-material yang dimiliki batuan mengalami perubahan nilai kemagnetannya sehingga menimbulkan adanya anomali magnetik (Sari, 2019). Anomali pada emisi ULF merupakan dasar paling penting dalam menentukan prekursor jangka pendek sebelum terjadinya gempa, hal ini dikarenakan gelombang frekuensi sangat rendah dapat menjalar ke permukaan dengan mudah dan terekam magnetometer (Ida et al., 2008).

### *Detrended Fluctuation Analysis (DFA)*

DFA adalah metode untuk menentukan perilaku penskalaan data (Febriani et al., 2014). DFA berfungsi untuk menghindari kesalahan deteksi dari penskalaan dan korelasi yang dapat menjadi eror pada trend dan non stasioner (Peng et al., 1994). Metode ini menghasilkan komponen  $\alpha$  yang dapat mendeteksi adanya korelasi dalam variasi nilai data sebagai fungsi waktu,  $y(n)$  (Herdiwijaya & Indradjaja, 2002). DFA beroperasi pada deret waktu  $x(i)$ , di mana  $i = 1, 2, \dots, N$  dan  $N$  adalah panjang deret dan  $x_{ave}$  adalah waktu interevent rata-rata, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$y(k) = \sum_{i=1}^k [x(i) - x_{ave}] \quad (1)$$

Tahap selanjutnya menghitung fluktuasi akar kuadrat terkecil melalui rumus sebagai berikut:

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^n [y(k) - y_n(k)]^2} \quad (2)$$

dimana  $y(k)$  adalah variasi nilai data sebagai fungsi waktu dan  $y_n(k)$  adalah linier local trend dalam tiap kotak pengamatan.

Perhitungan ini memberikan hubungan antara  $F(n)$  dan jumlah data pengamatan  $n$ . Jika  $F(n)$  berperilaku sebagai fungsi  $n$ , maka penskalaannya menjadi:

$$F(n) \propto n^\alpha \quad (3)$$

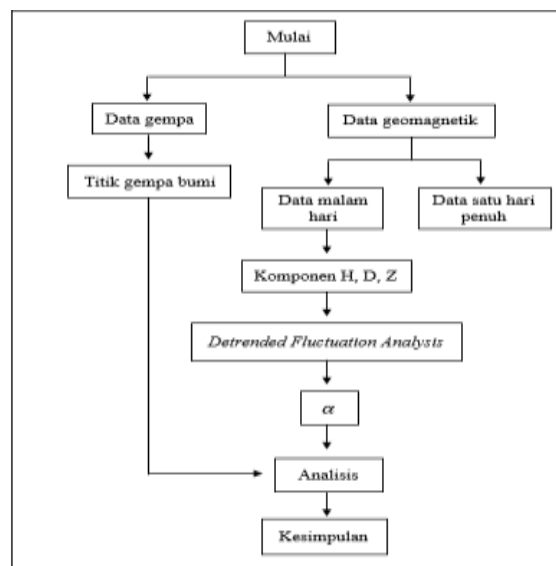
Fluktuasi dapat dijelaskan berdasarkan eksponen penskalaan ( $\alpha$ ), yang dapat mewakili kemiringan garis yang sesuai terkait  $\log F(n)$  ke  $\log n$ . Dengan  $\alpha$  memberikan informasi tentang jenis korelasi, dimana. Jika  $\alpha < 0,5$ , maka data bersifat anti persistent atau acak. Sedangkan jika  $\alpha > 0,5$  menyatakan data bersifat persistent atau tidak acak dan jika  $\alpha > 1$  menyatakan data bersifat stasioner atau nilai data invarian dalam rentang waktu tertentu (Herdiwijaya & Indradjaja, 2002). Jika  $\alpha = 1$  menunjukkan dinamika *noise flicker* dan  $\alpha = 1,5$  mencirikan proses Brownian seperti dinamika (Febriani et al., 2014).

### Indeks DST (*Disturbance Strom Time*)

Salah satu indeks yang dapat mengukur variasi magnetik khususnya kekuatan badai magnetik bumi yaitu *disturbance storm time index* (indeks Dst) (Ahmad & Herdiwijaya, 2014). Aktivitas badai geomagnetik terbagi menjadi 3 bagian yaitu jika indeks Dst mencapai -50 nT dan 50 nT peristiwa tersebut dianggap sebagai badai geomagnetik, jika melewati -100 nT dan 100 nT peristiwa tersebut dianggap sebagai badai yang intens dan jika melebihi dari -300 nT dan 300nT terjadi badai geomagnetik yang besar (Cerrato et al., 2004).

## METODE

Tempat Penelitian dilakukan di Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan, Banten. Sedangkan waktu pelaksanaan berlangsung sejak 21 April 2019 sampai 10 Oktober 2019, meliputi pengumpulan data, pengolahan dan interpretasi data yang diperoleh. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang bersumber dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) berupa data gempa bumi dan geomagnetik daerah Lebak, Banten pada Januari sampai dengan Februari 2018.



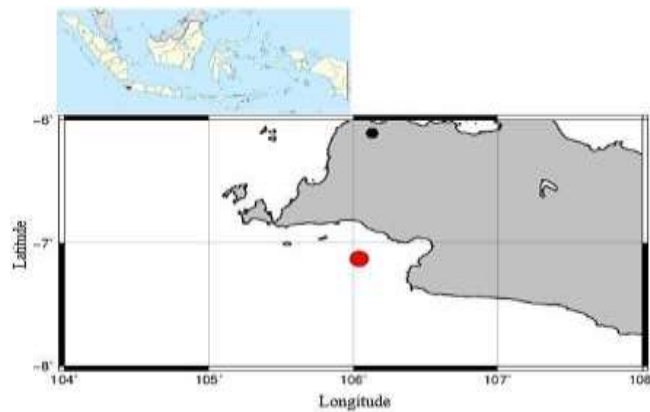
**Gambar 1.** Bagan Tahapan Penelitian

Berdasarkan gambar 1, dalam proses pengolahan digunakan *Software GMT Hawaii* dan *Software Octave*. *Software GMT Hawaii* digunakan untuk proses plotting titik gempa bumi dan letak stasiun BMKG Banten. *Software Octave* digunakan untuk proses DFA yang mana data time series dikelompokkan ke dalam beberapa selang interval (kotak pengamatan) yang mana di setiap kotak pengamatan dicari nilai *linear local trend*,  $y_n(k)$ . Selanjutnya nilai  $y(k)$  diperoleh dari persamaan (1) selanjutnya nilai fluktuasi rata-rata dari data time series didapat dengan menggunakan persamaan (2). Perhitungan pada persamaan (2) akan diulangi sebanyak jumlah data dalam fungsi waktu, ini berguna untuk memperlihatkan adanya hubungan antara fluktuasi rata-rata  $F(n)$  dan jumlah data pengamatan ( $n$ ).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

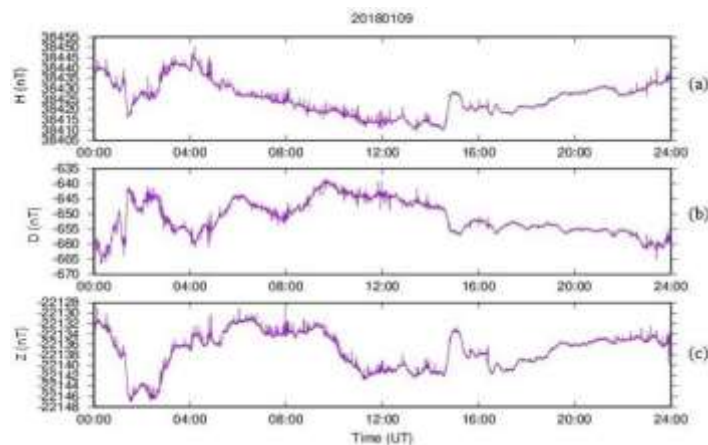
Hasil yang didapatkan dari tahapan *plotting* titik gempa bumi yaitu berupa peta dapat dilihat pada gambar 2 dengan indikator sumbu x yang menunjukkan *longitude* daerah penelitian dan

sumbu y yang menunjukkan latitude daerah penelitian. Selain itu peta tersebut dilengkapi dengan indikator berbentuk lingkaran yang berwarna merah menunjukkan titik pusat gempa bumi di Lebak, Banten dengan magnitudo 6,1 dan kedalaman 46 km yang berjarak 113,9 km dari stasiun Banten, terjadi pada 23 Januari 2018 tepat pukul 13:34:53 WIB terletak di  $-7,13^{\circ}$  S dan  $106,04^{\circ}$  E dan untuk indikator berbentuk segilima berwarna hitam menunjukkan titik letak stasiun BMKG Banten di  $-6,11^{\circ}$  S dan  $106,13^{\circ}$  E.



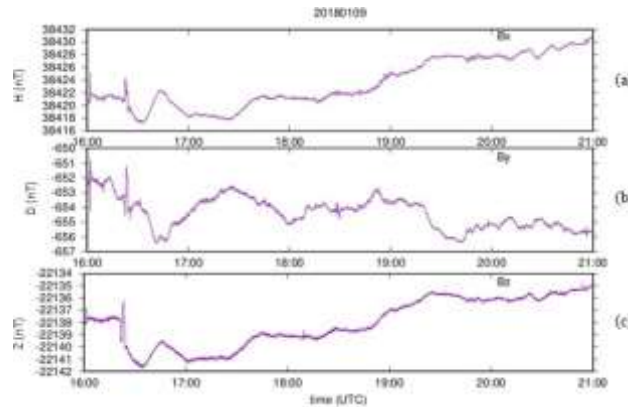
**Gambar 2.** Titik Pusat Gempa Bumi M 6,1 dan Stasiun BMKG Banten

Hasil dari tahapan pengolahan data geomagnetik satu hari penuh berupa gambar yang terdiri dari 3 panel dengan indikator grafik berwarna ungu menunjukkan variasi geomagnetik harian, sumbu y terdiri dari komponen H, D dan Z yang menunjukkan medan magnetik dan sumbu x pada masing-masing panel yang menunjukkan waktu dalam satu hari penuh melingkupi pukul 00:00 – 24:00 dengan format UT (*Universal Time*) yang apabila dirubah ke dalam zona waktu Indonesia melalui format UT+07:00 untuk Waktu Indonesia Barat (WIB), UT+08:00 untuk Waktu Indonesia Tengah (WITA) dan UT+09:00 untuk Waktu Indonesia Timur (WIT) maka menjadi pukul 07:00 – 07:00 WIB, 08:00 – 08:00 WITA dan 09:00 – 09:00 WIT dapat diwakili oleh gambar 3.



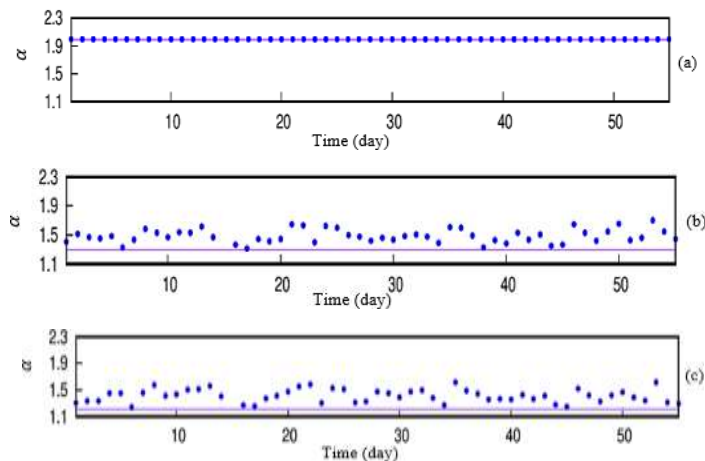
**Gambar 3.** Variasi Geomagnetik Harian pada 09 Januari 2018, (a) Medan Magnet Komponen H, (b) Medan Magnet Komponen D, (c) Medan Magnet Komponen Z.

Berdasarkan hasil pengolahan data geomagnetik satu hari penuh pada 09 Januari 2018, terlihat banyaknya gangguan (*noise*) pada waktu siang hari dengan dicirikan terdapat lonjakan-lonjakan (*spike*) sehingga dapat memberikan hasil yang kurang optimal. Untuk meminimalisir banyaknya *noise* yang terdapat pada waktu siang hari, maka dilakukanlah pengolahan data geomagnetik malam hari dapat diwakili oleh gambar 4.



**Gambar 4.** Variasi Geomagnetik Malam Hari pada 09 Januari 2018, (a) Medan Magnet Komponen H, (b) Medan Magnet Komponen D, (c) Medan Magnet Komponen Z

Tahapan terakhir dari penelitian ini adalah pengolahan data malam hari dengan menerapkan metode *detrended fluctuation analysis* (DFA), sehingga menghasilkan gambar yang terdiri dari tiga panel dengan indikator titik berwarna biru menunjukkan variasi nilai  $\alpha$  terhadap waktu, garis horizontal berwarna ungu menunjukkan *mean*  $-3\sigma$  untuk batas minimum anomali pada nilai  $\alpha$ , sumbu x pada masing-masing panel yang menunjukkan waktu selama bulan Januari-Februari 2018 dan sumbu y pada masing-masing panel yang menunjukkan nilai  $\alpha$  dapat dilihat pada gambar 5.



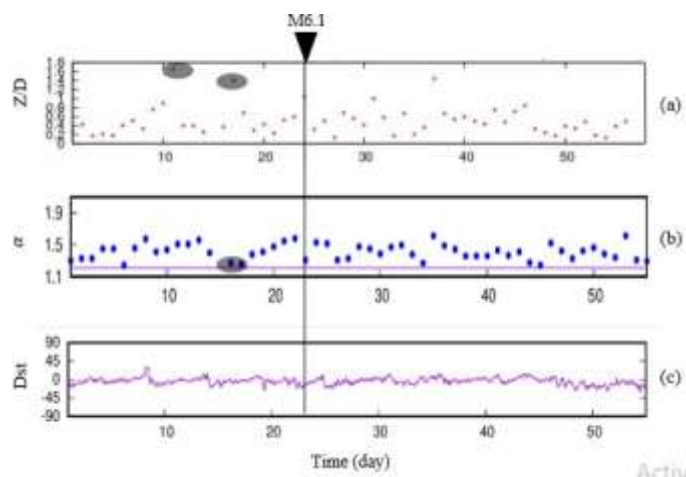
**Gambar 5.** (a) Hasil DFA ( $\alpha$ ) Komponen H, (b) Hasil DFA ( $\alpha$ ) Komponen D, (c) Hasil DFA ( $\alpha$ ) Komponen Z

Gambar 5 memperlihatkan nilai  $\alpha$  komponen H tampak bahwa sinyal terhadap waktu berada dalam rentang  $\alpha = 1.99$ , sedangkan untuk komponen D dan Z berada dalam rentang  $\alpha = 1.2$  sampai dengan 1.6. Berdasarkan rentang nilai  $\alpha$  dari ketiga komponen tersebut bersifat stasioner atau nilai data *invariant* dalam rentang waktu tertentu ( $\alpha > 1$ ) dan termasuk data yang memperlihatkan adanya korelasi positif dalam sinyal data (*persistent*) ( $\alpha > 0,5$ ). Data yang tidak acak (*persistent*) memiliki kemungkinan untuk dapat di prediksi (Herdiwijaya & Indradjaja, 2002). Adanya perbedaan nilai  $\alpha$  dari masing-masing komponen pada data geomagnetik dikarenakan masing- masing komponen memiliki nilai rata-rata  $\alpha$  yang berbeda.

Penelitian dengan metode DFA ini dapat mengkonfirmasi kebenaran dari hasil yang diperoleh oleh metode *spectral density ratio* yang berfokus pada ULF. *Spectral density ratio* adalah analisa polarisasi rasio yang dilakukan pada spektrum *Ultra Low Frequency* (ULF) yang berguna untuk mengetahui anomali geomagnetik. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang

meyakinkan, maka hasil DFA ( $\alpha$ ) disandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya dengan metode *spectral density ratio* Z/D pada frekuensi 0,02 Hz (Hak, 2018).

Pada hasil *spectral density ratio* Z/D mengalami peningkatan yang terjadi pada tanggal 11 dan 16 Januari 2018. Pada saat yang sama hasil DFA ( $\alpha$ ) komponen vertikal (Z) mengalami penurunan nilai  $\alpha$  pada tanggal 16 dan 17 Januari 2018 yang dapat dilihat pada panel (b) dari Gambar 7. Pada nilai indeks DST menunjukkan bahwa gempa bumi di Lebak, Banten 2018 (M= 6,1) sebelum (*pre-seismic*) dan sesaat (*co-seismic*) kejadian, terjadi pada saat hari tenang (*quiet day*) yang mana nilainya tidak melebihi 45 nT dan tidak berada di bawah -45 nT. Dengan demikian, sinyal emisi ULF dapat dianalisis dengan baik karena tidak terjadi aktivitas badai geomagnet global dapat dilihat pada panel (c) dari gambar 6.



**Gambar 6.** Panel (a) Menunjukkan Hasil *Spectral Density Ratio* Z/D pada Frekuensi 0,02 Hz (Hak, A. S., 2018), Panel (b) Menunjukkan Hasil DFA ( $\alpha$ ) Komponen Vertikal (Z), Panel (c) Menunjukkan Indeks DST.

Dengan penurunan nilai  $\alpha$  pada DFA ini dapat mengkonfirmasi kebenaran adanya kemunculan anomali pada tanggal 11 dan 16 Januari 2018 yang diperoleh oleh metode *spectral density ratio* Z/D yang teridentifikasi pada 7 hari dan 11 hari sebelum gempa bumi dapat terlihat pada indikator lingkaran berwarna abu-abu. Setelah terjadinya gempa bumi M=6,1, tidak ada peningkatan yang jelas dari *spectral density ratio* Z/D dengan penurunan simultan dari nilai  $\alpha$ . Penggunaan secara bersamaan antara *spectral density ratio* dan DFA sangat efektif untuk mendeteksi adanya kemunculan anomali geomagnetik ULF terkait gempa bumi.

## PENUTUP

Berdasarkan hasil pengolahan data geomagnetik bumi dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa sebelum terjadinya gempa bumi di Lebak, Banten pada tanggal 23 Januari 2018 yang bermagnitudo 6,1 didahului oleh anomali sinyal geomagnetik *ultra low frequency* (ULF), ini ditunjukkan adanya kenaikan hasil *spectral density ratio* Z/D dengan frekuensi 0,02 Hz yang tervalidasi oleh hasil dari metode DFA yang mengalami penurunan nilai  $\alpha$  pada panel komponen D dan Z. Kemunculan anomali ini sekitar 7 hingga 11 hari sebelum kejadian gempa bumi bermagnitudo 6,1.

## REFERENSI

- [1] Ahmad, N., & Herdiwijaya, D. (2014). *Analisis korelasi kasus anomali satelit melalui variasi magnetik bumi (Correlation analysis of anomaly cases through geomagnetic variation)*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (Lapan).



- [2] Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika. (2018). *Press Release*. NO: UM.505/IST23-13/KPG/I/2018.
- [3] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2018). *INFO BENCANA Edisi Januari 2018*. Jakarta: Graha BNPB.
- [4] Cerrato, Y., Saiz, E., Cid, C., & Hidalgo, M. A. (2004). *Geomagnetic Storms: Their sources and a model to forecast the Dst Index*. Lecture Notes and Essays in Astrophysics, 1.
- [5] Delfebriyadi. (2008). *Studi Hazard Kegempaan Wilayah Propinsi Banten Dan Dki Jakarta*. Padang: Universitas Andalas.
- [6] Febriani, F., Han, P., Yoshino, C., Hattori, K., Nudiyanto, B., Effendi, N., Maulana, I., Suhardjono, & Gaffar, E. (2014). *Ultra Low Frequency (ULF) Electromagnetic Anomalies Associated with Large Earthquakes in Java Island, Indonesia by Using Wavelet Transform and Detrended Fluctuation Analysis*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 14, 789-798. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-789-2014>.
- [7] Ganesha, D. (2011). *Wilayah Kerentanan Terhadap Gempa Bumi Di Kabupaten Pandeglang Bagian Barat (Studi Kasus Sebagian Kecamatan Cigeulis, Cimanggu Dan Sumur)*. Depok: Universitas Indonesia.
- [8] Hak, A. S. (2018). *Anomali Data Elektromagnetik Pada Frekuensi Sangat Rendah (Ultra Low Frequency) Yang Berkaitan Dengan Gempa M = 6,1 Di Daerah Lebak, Banten*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Jakarta.
- [9] Herdiwijaya, D., & Indradjaja, B. (2002). *Fraktal Variabilitas dalam Siklus Bintik Matahari*.
- [10] Kontribusi Fisika Indonesia, 13.
- [11] Ida, Y., Yang, D., LI, Q., Sun, H., & Hayakawa, M. (2008). *Detection of ULF electromagnetic emissions as a precursor to an earthquake in China with an improved polarization analysis*. Natural Hazards and Earth System Sciences.
- [12] Masruri, M. F. I., Nanda, B. M. T. F., & Syirojudin, M. (2017). *Analisis Preseismic Event Menggunakan Data Geomagnetik Studi Kasus: Gempa Bumi Selat Sunda 28 Juni 2016 M 5.0*. Semarang: Universitas Negeri Semarang. Jurnal Fisika, 7.
- [13] Pakpahan, S., Nurdianto, B., & Ngadmanto, D. (2014). *Analisis Parametergeo-Atmosferik dan Geokimia Sebagai Prekursor Gempabumi di Pelabuhan Ratu, Sukabumi*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika, 15.
- [14] Peng, C. K., Buldyrev, S. V., Havlin, S., Simons, M., Stanley, H. E., & Goldberger, A. L. (1994). *Mosaic organization of DNA nucleotides*. Phys. Rev. E, 49.
- [15] Sapiie, B., Magetsari, N. A., Harsolumakso, A. H., & Abdullah, C. I. (2006). *Geologi Fisik*.
- [16] Bandung: *Institut Teknologi Bandung (ITB)*.
- [17] Sari, R. A. (2019). *Penentuan Persamaan Empiris Untuk Memprediksi Magnitudo Gempabumi Menggunakan Parameter Prekursor Gempabumi Dari Anomali Magnetik Lombok Nusa Tenggara Barat*. Lampung: Fakultas Teknik Universitas Lampung.

