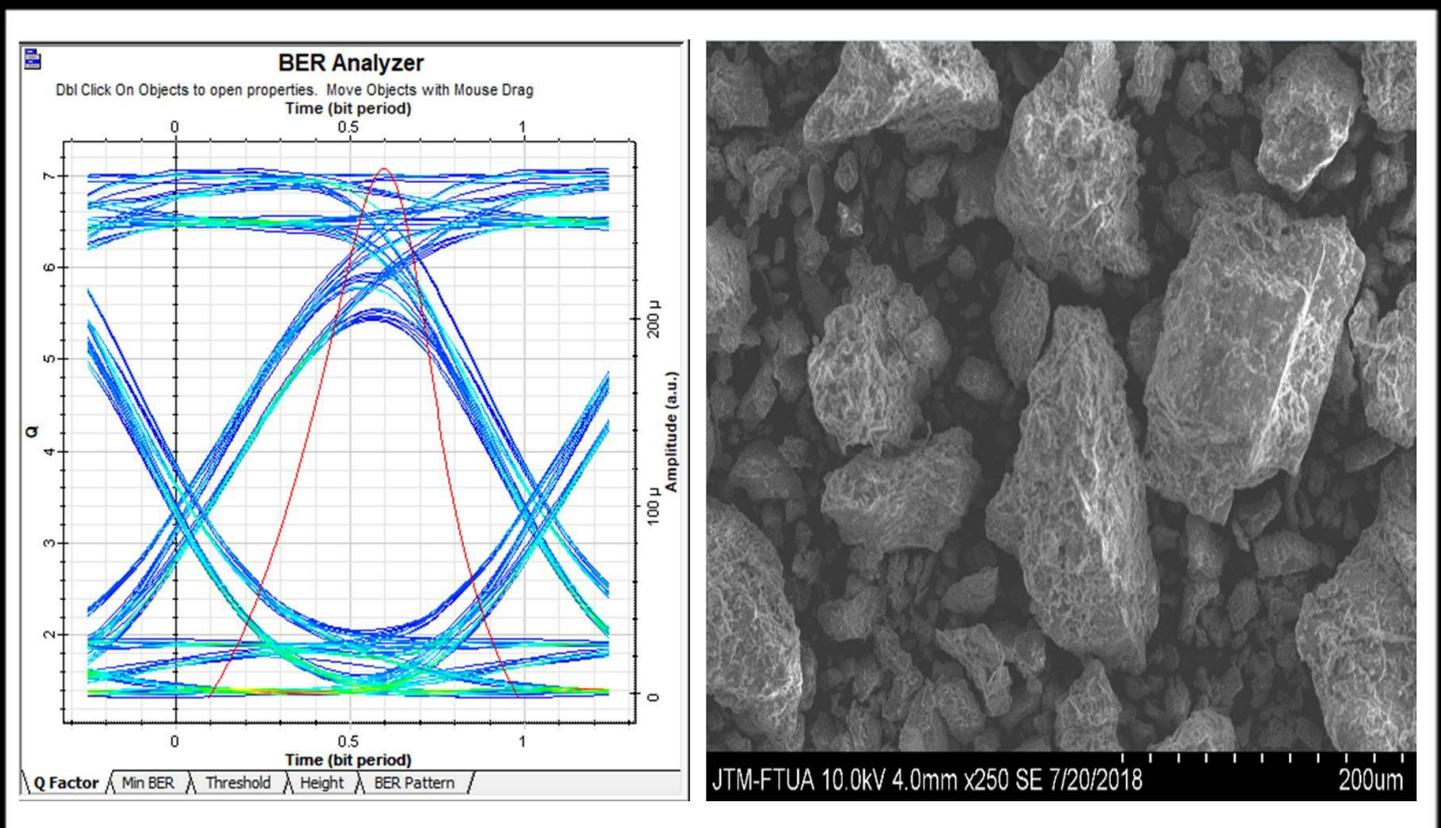


# Komunikasi Fisika Indonesia



## SUSUNAN DEWAN REDAKSI JURNAL KFI

**Penanggungjawab** : Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

**Pimpinan Redaksi** : Drs. Usman Malik, M.Si

**Redaksi Pelaksana** :

1. Dr Muhammad Hamdi, Universitas Riau
2. Dr Erman Taer, Universitas Riau, Indonesia
3. Dr Ari Sulistyono Rini, Universitas Riau
4. Dr Dedi Irawan, UIN Suska Riau, Indonesia
5. Dr Okfalisa Okfalisa, UIN Suska Riau, Indonesia

**Editor:**

1. Dr Rahmi Dewi, M.Si, Universitas Riau
2. Romi Fadli Syahputra, S.Si, Universitas Riau, Indonesia

**Dewan Reviewer** :

Penanggung Jawab: Drs. Usman Malik, M.Si

Ketua : Prof. Saktioto, M.Phil (Fisika FMIPA Univ. Riau)

- Anggota :
1. Prof. Erwin, M.Sc (Fisika FMIPA Univ. Riau)
  2. Prof. Warsito, DEA (Fisika FMIPA Univ. Lampung)
  3. Prof. Jalil Ali (Fizik, UTM Malaysia)
  4. Prof. Timbangan Sembiring (Fisika FMIPA USU Medan)
  5. Dr. Zul Bachrum, M.Sc (Fisika FMIPA Univ. Bengkulu)

**Alamat Redaksi:**

Jurusan FMIPA Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru  
Telp (0761)63273 | Fax: 0761-63273  
E-mail : komunikasi.fisika.indonesia@gmail.com  
Online system : <https://ejournal.unri.ac.id/index.php/JKFI/>

Panduan dan Template penulisan dapat diunduh di :  
<https://ejournal.unri.ac.id/index.php/JKFI/about/submissions#authorGuidelines>

## DAFTAR ISI

SUSUNAN DEWAN REDAKSI	i
DAFTAR ISI	ii
ANALISIS KOMPENSASI DISPERSI MENGGUNAKAN PENGUAT RAMAN PADA JARINGAN WDM ( <i>WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING</i> ) DALAM KOMUNIKASI SERAT OPTIK <i>Roby Ikhsan, Romi Fadli Syahputra, Saktioto</i>	1248-1252
ANALISIS NILAI <i>PERCENTAGE DEPTH DOSE (PDD)</i> TERHADAP VARIASI KEDALAMAN TARGET DAN LUAS LAPANGAN PENYINARAN MENGGUNAKAN PESAWAT LINAC-CX <i>Dian Milvita, Alimin Mahyudin, Vinny Alvionita</i>	1253-ii257
FASIES KUARTER VULKANIK DAERAH PAGAR JATI DAN SEKITARNYA, KAB.BENGKULU TENGAH, BENGKULU <i>Aditya N.P.H, Oke Aflatun, Idarwati</i>	1258-1265
PENGARUH WAKTU PERENDAMAN TiO <sub>2</sub> DALAM LARUTAN EKSTRAK ANTOSIANIN BUNGA ROSELLA PADA KINERJA <i>DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)</i> <i>Rafika Andari, Dona Abrini</i>	1266-ii271
ANALISIS SUSEPTIBILITAS MAGNETIK TANAH LAPISAN ATAS SEBAGAI INDIKATOR BENCANA LONGSOR DI BUKIT SULA KECAMATAN TALAWI KOTA SAWAHLUNTO <i>Arif Budiman, Dwi Puryanti, Febri Naldi</i>	1272-1278
PREPARASI PARTIKEL MAGNETIK DARI PASIR BESI PANTAI BATANG KAPAS SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN METODE BALL MILLING <i>Tahayati Ichsan, Salomo, Erwin, Usman Malik</i>	1279-1284
PENGARUH TEMPERATUR AKTIVASI FISIKA TERHADAP KINERJA SUPERKAKASITOR BERBASIS ELEKTRODA KARBON DARI AMPAS SAGU <i>Erman Taer, Zikri Al Rifani, Rika Taslim</i>	1285-1289
MORFOLOGI DAN EFISIENSI SEL SURYA FOTOELEKTROKIMIA BERBASIS NANO-STRUKTUR ZnO DILAPISI TEMBAGA <i>Iwantono, Sella Natalia, Rinaldo Abdi, Awitdru, Zulkarnain</i>	1290-1293
INTERPRETASI AKUSTIK IMPEDANSI (AI) MENGGUNAKAN DATA SEISMIK DAN DATA SUMUR UNTUK MENENTUKAN ZONA PROSPEK HIDROKARBON <i>Hanum Eko Hapsari, Intan Lestari, Samsidar</i>	1294-1297
PENENTUAN STRUKTUR TANAH SEBAGAI DASAR UJI KELAYAKAN KEKUATAN BANGUNAN PERUMAHAN DI MUARO JAMBI MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI DIPOLE-DIPOLE <i>M. Ikhsan, Faizar Farid, Samsidar, Linda Handayani</i>	1298-1304
SINTESIS BAHAN PIEZOELEKTRIK xBZT-BCT MENGGUNAKAN METODE <i>MOLTEN SALT</i> DAN KARAKTERISASINYA <i>Helga Dwi Fahyuan, Oky Lidya Kumala, Nasri Mz</i>	1305-1309
PENGUKURAN KUAT ARUS PADA KAWAT DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR MEDAN MAGNET <i>Rahmondia Nanda S Usman Malik, Lazuard</i>	1310-1313
STRATEGI PENANGGULANGAN KEBAKARAN PADA LAHAN GAMBUT DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN EKO-TEKNOLOGI PADA MASYARAKAT PETANI DI DESA RIMBO PANJANG KECAMATAN TAMBANG KABUPATEN KAMPAR PROVINSI RIAU <i>Saktioto, Defrianto, Riad Syech, Syahril, Joko Risanto</i>	1314-1317
ANALISA PENGARUH FILTER WARNA DAN DAYA LAMPU FLUORESCENT TERHADAP KELAJUAN NYAMUK <i>Gita Rahayu, Saktioto</i>	1318-1327
RANCANG BANGUN ALAT PENERING SISTEM ISOLATOR BERLAPIS PAPAN BATU KERIKIL SEBAGAI PENYIMPAN PANAS <i>Juandi M, Usman Malik, Ismawan</i>	1328-1333

# ANALISIS KOMPENSASI DISPERSI MENGGUNAKAN PENGUAT RAMAN PADA JARINGAN WDM (*WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING*) DALAM KOMUNIKASI SERAT OPTIK

Roby Ikhsan<sup>1</sup>, Romi Fadli Syahputra<sup>1</sup>, Saktioto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [saktioto@ieee.org](mailto:saktioto@ieee.org)

## ABSTRACT

*The discovery of optical fiber cause widespread revolution of communication system. Optical fiber communication has excellency on data transmission speed, security, flexibility, and broadly bandwidth. The applying of WDM network can broaden the bandwidth so that the transmission performance becomes more splendid. Although some factors such as dispersion, attenuation, and scattering can hinder the performance of fiber optic on sending data. Moreover dispersion can wreck data and spread pulse as it travels alongs fiber so that causing interference. There is some methods of dispersion compensation. In this paper, Fiber Raman Amplifier is used on WDM network to strengthen signal which is sent to detector. This research utilize simulation approachment with various bandwidth and length fiber. The results show lowest BER value and highest Q-factor at bandwidth frequency of 30 GHz and fiber length of 20 km.*

**Keywords:** WDM, Fiber Raman Amplifier, Dispersion Compensation, Optical Fiber Communication

## ABSTRAK

*Penemuan serat optik menyebabkan terjadinya revolusi besar dalam sistem komunikasi. Komunikasi serat optik memiliki keunggulan dalam kecepatan transmisi data, keamanan, fleksibilitas, dan penyediaan bandwidth yang lebih lebar. Penggunaan jaringan WDM dapat memperbesar nilai bandwidth sehingga kinerja transmisi menjadi lebih baik. Namun, beberapa faktor seperti dispersi, atenuasi, dan hamburan dapat menghambat kinerja serat optik dalam mengirimkan data. Terlebih lagi, dispersi dapat merusak data dan menyebarkan pulsa saat melintasi serat sehingga terjadi interferensi. Telah banyak ditemukan metode sebagai kompensasi dispersi. Dalam makalah ini akan dibahas tentang jaringan WDM yang menerapkan Penguat Raman untuk memperkuat sinyal yang dikirim ke detektor. Penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi dengan memvariasikan frekuensi bandwidth dan panjang serat optik. Hasil simulasi menunjukkan nilai BER terendah dan Q-factor tertinggi tercipta pada frekuensi bandwidth 30 GHz dan panjang serat 20 km.*

**Kata kunci:** WDM, Penguat Raman, Kompensasi Dispersi, Komunikasi Serat Optik

## PENDAHULUAN

Komunikasi merupakan suatu proses penyampaian informasi dari satu pihak ke pihak lain melalui suatu media. Pemakaian kawat tembaga sebagai media transmisi dalam sistem komunikasi tidak lagi memungkinkan untuk digunakan dalam transmisi data jarak jauh dengan kapasitas besar dan kecepatan yang tinggi. Dengan kendala inilah pemakaian kawat tembaga sebagai media transmisi

digantikan oleh serat optik dengan kemampuan yang lebih tinggi [1].

Pada saat sekarang ini dibutuhkan pengembangan sistem komunikasi yang besar dengan laju perkembangan sistem telekomunikasi yang tinggi. Hal ini menyebabkan naiknya penggunaan Wavelength Division Multiplexing (WDM) dalam pengembangan jaringan optik. Sistem WDM mampu mentransmisikan data melalui

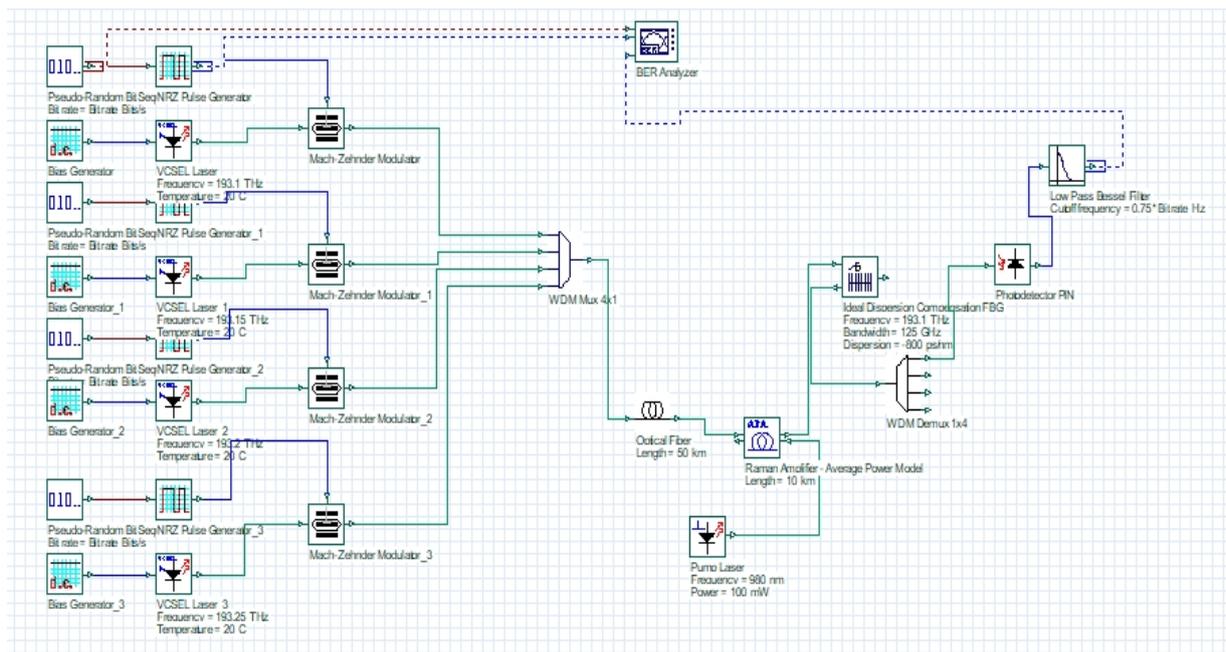
suatu serat optik dan mengirim beberapa sinyal dengan panjang gelombang yang berbeda. *Channel* informasi yang berbeda dapat ditambahkan ke lokasi yang berbeda dengan menggunakan *multiplexer*. Penambahan ini dapat menambah fleksibilitas sistem WDM [2-4]. Pengiriman sejumlah sinyal dibutuhkan bandwidth yang lebar dalam komunikasi optik. Hadirnya sistem WDM dapat memenuhi kebutuhan ini. Walaupun komunikasi ini tetap mengalami beberapa hambatan seperti dispersi. Dispersi merupakan suatu distorsi pada berkas cahaya yang melintas di dalam inti serat optik yang disebabkan oleh adanya mode (modus) dan panjang gelombang ataupun kecepatan yang berbeda. Dispersi menyebabkan terjadinya *loss* pada saat pengiriman data.

Terdapat beberapa teknik yang sudah dikembangkan sebagai kompensasi dispersi seperti penggunaan FBG [5-9]; Chirp Grating [10]; dan orthogonal frequency division multiplexing [11]. Teknik lain yang digunakan adalah penggunaan penguat optik. Penguat semikonduktor (SOA) dapat digunakan untuk memperkuat jaringan dengan lebar bandwidth di atas 20 GHz [12]. Dalam makalah ini akan dilakukan kompensasi dispersi dengan menggunakan penguat Raman (FRA).

## METODE PENELITIAN

Sistem dioperasikan secara komunikasi optik yang terdiri dari sebuah transmitter, medium transmisi, dan detektor. Sistem mentransmisikan informasi dari transmitter menuju detektor melalui serat optik. Simulasi ini menggunakan empat buah rangkaian transmitter yang memiliki spesifikasi *spacing channel* yang sama sebesar 50 GHz. Sinyal input berbentuk data elektrik dalam bentuk data bit 0 dan 1 yang dibangkitkan oleh *non-return-to-zero* (NRZ) *pseudo random binary sequence*. Sinyal input ini dimodulasi dengan laser *Vertical Cavity Emitting Laser* (VCEL) oleh *Mach-Zehnder Modulator* (MZM). Input sinyal VCEL memiliki frekuensi sebesar 193,1; 193,15; 193,2; dan 193,25 THz dan temperatur 20°C. MZM memodulasi sinyal listrik dan sinyal cahaya, kemudian menghasilkan sinyal keluaran optik yang dikirimkan ke multiplexer 4x1.

Serat optik yang digunakan adalah *Single Mode Fiber* (SMF) karena dapat menghasilkan laju data lebih cepat, dispersi lebih sedikit, dan juga bisa beroperasi untuk jarak yang jauh sehingga cocok digunakan sebagai saluran transmisi. Dalam desain jaringan transmisi ini, SMF dioperasikan dengan dispersi 16,75



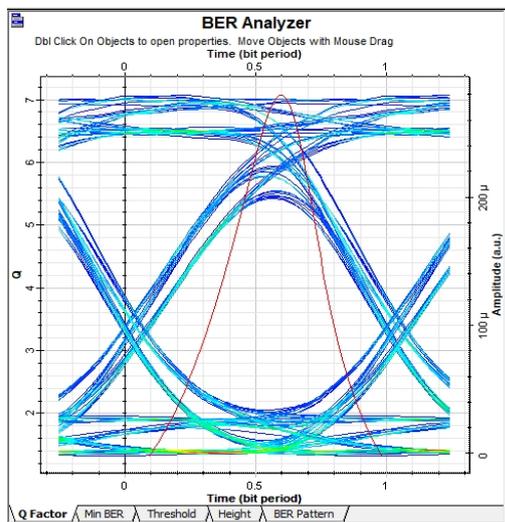
Gambar 1. Model simulasi sistem WDM dengan Penguat Raman

ps/nm.km dan atenuasi 0,3 dB/km. Dalam simulasi dengan variasi frekuensi bandwidth digunakan serat sepanjang 50 km.

Simulasi menggunakan *Fiber Bragg Grating* (FBG) sebagai kompensasi dispersi dan penguat optik sebagai kompensasi rugi linier serat (atenuasi) yang dapat dilihat pada Gambar 1. Rangkaian didesain untuk panjang serat 50 km dan digandengkan dengan Penguat Raman (frekuensi 980 nm dan daya 100 mW), atenuasi serat 0,3 dB/km, dan frekuensi keempat *channel* yaitu 193.1 THz, 193.15 THz, 193.2 THz and 193.25 THz.

Pada bagian detektor, fotodetektor PIN dihubungkan ke keluaran untuk mendeteksi sinyal optik. Sinyal optik diubah kembali menjadi sinyal elektrik dan dikirimkan ke low pass Bessel filter yang hanya meloloskan sinyal berfrekuensi rendah dan menahan sinyal berfrekuensi tinggi. BER analyzer digunakan untuk mengukur laju bit yang *error* dan *Q-factor* dari desain sistem.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

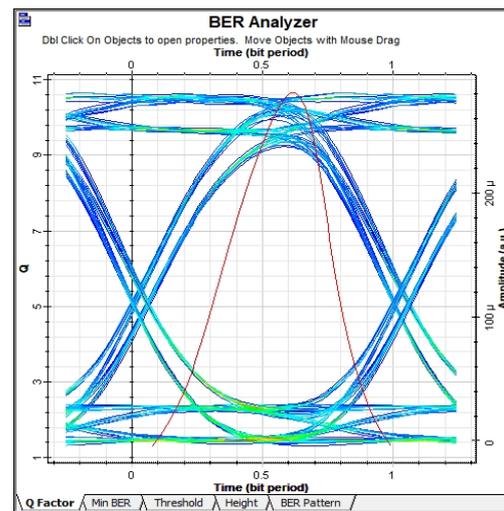


**Gambar 2.** Diagram mata pada bandwidth 10 GHz

Simulasi pertama dilakukan dengan panjang serat optik dijaga konstan sepanjang 50 km dan bandwidth sebesar 10 GHz. Pada lebar bandwidth ini didapatkan nilai Q-factor sebesar 7,07. Nilai ini sudah memenuhi standar International [13] yaitu minimal bernilai 6 untuk sebagai acuan dapat tidaknya

suatu rangkaian optik digunakan. Diagram mata (*eye diagram*) pada kondisi ini ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil ini lebih baik jika dibandingkan dengan sistem WDM penguat SOA [12] dimana pada lebar bandwidth yang sama Q-factor hanya bernilai 4,18. Diagram mata pada sistem Raman juga lebih halus dan tidak banyak terjadi pelebaran sinyal.

Jika bandwidth dinaikkan hingga angka 20 GHz, Q-factor mengalami peningkatan dan terjadi penurunan nilai BER. Pada lebar bandwidth ini didapatkan nilai Q-factor sebesar 10,65 dan nilai BER 8,60E-27. Diagram matanya (Gambar 3) lebih halus dan lebih sedikit sinyal yang melebar jika dibandingkan dengan bandwidth 10 GHz. Untuk lebar bandwidth di atas 20 GHz hingga 50 GHz, nilai Q-factor mulai stabil.



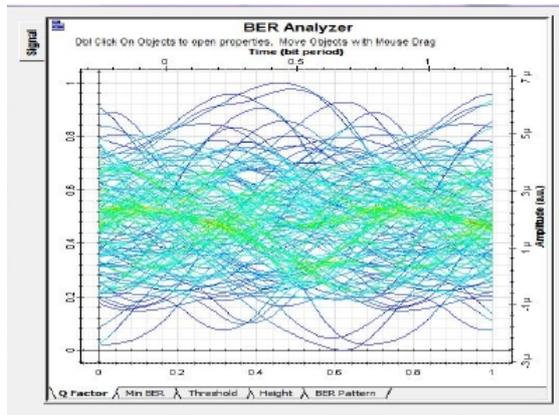
**Gambar 3.** Diagram mata pada Bandwidth 20 GHz

Nilai Q-factor dan BER untuk variasi lebar bandwidth dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

**Tabel 1.** Nilai Q-factor dan BER terhadap variasi bandwidth

No	Bandwidth (GHz)	Q-factor	BER
1.	10	7,07	7,26E-13
2.	20	10,65	8,60E-27
3.	30	11,16	3,16E-29
4.	40	11,05	1,04E-28
5.	50	10,81	1,54E-27

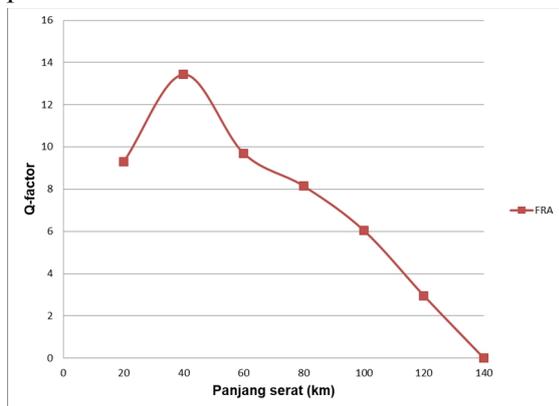
Gambar diagram mata untuk rangkaian tanpa penguat Raman dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini:



**Gambar 4.** Diagram mata untuk sistem WDM tanpa penguat Raman

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa diagram mata pada sistem tanpa penguat Raman berbentuk acak dan tidak teratur. Hal ini menandakan sinyal tidak dapat sampai ke detektor. Dengan adanya penguat Raman, bentuk diagram mata menjadi teratur dan menjadi lebih halus sehingga hal ini membuktikan bahwa penguat Raman dapat dijadikan sebagai kompensasi dispersi.

Simulasi kedua dilakukan dengan lebar bandwidth dijaga konstan sebesar 50 GHz dan diawali dengan panjang serat optik 20 km. Pada panjang serat ini didapatkan nilai Q-factor sebesar 9,29. Nilai Q-factor dan BER untuk setiap panjang serat optik dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



**Gambar 5.** Grafik Q-factor terhadap panjang serat optik

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai Q-factor maksimum berada pada panjang

serat 40 km. Nilai Q-factor mengalami penurunan untuk panjang serat di atas 40 km. Hal ini menunjukkan terjadinya dispersi pada sinyal yang merambat di dalam serat optik. Sistem masih dikatakan masih bagus untuk panjang serat di bawah 100 km, sedangkan untuk panjang di atas itu tidak memenuhi aturan internasional mengenai komunikasi [13] dimana nilai Q-factor lebih kecil dari angka 6.

## KESIMPULAN

Dalam makalah ini dibahas tentang jaringan WDM dengan menggunakan penguat Raman sebagai kompensasi dispersi. Sistem rangkaian didesain untuk panjang serat optik 50 km dimana frekuensi keempat *channel* yaitu 193,1; 193,15; 193,2; dan 193,25 THz dengan jarak *channel* yang sama sebesar 50 GHz. Simulasi pertama dijalankan dengan serat optik sepanjang 50 km. Pada lebar bandwidth 20 GHz didapatkan nilai BER terkecil dan *Q-factor* terbesar. Pada 10 GHz pertama, *Q-factor* mengalami kenaikan hingga mulai stabil setelah mencapai 20 GHz. Simulasi kedua dijalankan dengan menjaga nilai bandwidth sebesar 50 GHz. Dengan menggunakan parameter yang diatur, sistem dapat mengirim sinyal hingga jarak 100 km. Hal ini dibuktikan oleh nilai *Q-factor* yang bernilai di bawah angka 6 untuk jarak di atas 100 km.

## REFERENSI

1. Efriyanda, O., Faiza, D. & Hadi, A. (2014). Analisis Kinerja Sistem Komunikasi Serat Optik dengan Menggunakan Metode Power Link Budget dan Rise Time Budget pada PT. Telkom (Studi Kasus Link Batusangkar-Lintau). *Jurnal Vokasional Teknik Elektronika & Informatika (VOTEKNIKA)*, 2 (2): 80-86
2. Senior, J. M. & Cusworth, S. D. (1989). Devices for Wavelength Multiplexing and Demultiplexing. *Optoelectronics, IEEE Proceedings*, 136 (3) : 183- 202

3. Keiser, E. G. (1999). A Review of WDM Technology and Applications. *Optical Fiber Technology*, 5: 339
4. Bujari, S. S. (2012). A survey on simulation of MEMS optical switch for WDM applications. *World Journal of Science and Technology*, 2(10): 39-43
5. Othman, M. A., Ismail M. M., Sulaiman, H. A., Misran, M. H., Said, M. A. M., Rahim, Y. A., Che Pee, A. N., Motsidi, M. R. (2012). An Analysis of 10 Gbits/s Optical Transmission System using Fiber Bragg Grating (FBG). *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 2(7): 55-61
6. Prashad, B., Mallick, B., Parida, A. K. (2014). Fiber Bragg Grating as a Dispersion Compensator in an Optical Transmission System using Optisystem Software. *International Research Journal of engineering and Technology (IRJET)*, 2(6): 9-14
7. Kumar, K., Jaiswal, A. K., Kumar, M., Agrawal, N. (2014). Performance Analysis of dispersion compensation using Fiber Bragg Grating (FBG) in Optical Communication. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4(3): 1527-1531
8. Singh, H., Sharma, N., Bharti, R. (2015). Analysis of Fiber Bragg Grating as Dispersion Compensator. *International Journal of Engineering Research (IJOER)*, 1(3): 31-35
9. Sharma, A., Singh, S., Sharma, B. (2013). Investigations on Dispersion Compensation using Fiber Bragg Grating. *International Journal of Computer Applications*, 73(2): 34-43
10. Mohammadi, S. O., Mozzaffari, S., Shahidi, M. M. (2011). Simulation of a Transmission System to Compensate Dispersion in an Optical Fiber by Chirp Gratings. *International Journal of the Physical Sciences*, 6(32): 7354 – 7360
11. Lowery, A. J., Du, L., Armstrong, J. (2006). Orthogonal Frequency Division Multiplexing for Adaptive Dispersion Compensation in Long Haul WDM Systems. *OFC OSA*
12. Hossain, M. S., Howlader, S., Basak, R. (2015). Investigating the Q-factor and BER of a WDM System in Optical Fiber Communication Network by using SOA. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 13(1): 315-322
13. International Telecommunication Union - T G.691; International Telecommunication Union - T G.692; International Telecommunication Union - T G.693

## ANALISIS NILAI *PERCENTAGE DEPTH DOSE*(PDD) TERHADAP VARIASI KEDALAMAN TARGET DAN LUAS LAPANGAN PENYINARAN MENGGUNAKAN PESAWAT LINAC-CX

Dian Milvita, Alimin Mahyudin, Vinny Alvionita  
Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Andalas, Limau Manis, Padang 25163

\*E-mail korespondensi: dianmilvita74@gmail.com

### ABSTRACT

*Percentage Depth Dose (PDD) value measurement is done by varying the target depth and field size. The study was carried out with variations in target depth of 0 cm to 30 cm with 1 cm intervals and fields size ranging from (5x5) cm<sup>2</sup> to (39x39) cm<sup>2</sup> with intervals (2x2) cm<sup>2</sup>. PDD is a comparison of the radiation dose at a depth to the radiation dose at the maximum depth normalized by percentage. This study was also conducted to determine the value of radiation doses received by phantoms from the PDD measurement value. This research used 2 photon energy beam that is 6 MV and 10 MV. This study uses water phantom as a substitute for patients with radiation source technique Source Surface Distance (SSD). PDD measurements were performed using a chamber ionization detector. The results obtained showed that the number of radiation doses received by fantom increased to the maximum depth ( $z_{maks}$ ). After passing  $z_{maks}$ , the radiation dose received by the phantom has decreased. Likewise along with the increase in the amount of radiation field, the value of radiation doses received by phantoms will also increase.*

**Keywords:** maximum depth ( $z_{maks}$ ), Percentage Depth Dose (PDD), Source Surface Distance (SSD), water fantom

### ABSTRAK

*Telah dilakukan pengukuran nilai Percentage Depth Dose (PDD) dengan memvariasikan kedalaman target dan luas lapangan penyinaran. Variasi kedalaman target mulai 0 cm hingga 30 cm dengan interval 1 cm dan luas lapangan penyinaran mulai dari (5x5) cm<sup>2</sup> hingga (39x39) cm<sup>2</sup> dengan interval (2x2) cm<sup>2</sup>. PDD merupakan perbandingan dosis radiasi di suatu kedalaman terhadap dosis radiasi di kedalaman maksimum dinormalisasi dengan persentase. Penelitian juga dilakukan untuk menentukan nilai dosis radiasi yang diterima fantom dari nilai pengukuran PDD. Penelitian menggunakan 2 berkas energi foton yaitu 6 MV dan 10 MV serta fantom air sebagai pengganti pasien dengan teknik penyinaran Source Surface Distance (SSD). Pengukuran PDD dilakukan menggunakan detektor ionisasi chamber. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin bertambah kedalaman target maka semakin meningkat nilai dosis radiasi yang diterima fantom sampai mencapai kedalaman maksimum ( $z_{maks}$ ). Setelah melewati  $z_{maks}$  maka nilai dosis radiasi yang diterima fantom mengalami penurunan. Begitupun seiring dengan bertambahnya luas lapangan penyinaran, maka nilai dosis radiasi yang diterima fantom juga akan meningkat.*

**Kata kunci:** Percentage Depth Dose (PDD), Source Surface Distance (SSD), kedalamanmaksimum ( $z_{maks}$ )

### PENDAHULUAN

Kanker merupakan salah satu penyakit yang mengganas dan dapat merusak organ

penting tubuh lainnya jika dibiarkan terus menerus tumbuh. Oleh karena itu perlu dilakukan pengobatan terhadap kanker dengan salah satu cara menggunakan radiasi.

Pemanfaatan radiasi dalam mengobati kanker dikenal dengan radioterapi. Bersama-sama dengan bedah onkologi dan pengobatan dengan kemoterapi, radioterapi telah berhasil meningkatkan angka kesembuhan penyakit kanker[1]. Menurut Perka Bapeten, radioterapi adalah modalitas pengobatan dengan menggunakan zat radioaktif terbungkus dan/atau pembangkit radiasi pengion. Radioterapi terdiri dari brakiterapi dan teleterapi. Brakhiterapi adalah jenis radioterapi jarak dekat yang diberikan secara manual atau *remote after loading*. Terapi eksternal (teleterapi) adalah jenis radioterapi dengan peralatan pemancar berkas radiasi berada pada jarak tertentu di luar tubuh manusia [2].

Jarak dari pemancar berkas radiasi ke target radiasi dalam teleterapi diberikan dalam dua teknik penyinaran yaitu teknik *Source Surface Distance* (SSD) dan teknik *Source Axis Distance* (SAD). Teknik SSD merupakan teknik penyinaran dimana diberikan jarak tertentu dari sumber radiasi ke permukaan tubuh, sedangkan teknik SAD merupakan teknik penyinaran dimana sumber radiasi diberikan pada jarak tertentu ke titik isosenter. Teknik SSD dan SAD digunakan pada salah satu instrumen radioterapi yaitu *Linear Accelerator* (LINAC). LINAC pertama kali digunakan oleh rumah sakit di London yakni *Hammer Smith Hospital* untuk keperluan medik. Pesawat LINAC dapat menghasilkan dua berkas radiasi yaitu berkas foton dan berkas elektron. Berkas elektron dapat digunakan untuk mengobati tumor *superficial* (permukaan kulit), sedangkan berkas foton dapat digunakan untuk mengobatai tumor dalam jaringan tubuh seperti kanker nasofaring, kanker serviks dan kanker payudara. Pemilihan berkas radiasi sangat penting terhadap penerimaan dosis radiasi, oleh karena itu diperlukan ketepatan dalam pemberian dosis radiasi. Pemberian dosis radiasi bergantung pada kedalaman, jenis kanker dan tujuan pengobatan. Parameter lain dalam ketepatan pemberian dosis radiasi adalah ketepatan penggunaan lapangan penyinaran dalam radiasi. Luas lapangan

penyinaran dan kedalaman target berkaitan dengan nilai *Percentage Depth Dose* (PDD). PDD merupakan perbandingan dosis radiasi di kedalaman tertentu terhadap dosis radiasi di kedalaman maksimum dinormalisasi dalam persentase. Nilai PDD akan digunakan dalam menentukan berapa nilai dosis radiasi yang diterima oleh pasien. PDD bergantung pada 4 faktor yaitu kedalaman, luas lapangan penyinaran, jarak sumber ke permukaan (SSD) dan energi berkas radiasi.

Penelitian mengenai pengukuran nilai PDD telah dilakukan Sidabutar dkk menggunakan pesawat Co-60 dengan variasi kedalaman (1, 3, 5, 7, 9) cm dan luas lapangan bentuk persegi dan persegi panjang[3]. Selanjutnya Laksono dkk melakukan studi komparasi metode *Percentage Depth Dose* (PDD) dan *Tissue Maximum Ratio* (TPR) pada pesawat LINAC dengan variasi kedalaman (0-25) cm dengan luas lapangan penyinaran (10x10) cm<sup>2</sup> [4].

Pada penelitian ini dilakukan analisis nilai PDD terhadap variasi kedalaman target dan luas lapangan penyinaran. Variasi kedalaman target yang digunakan mulai dari 0 cm hingga 30 cm dengan interval 1 cm dan luas lapangan penyinaran dimulai dari (5x5) cm<sup>2</sup> hingga (39x39) cm<sup>2</sup> dengan interval (2x2) cm<sup>2</sup>. Nilai PDD tersebut digunakan untuk menghitung nilai dosis radiasi yang diterima pasien. Penelitian menggunakan pesawat LINAC tipe Clinac-CX dengan berkas energi foton 6 MV dan 10 MV di RS Universitas Andalas.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di dalam fantom air yang diisi dengan aquades dengan menggunakan detektor *ionisasi chamber*. Penelitian diawali dengan mengukur nilai PDD pada kondisi referensi yaitu pada kedalaman 10 cm dengan luas lapangan penyinaran 10x10 cm<sup>2</sup>. Selanjutnya dilakukan pengukuran PDD dari variasi kedalaman target dan luas lapangan penyinaran. Pengukuran dimulai dengan memvariasikan kedalaman target dimulai dari 0 cm hingga 30 cm dan luas

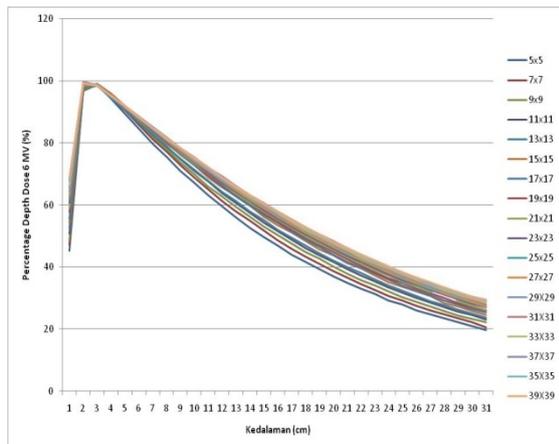
lapangan penyinaran dari  $(5 \times 5) \text{ cm}^2$  hingga  $(39 \times 39) \text{ cm}^2$  dengan interval 2 cm. Penyinaran dimulai dengan energi 6 MV, selanjutnya nilai PDD akan terbaca ketika detektor telah bergerak dari dasar hingga ke permukaan. Lalu, pengukuran dilanjutkan dengan energi 10 MV. Setelah didapatkan nilai PDD, lalu dicatat di komputer, kemudian nilai PDD tersebut digunakan untuk menghitung nilai dosis radiasi yang diterima pasien menggunakan Persamaan (1).

$$D = MU \times \left( \frac{D}{MU} \right)_{(z,f,A,h\nu)} \times F \times PDD \quad (1)$$

dengan  $D$  adalah dosis radiasi (cGy),  $MU$  adalah monitor unit,  $F$  adalah output faktor dan  $PDD$  merupakan *Percentage Depth Dose*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengukuran nilai *Percentage Depth Dose* (PDD) pada energi foton 6 MV

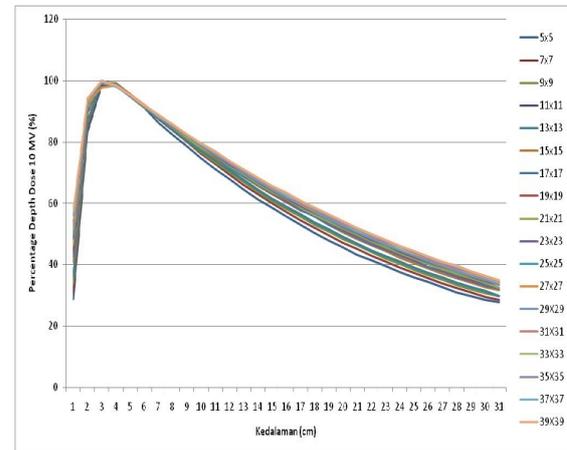


**Gambar 1.** Plot nilai *Percentage Depth Dose* (PDD) terhadap kedalaman target dan luas lapangan penyinaran pada energi 6 MV

Setelah dilakukan pengukuran PDD dan dosis radiasi, maka didapatkan grafik hubungan antara kedalaman target dan luas lapangan penyinaran. Pada Gambar 1 yaitu plot nilai PDD dari variasi kedalaman target dan luas lapangan penyinaran dengan energi foton 6 MV. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa semakin bertambah kedalaman target maka nilai PDD dan nilai

dosis radiasi yang diterima fantom akan semakin meningkat hingga mencapai kedalaman maksimum ( $z_{maks}$ ). Setelah melewati  $z_{maks}$  nilai PDD yang diterima fantom mengalami penurunan karena adanya atenuasi foton dan *inverse square law*. Luas lapangan penyinaran juga berpengaruh terhadap nilai PDD yang diterima fantom, nilai PDD akan meningkat seiring dengan bertambahnya luas lapangan penyinaran. Selanjutnya pada berkas foton berenergi 6 MV nilai  $z_{maks}$  berkisar antara (1,35-1,75) cm.

### Pengukuran nilai *Percentage Depth Dose* (PDD) pada energi foton 10 MV



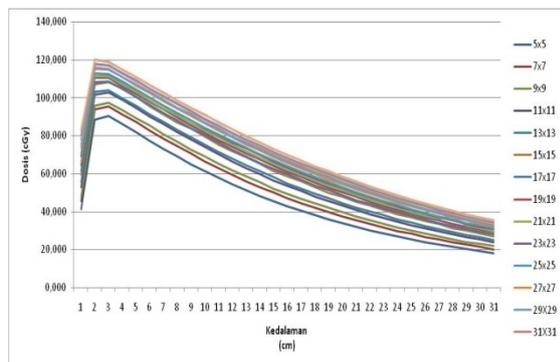
**Gambar 2.** Plot nilai *Percentage Depth Dose* (PDD) terhadap variasi kedalaman target dan luas lapangan penyinaran pada energi 10 MV

Hubungan antara PDD dengan kedalaman dan luas lapangan penyinaran pada energi 10 MV dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil yang didapatkan nilai PDD yang diterima fantom meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman target namun hanya sampai  $z_{maks}$ , setelah melewati  $z_{maks}$  nilai PDD yang diterima fantom mengalami penurunan. Begitupun dengan pengaruh dari variasi luas lapangan penyinaran, nilai PDD akan meningkat dengan bertambahnya luas lapangan penyinaran. Pada berkas foton berenergi 10 MV nilai  $z_{maks}$  yang didapatkan lebih besar dibandingkan dengan 6 MV yaitu berkisar antara (2,25-2,45) cm. Nilai  $z_{maks}$  pada energi 10 MV lebih besar

dibandingkan 6 MV diakibatkan karena adanya penyerapan energi didalam air [4].

### Pengukuran nilai dosis radiasi pada energi foton 6 MV

Nilai dosis radiasi diperoleh menggunakan Persamaan (1) dari hasil pengukuran PDD. Pada Persamaan (1) terdapat nilai MU yang merupakan monitor unit atau satuan penyinaran yang akan diberikan pada pasien saat penggunaan LINAC. Nilai MU yang digunakan pada perhitungan dosis radiasi adalah 100 MU. Nilai MU ini disesuaikan dengan yang ada TRS 398 [5] bahwa seharusnya nilai 1 MU harus sama dengan 1 cGy. Gambar 3 merupakan plot nilai dosis radiasi dari variasi kedalaman target dan luas lapangan penyinaran pada energi foton 6 MV



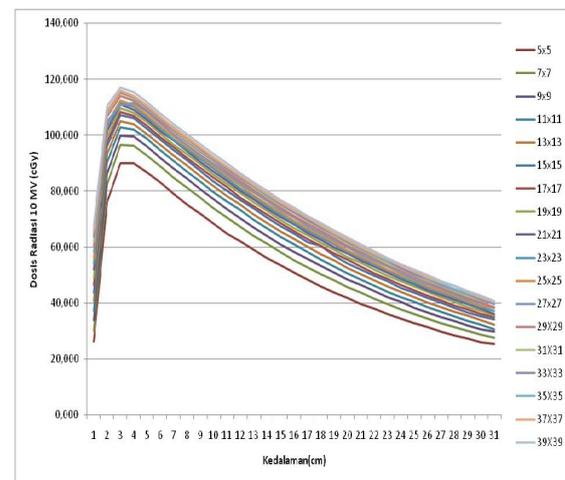
**Gambar 3.** Plot nilai dosis radiasi dari variasi kedalaman target dan luas lapangan penyinaran pada energi foton 6 MV

Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa nilai dosis radiasi yang diterima fantom mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kedalaman target, namun hanya sampai mencapai kedalaman maksimum ( $z_{maks}$ ). Setelah melewati  $z_{maks}$  nilai dosis radiasi yang diterima fantom cenderung mengalami penurunan sebagai mana pada hasil pengukuran PDD.

### Pengukuran nilai dosis radiasi pada energi foton 10 MV

Nilai dosis radiasi menggunakan berkas energi foton 10 MV dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa nilai dosis radiasi yang diterima fantom

mengalami kenaikan hingga mencapai kedalaman maksimum ( $z_{maks}$ ), namun setelah melewati  $z_{maks}$  nilai dosis radiasi yang diterima fantom mengalami penurunan akibat adanya attenuasi foton. Saat mencapai nilai  $z_{maks}$ , nilai dosis radiasi meningkat, hal ini disebabkan karena pada kedalaman tersebut jumlah ionisasi meningkat sehingga menyebabkan produksi foton juga meningkat (Khan, 1994) [5].



**Gambar 4.** Plot nilai dosis radiasi dari variasi kedalaman target dan luas lapangan penyinaran pada energi foton 10 MV

## KESIMPULAN

Pada pengukuran *Percentage Depth dose* (PDD) dan perhitungan nilai dosis radiasi menggunakan pesawat terapi LINAC tipe Clinac CX didapatkan bahwa nilai dosis radiasi yang diterima fantom mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya kedalaman namun hanya sampai kedalaman maksimum ( $z_{maks}$ ). Setelah melewati  $z_{maks}$  nilai PDD dan dosis radiasi cenderung menurun dikarenakan adanya attenuasi foton dan *inverse square law*. Nilai PDD dan dosis cenderung naik seiring dengan meningkatnya luas lapangan penyinaran. Nilai kedalaman maksimum ( $z_{maks}$ ) yang didapatkan dari hasil pengukuran untuk foton berenergi 6 MV berkisar antara (1,35-1,75) cm dan untuk foton berenergi 10 MV berkisar (2,25 – 2,55) cm.

Nilai  $z_{maks}$  yang didapatkan sesuai dengan batasan yang ditetapkan oleh IAEA.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada FMIPA Universitas Andalas yang telah membiayai penelitian melalui dana PNBP tahun Anggaran 2018 dan pihak Instalasi Radioterapi RS Unand untuk fasilitas yang diberikan selama penelitian.

## REFERENSI

1. Susworo. (2007). *Radioterapi*. Jakarta: UI-Press, hal 1.
2. BAPETEN (2013). Perka BAPETEN No.3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasidalam Penggunaan Radioterapi, diakses September 2018, <https://jdih.bapeten.go.id/index.php/site/dokview/id/321>
3. Sidabutar, D.H, dan Setiawati, E. (2014). Perbandingan Dosis Terhadap Variasi Kedalaman dan Luad Lapangan Penyinaran (Bentuk Persegi dan Persegi Panjang) Pada Pesawat Terapi Cobalt-60. *Youngster Physics Journal* Volume 3 (4): hal 295-302.
4. Laksono, M.B, Wardaya, S, Budi, W.S, Hidayanto, E. (2015) Studi Komparasi Metode Percentage Depth Dose (PDD) dan Tissue Phantom Ratio (TPR) Untuk Menentukan Indeks Kualitas Berkas Energi 6 MV dan 10 MV Pada Pesawat LINAC. *Berkala Fisika*, Volume 18 (1): hal 1-8.
5. Khan, F.M. (1984). *The Physics Of Radiation Therapy Third Edition*. Minneapolis: Uniuersig of Minnesota Medical School, hal 162-196.

## FASIES KUARTER VULKANIK DAERAH PAGAR JATI DAN SEKITARNYA, KAB.BENGGULU TENGAH, BENGGULU

Aditya N.P.H<sup>1</sup>, Oke Aflatun<sup>2\*</sup>, Idarwati<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Palembang

\*E-mail korespondensi: oke.aflatun@gmail.com

*The Jati Fence Area, Bengkulu is the fore arc basin area whose deposition is influenced by the volcanic event. The deposition event took place on a quaternary volcano that has been active in having sedimentation activities that continue. This study aims to carry out mineralogical analysis in the proximal facies deposit area with petrographic data at observation locations (LP) 14, 59, 81, 108, and (ST) 14, 70 which are sourced from the results of local geological mapping. In LP 81 and 14 with proximal facies have volcanic breccia lithology with compilation components which are dominated by andesitic rocks, pyroclastic matrix composition, packed packing, hard hardness, and mineralogical composition which tend to have many crystals. In LP 59 and 108 proximal facies found andesite lava.*

**Keywords:** volcanic, breccia, facies, andesit

*Daerah Pagar Jati, Bengkulu merupakan daerah fore arc basin yang pengendapannya di pengaruhi oleh peristiwa vulkanik. Peristiwa pengendapan tersebut terjadi pada gunung api kuartar yang sudah aktif memiliki aktifitas pengendapan yang terus berlanjut. Penelitian ini bertujuan melakukan Analisa mineralogi pada wilayah endapan fasies proksimal dengan data petrografi pada lokasi pengamatan (LP) 14, 59, 81, 108, dan (ST) 14, 70 yang bersumber dari hasil pemetaan geologi daerah setempat. Pada LP 81 dan 14 dengan fasies proksimal mempunyai litologi breksi vulkanik dengan komponen penyusunan yang di dominasi oleh batuan andesitic, susunan matriks piroklastik, kemas tertutup, kekerasan keras, dan komposisi mineralogi yang cenderung memiliki banyak kristal. Pada LP 59 dan 108 fasies proksimal di temukan lava andesit.*

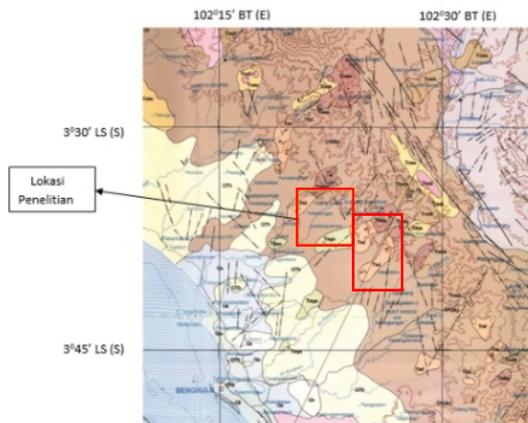
**Kata kunci:** vulkanik, breksi, fasies, andesit

### PENDAHULUAN

Daerah penelitian terletak pada Cekungan Bengkulu yang merupakan *fore-arc basin* pulau Sumatera. Dimana daerah penelitian memiliki keragaman dalam bentuk tatanan geologi dan litologi batuan sumber hasil dari pembentukan yang terjadi akibat proses vulkanik. Dilihat dari perkembangan magmatisme dan vulkanisme yang berhubungan dengan informasi keberadaan gunung api purba, hal tersebut bertujuan memahami tatanan produk batuan gunung api yang menyusun kondisi geologi daerah penelitian. Litologi penyusun terdiri dari batuan andesit, breksi vulkanik

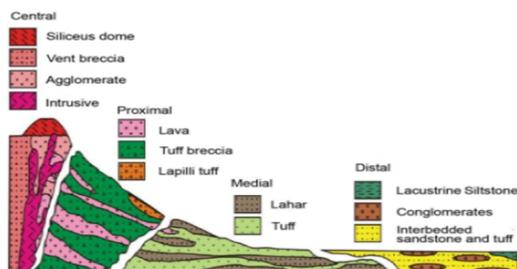
sampai tuff, dan breksi lahar. Daerah penelitian ini dilakukan di Provinsi Bengkulu, Kabupaten Bengkulu Tengah pada Kecamatan Pagar Jati.

Berdasarkan Martodjojo et al. [1], Fasies adalah pembentukan suatu tubuh batuan yang meliputi beberapa aspek penciri serta komposisi khas dari litologi yang terbentuk secara fisika, kimia, atau biologi yang terendapkan dalam batuan yang sama dalam waktu bersamaan juga. Pada fasies gunung api tidak semua aspek pendukung pembentukannya selalu berhubungan dengan faktor endapan seperti fosil maupun mineral yang berasosiasi sebagai penentu. Dimana bentang alam sangat



**Gambar 1.** Lokasi penelitian pada peta geologi lembar Bengkulu [2].

berindikasi penting halnya untuk menentukan penyebarannya fasies gunung api dari daerah daratan, lereng kaki, dan puncak bukit yang berbentuk kerucut [3], secara keseluruhan hasil mekanisme pembentukan dapat di modelkan secara visual maupun 3D sebagai makna gambaran penentuan daerah penelitian agar lebih mudah di pahami. Adapun, menurut Bogie et al. [4], pengelompokan fasies gunung api terbagi menjadi empat yaitu *central/vent*, *proximal*, *medial*, dan *distal* fasies dapat di lihat pada (Gambar 1.2).



**Gambar 1.2** Tipe-tipe fasies gunung api dan komposisi batuan penyusunnya [4].

## METODE PENELITIAN

Metode pengambilan data yang dilakukan yaitu pemetaan lapangan, pengamatan dari data DEM (*Digital Elevation Model*) dan pengamatan petrografi.

Metode pemetaan lapangan ini dihimpun meliputi proses pengambilan data singkapan batuan pada peta lintasan. Dimana data yang di ambil dari singkapan batuan yaitu melalui

media foto, karakteristik megaskopik, jenis litologi, warna batuan di diagnosis baik segar maupun lapuk, tekstur, struktur, komposisi mineral, dan pengambilan sampel. Peralatan yang digunakan seperti palu geologi untuk memecahkan, pelastik sample sebagai tempat penyimpanan batuan dan kompas geologi sebagai penentuan arah azimuth serta menentukan *strike* atau dip lapisan batuan.

Data lapangan dihimpun dari peta geologi berskala 1:20.000 pengerjaan pengambilan data dilakukan selama 2 bulan dengan berjalan kaki dan menggunakan kendaraan roda dua dan roda empat dikarenakan kondisi daerah penelitian yang merupakan perkebunan dan pemukiman. Hasil dari metode pemetaan lapangan ini berupa peta kerangka geologi.

Pengamatan dari data DEM yang merupakan data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat yang di ambil dari citra satelit.

Penggunaan DEM (*Digital Elevation Model*) dilakukan sebagai gambaran daerah penelitian untuk penentuan umum titik koordinat pada peta, garis interpolasi, garis kontur, elevasi dan di bantu dengan data citra satelit SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Hasil dari penggunaan DEM adalah peta dasar sebagai penentuan sebelum ke lapangan.

Metode pengamatan petrografi dilakukan sebagai penentuan serta penamaan jenis batuan dengan pendekatan kuantitatif. Dimana Pengamatan petrografi bertujuan menunjukkan kenampakan mikroskopik dengan sayatan tipis, yang terdiri dari jenis, tekstur, komposisi, struktur, ukuran, dan presentase mineral penyusun.

Langkah-langkah dalam analisis petrografi batuan antara lain membuat sayatan tipis. kemudian diamati dibawah mikroskop,

mengestimasi presentase mineral atau material penyusun batuan tersebut, *plotting* hasil persentasi yang telah dibuat tersebut ke dalam diagram klasifikasi batuan, dan mendokumentasi kenampakan sayatan di bawah mikroskop.

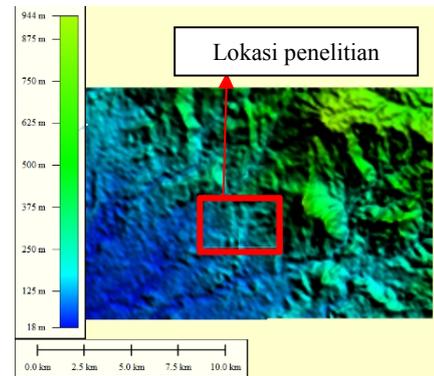
Dalam pengerjaan laboratorium membutuhkan waktu satu bulan mulai dari membuat sayatan tipis sampai mendapatkan hasil analisis petrografi. Hasil dari analisis petrografi berupa penampakan mineral dari sayatan tipis dan kandungan mineral yang terdapat pada batuan. Dari kedua metode tersebut dapat ditemukan perbedaan dari matriks breksi baik dalam megaskopik ataupun mikroskopik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

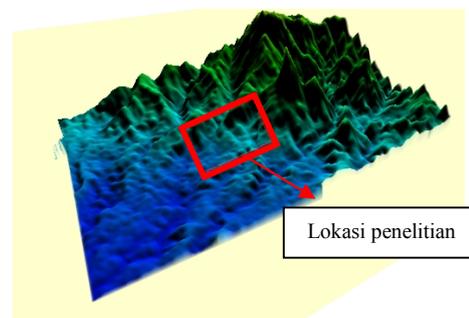
Pada daerah penelitian yang berumur Pliosen - Holosen diidentifikasi pembagian fasies dengan melihat aspek geomorfologi yang direkonstruksi menggunakan citra satelit SRTM. Pembagian aspek fasies berdasarkan pada lereng kaki dan dataran sekitarnya. Sehingga diketahui bahwa daerah penelitian terletak pada daerah proksimal. Dimana penentuan ini berdasar-kan pada uraian teori dasar diketahui bahwa fasies proksimal merupakan kawasan gunung api yang paling dekat dengan lokasi sumber dan fasies ini mempunyai komposisi yang didominasi oleh perselingan aliran lava dengan breksi piroklastika. Pada lokasi pengamatan dan hasil petrografi diketahui bahwa didominasi oleh aliran lava dan breksi piroklastik, sehingga dapat disimpulkan bahwa lokasi pengamatan ini terbentuk pada fasies proksimal. Hasil pembagian pada daerah penelitian dapat terlihat pada Gambar. Dimana Terdapat 2 jenis batuan yang dijumpai pada daerah penelitian yaitu batuan breksi piroklastik dan lava andesit

Pada kenampakan morfologi diatas, lereng punggung atau perbukitan pada daerah penelitian melandai ke selatan dan menjauhi indikasi bekas sumber erupsi. Bentang alam gunung api pada daerah penelitian dalam

proses pembentukannya sangat terpengaruh oleh proses erupsi dan proses eksogenik.



**Gambar 2.1** Analisis Citra Satelit SRTM Lokasi Penelitian

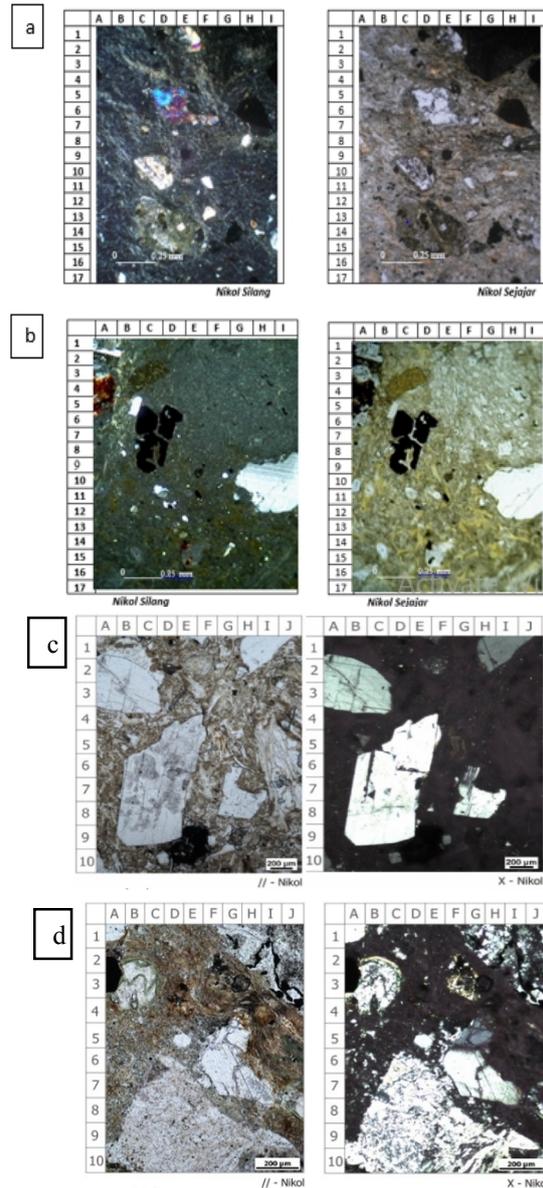


**Gambar 2.2** Kenampakan 3D citra satelit SRTM daerah penelitian.

Breksi piroklastik memiliki penyebaran di permukaan sekitar 25% dari daerah keseluruhan yang di tandai warna coklat pada peta geologi. Dimana satuan batuan ini tersingkap sungai, lembah, dan dataran. Pola penyebaran pada batuan ini mengikuti lembah dari Bukit Basa. Kenampakan di lapangan memperlihatkan bahwa singkapan mengalami pelapukan, meskipun pada beberapa lokasi masih terlihat segar. Secara keseluruhan matriks penyusun breksi vulkanik terdapat pada dua lokasi sama yaitu mempunyai batuan piroklastik tuf dengan ukuran butir sedang sampai kasar. Satuan batuan ini mempunyai ciri-ciri dengan warna segar ke abu-abuan sedangkan warna lapuk abu-abu gelap dengan ukuran fragmen 0-5 cm, komponen penyusunnya didominasi oleh batuan beku andesit dan matriks batuan piroklastik tuf

berukuran butir sedang sampai kasar, kemas terbuka, pemilahan buruk, permeabilitas baik, kekerasan agak keras, dan komposisi mineralogi yang cenderung memiliki banyak kristal.

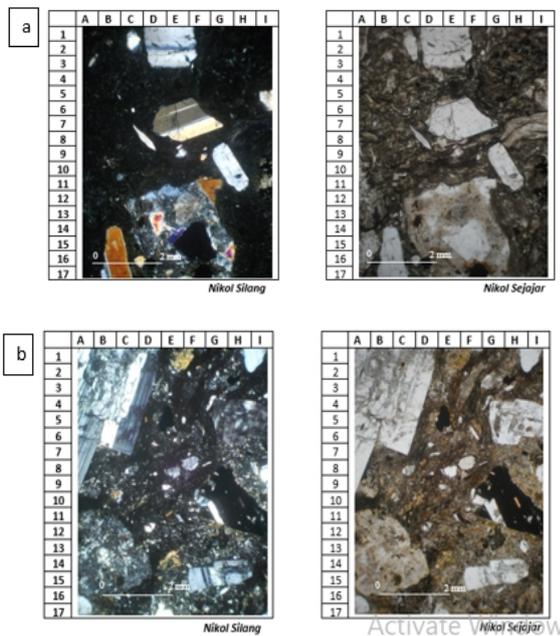
Berdasarkan hasil pengamatan LP 81 didapatkan bahwa batuan piroklastik, *welded tuff*, kondisi batuan lapuk, berwarna abu-abu kecoklatan, tekstur klastik, pemilahan buruk (*poorly sorted*), kemas terbuka, komposisi batuan tersusun oleh mineral kuarsa (7%), feldspar (25%), litik (15%), mineral opak (3%), dan gelas (50%) dengan butiran berukuran 0,05–0,5mm. Sedangkan pada pengamatan LP 14 *welded tuff*, warna abu-abu kecoklatan, bertekstur klastik, bentuk butiran menyudut tanggung, ukuran butir 0,05 – 0,5 mm, disusun oleh kuarsa (8%), feldspar (18%), litik (14%) dan mineral opak (1%) dan gelas (50%). Didukung dengan data ST 14 di dapatkan bahwa batuan piroklastik tuff kristal–litik, kondisi batuan lapuk, berwarna abu-abu kecoklatan, tekstur klastik, pemilahan buruk (*poorly sorted*), kemas terbuka, komposisi batuan tersusun oleh mineral plagioklas (18%), litik (10%), mineral pumis (27%), dan gelas (50%), Matriks atau massa dasar dibentuk oleh pecahan-pecahan gelas berukuran debu halus (<0.1mm). Sedangkan pada ST 70 batuan tufa gelas dengan kondisi lapuk, berwarna abu-abu, yang tersusun mineral plagioklas (10%), mineral pumis (35%), mineral litik (10%), mineral lempung, dan kuarsa (25%) dan gelas (15%). Pecahan-pecahan gelas berbentuk kurva tajam dan juga pumis hadir sebagai komponen terbanyak dalam sayatan petrografi [5]. Endapan piroklastik ini terbentuk setelah material vulkanik keluar secara eksplosif dari lubang kepundan. Fragmen-fragmen berukuran besar keluar secara eksplosif, sedangkan endapan berukuran halus berpindah melalui mekanisme aliran piroklastik membentuk *ash cloud derivel fall deposits*. Hasil pengamatan pada daerah penelitian dijumpai fragmen andesit berukuran sedang yang bercampur dengan material yang halus (*tuff*).



**Gambar 2.3** Sayatan Petrografi pada(a) LP 81, (b) LP 14, (c) ST 14, dan (d) ST 70.

Batuan andesit memiliki penyebaran sekitar 20% dari luas daerah penelitian, ditandai dengan warna merah pada peta geologi. Lava andesit ini berwarna abu-abu kehitaman, afanitik, kompak, dan versikular. Berdasarkan pengamatan mikroskopis didapatkan pada LP 108 felspar (40%), kuarsa (20%), biotit (5%), masa gelas (20%), dan mineral lainnya sedangkan pada LP 59 feldsapr (35%), kuarsa (25%), masa gelas (30%), dan mineral lainnya (Gambar 2.4). Lava adalah aliran magma yang keluar ke permukaan ketika terjadi aktifitas vulkanik efusif. Lava ini berasosiasi

dengan aliran piroklastik [4]. Endapan batuan ini mengikuti sepanjang lembah pada masa kuartar yang terbentuk dari Gunung Basa.

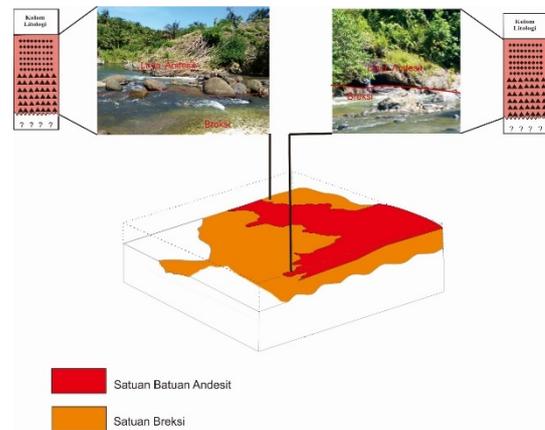


**Gambar 2.4** Sayatan Petrografi (a) LP 59, dan (b) LP 108

Berdasarkan hasil analisa, keberadaan gunung api purba yang ditinjau dari aspek geomorfologi gunung api atau pengindraan jauh menggunakan SRTM, stratigrafi gunung api, struktur gunung api dan aspek lainnya yang mendukung keberadaan adanya bekas gunung api pada daerah penelitian.

Aspek geomorfologi bisa kita lihat bahwa pada daerah penelitian cukup jelas menunjukkan adanya morfologi gunung api purba. Bentang alam gunung api yang terbentuk di daerah penelitian merupakan bentang alam sisa gunung api, dimana sebagian besar telah mengalami proses denudasional yang sangat intensif yang menyebabkan batuan dasar tersingkap. Hal tersebut apabila diamati pada citra SRTM akan nampak bahwa daerah penelitian membentuk bentang alam ber relief kasarmelandai kearah selatan dan membentuk gawir terjal batuan beku di dalamnya. Sementara itu pada lereng bawah dan kaki bekas gunung api, menunjukkan relief yang semakin landai. Dilihat dari *Bird View* pada daerah penelitian

menampakan morfologi pasangan punggung atau perbukitan yang saling berhadapan pada daerah penelitian yang berorientasi timur laut – barat daya.



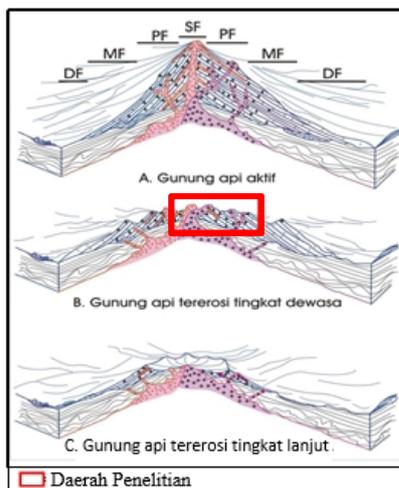
**Gambar 2.5** Model Geologi dan Korelasi Stratigrafi daerah penelitian.

Selain itu, data kemiringan lereng dari peta geologi daerah penelitian, nampak membentuk pola kemiringan semakin terjal ke arah utara dan semakin melandai ke arah selatan. Kemiringan litologi pada lereng atas daerah penelitian, kemiringan mencapai  $34^\circ$ , kemudian secara berangsur melandai hingga kurang dari  $15^\circ$  ke arah kaki lereng, hal tersebut mengindikasikan selaras dengan kemiringan lereng gunung api. Implikasinya diperlihatkan dari morfologi gunung api masa kini yang melandai ke arah lereng bawah mengikuti kemiringan awal gunung api (*original dips/initial dips*) dan semakin menipis dari fasies dekat menuju fasies tengah ataupun fasies jauh. Dari aspek stratigrafi bisa kita lihat bahwa daerah penelitian pada batuan kuartar secara keseluruhan merupakan produk batuan gunung api. Pada daerah penelitian batuan penyusun gunung api purba merupakan bagian dari *Quarter Vulkanik* (QV).

Pada daerah penelitian, litologi yang merupakan bagian dari Formasi Kuartar Vulkanik menunjukkan fase vulkanisme. Fase pertama yakni fase konstruktif yang dicirikan oleh breksi andesit piroklastika batuan dan lava andesit yang merupakan awal mula pembentukan gunung api pada daerah

penelitian aktivitas konstruksi pertama pada pembentukan gunung api ini tidak berlangsung lama, hanya mempunyai umur relatif singkat namun sudah mencapai tahap pembangunan gunung api komposit, sehingga hanya tersebar dengan volume yang kecil.

Berkembangnya proses diferensiasi magma, komposisinya magma berubah ke arah fase intermediet. Hal tersebut ditandai dengan kehadiran lava andesit, mengakibatkan perubahandarifasekonstruktif menjadi fase destruktif dengan bukti adanya keberadaan batuan gunung api yang kaya akan pumis. Kemungkinan kehadiran asosiasi lava andesit pada daerah penelitian yang terdapat pada puncak gunung api berperan sebagai sumbat lava karena sifat viskositas dan fluiditas dari lava tersebut. Sehingga menutup kawah erupsi kemudian menghasilkan erupsi gunung api yang bersifat eksplosif. Hal ini menandakan bahwa produk ini dihasilkan oleh letusan yang kuat (jenis sub-plinian). Hasil erupsi eksplosif ini membentuk litologi breksi piroklastika dan tuff jatuhan piroklastika. Pada fase destruktif bagian akhir, letusan semakin dasyat (jenis plinian) sehingga terbentuklah litologi lava andesit.



**Gambar 2.6** Perkembangan bentang alam gunung api mulai dari bentuk gunung api aktif masa kini (A), Bentuk bentang alam gunung api telah tererosi pada tingkat dewasa dan (B), Bentang alam gunung api yang telah tererosi pada tingkat lanjut (C), Keterangan SF = Fasies Pusat; PF = Fasies Proksi; MF = Fasies Medial; DF = Fasies Distal [6].

Data struktur geologi gunung api, keberadaan gunung api pada daerah penelitian kemungkinan berkaitan dengan struktur geologi yang membangun Sumatera, yang mana pada Oligosen atau Miosen Awal (fase konstruktif pertama) diawali dengan adanya retakan sistematis pada kulit bumi yang relatif berarah timurlaut-baratdaya. Magma dibawah permukaan bumi keluar melalui zona lemah yang diakibatkan struktur tersebut. Setelah pola tersebut terbentuk, terpotong oleh pola struktur baru (lebih muda) berarah baratlaut-tenggara yang diyakini bagian dari pola Sumatera.

Berdasarkan hasil analisa dan kenampakan di daerah penelitian, gunung api purba pada daerah penelitian secara fasies gunung api terdapat Fasies Proksimal-Medial. Fasies Proksimal merupakan kawasan gunung api yang paling dekat dengan lokasi sumber atau fasies pusat. Pada gunung api berumur Kuartar umumnya Fasies Proksimal mengintari indikasi pusat erupsi atau Fasies Pusat. Pada daerah penelitian fasies ini dicirikan oleh breksi andesit piroklastika, lava andesite, tuff jatuhan piroklastika. Secara keseluruhan litologi tersebut mengintari morfologi semi melingkar pada gunung api purba di daerah penelitian. Secara stratigrafi gunung api, dengan adanya Fasies Pusat sebagai indikasi sumber erupsi dan adanya Fasies Proksimal-Medial pada Pagar Jati dan Sekitarnya maka pada daerah penelitian terdapat bekas gunungapi yang merupakan Gunung Api Purba yaitu gunung basa. Untuk lebih jelas mengenai gambaran fasies gunung api pada daerah penelitian. Pada daerah penelitian, peneliti menarik kesimpulan bahwa perkembangan bentang alam gunung api pada daerah penelitian berdasarkan Hartono [6], merupakan gunung api masa lampau yang telah mengalami erosi.

## KESIMPULAN

Karakteristik endapan fasies vulkanik pada daerah penelitian dianalisa berdasarkan sifat fisik batuan, penyebaran litologi, serta dibantu

dengan analisa petrografi yang mengacu pada klasifikasi terdahulu sehingga didapatkan 2 jenis batuan yaitu breksi piroklastik dan lava andesit serta didapatkan berupa fasies proksimal.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

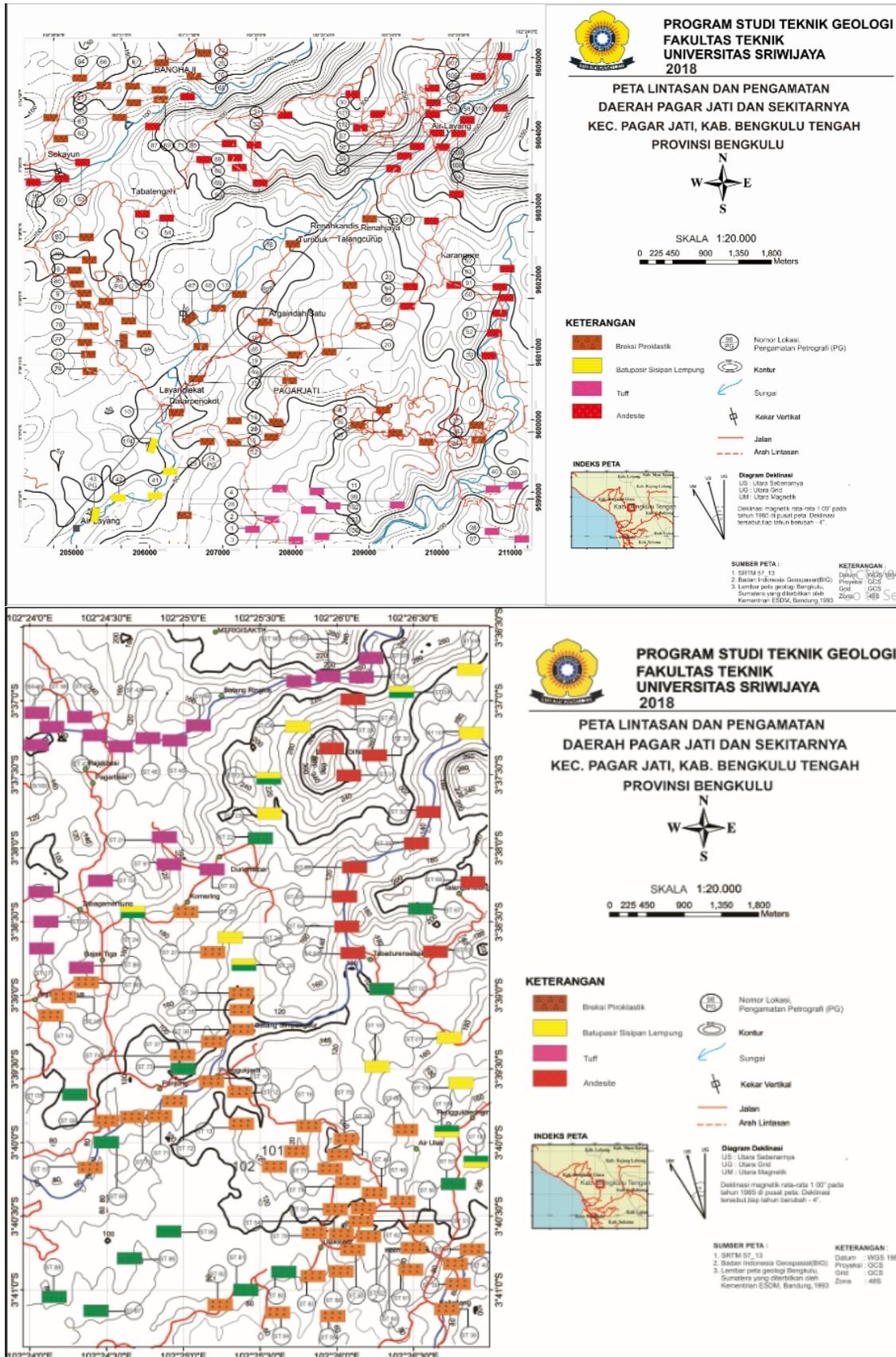
Pujisyukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya dapat menyelesaikan penyusunan jurnal ini. Dalam penyusunan dan penulisan jurnal ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penyusun juga mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Idarwat S.T., M.T Selaku pembimbing yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dan semangat kepadapenulis.
2. Keluarga besar Program studi Teknik Geologi UNSRI.
3. Orang tua yang selalu memberikan semangat untuk mengerjakan jurnal ini.

#### REFERENSI

1. Martodjojo, S. dan Djuhaeni, 1996, Sandi Stratigrafi Indonesia. Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia IAGI, Jakarta, 25h.
2. Gafoer, S., Amin, T.C. and Pardede., R. 1992. Peta Geologi Lembar Bengkulu, Sumatra. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi : Bandung.
3. Bronto, S., 2006, Fasies Gunung Api dan Aplikasinya, Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1 No. 2 Juni 2006: 59-71.
4. Bogie, I., and Mackenzie, IC M., (1998), The Application of a Volcanic Facies Model to an Andesitic stratovolcano Hosted Geothermal System at Wayang Windu, Java, Indonesia Proceedings of New Zealand Geothermal Workshop, Auckland New Zealand.
5. Fisher, R.V., 1966. Rocks composed of volcanic fragments and their classification. *Earth Science Rev.* 1, pp. 287-298.
6. Hartono, G., 2009, Analisis stratigrafi awal kegiatan Gunung Api Gajahdangak di daerah Bulu, Sukoharjo; Implikasinya terhadap stratigrafi batuan gunung api di Pegunungan Selatan, Jawa Tengah, Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 4, No. 3, hal 157 - 165.

### Lampiran 1 Peta Lintasan dan Pengamatan



## PENGARUH WAKTU PERENDAMAN $\text{TiO}_2$ DALAM LARUTAN EKSTRAK ANTOSIANIN BUNGA ROSELLA PADA KINERJA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)*

Rafika Andari<sup>1</sup>, Dona Abrini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang, Sumatera Barat

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Dharma Andalas, Padang

Email korespondensi: [rafika.andari09@gmail.com](mailto:rafika.andari09@gmail.com)

### ABSTRACT

*The use of solar panels is still quite expensive in the making, for it needs to be developed solar panels are cheap based DSSC (Dye Sensitized Solar Cell). The use of DSSC is very good developed in Indonesia which is famous for its biological richness. This study used rosella flowers as photosensitizer obtained from the extraction process in the form of maceration for 24 hours. The components used to construct a DSSC outline can be divided into four parts, namely substrate, dye, semiconductor titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ), and electrolyte. In this research the  $\text{TiO}_2$  layer was immersed in a solution of rosella flower extract with different time variations, ie 1 hour, 2 hours, and 3 hours. Light sources used are sunlight and 150 watt halogen lamps. It was found that at 3 hours of immersion using the sunlight source was the best result of maximally current ( $I_{max}$ ) 0.3 mA, maximum voltage ( $V_{max}$ ) 582,4 mV and its efficiency 0,258%. The results obtained were lower when the DSSC was given a halogen light source, i.e. Maximum current ( $I_{max}$ ) 0.08 mA, maximal voltage ( $V_{max}$ ) 125,6 mV and its efficiency 0,167%. The greater the intensity of the light illumination the greater the output power of the DSSC.*

**Keywords :** anthocyanin, DSSC, Hibiscus sabdariffa,  $\text{TiO}_2$

### ABSTRAK

*Penggunaan panel surya masih tergolong mahal dalam pembuatannya, untuk itu perlu dikembangkan panel surya yang berbahan dasar murah yaitu DSSC (Dye Sensitized Solar Cell). Penggunaan DSSC sangat bagus dikembangkan di Indonesia yang terkenal akan kekayaan hayatinya. Penelitian ini menggunakan bunga rosella sebagai photosensitizer yang diperoleh dari proses ekstraksi berupa maserasi selama 24 jam. Komponen yang digunakan untuk membangun sebuah DSSC secara garis besar dapat dibagi menjadi empat bagian, yaitu substrat, dye, semikonduktor titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ), dan elektrolit. Dalam penelitian ini lapisan  $\text{TiO}_2$  direndam dalam larutan ekstrak bunga rosella dengan variasi waktu yang berbeda, yaitu 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Sumber cahaya yang digunakan adalah cahaya matahari dan lampu halogen 150 watt. Didapatkan hasil bahwa pada perendaman 3 jam menggunakan sumber cahaya matahari merupakan hasil terbaik arus maksimal ( $I_{max}$ ) 0,3 mA, tegangan maksimal ( $V_{max}$ ) 582,4 mV dan efisiensinya 0,258 %. Hasil yang didapatkan lebih rendah ketika DSSC tersebut diberi sumber cahaya lampu halogen, yaitu arus maksimal ( $I_{max}$ ) 0,08 mA, tegangan maksimal ( $V_{max}$ ) 125,6 mV dan efisiensinya 0,167 %. Semakin besar intensitas penerangan cahaya maka semakin besar daya keluaran DSSC.*

**Kata Kunci:** antosianin, DSSC, Hibiscus sabdariffa,  $\text{TiO}_2$

### I. PENDAHULUAN

Sel surya merupakan suatu piranti elektronik yang mampu mengkonversi energi cahaya (foton) menjadi energi listrik tanpa proses yang menyebabkan dampak buruk terhadap lingkungan. Sel surya konvensional

yang diproduksi saat ini merupakan sel surya berbasis silikon. Penggunaan panel surya silikon ini masih tergolong mahal dalam pembuatannya, untuk itu perlu dikembangkan panel surya yang berbahan dasar murah, yaitu DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*).

Penggunaan DSSC sangat bagus dikembangkan di Indonesia yang terkenal akan kekayaan hayatinya.

DSSC tersusun atas sepasang elektroda dan *counter* elektroda. Elektroda terbuat dari substrat kaca, yang telah dilapisi material konduktif dan transparan (TCO), umumnya digunakan *indium tin oxide* (ITO) dan *fluorine tin oxide* (FTO) [1]. Pada elektroda dilapisi oleh nanopartikel semikonduktor yang dilapisi oleh molekul zat pewarna (*dye*) sensitasi. Molekul *dye* berfungsi sebagai penangkap foton cahaya, sedangkan nanopartikel semikonduktor berfungsi menyerap dan meneruskan foton menjadi elektron. Pada *counter* elektroda diberi katalis platinum (pt), berfungsi untuk mempercepat kinetika reaksi proses reduksi triiodide pada TCO. Selain itu DSSC juga menggunakan media elektrolit sebagai medium transport muatan [2]. Elektrolit yang umum digunakan pada DSSC terdiri dari iodine (I<sup>-</sup>) dan triiodide (I<sub>3</sub><sup>-</sup>) sebagai pasangan redoks dalam pelarut.

Dalam DSSC, perwarna alami sebagai sensitizer memainkan peran kunci untuk menyerap foton dari sinar matahari atau lampu dan mengubahnya menjadi arus listrik. Jenis-jenis perwarna seperti kompleks logam, organik dan alami biasanya digunakan sebagai sensitizer. Prinsip kerja DSSC adalah mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik. Saat *dye* yang melekat dipermukaan TiO<sub>2</sub> menyerap foton dari cahaya matahari elektron akan tereksitasi ke pita konduksi TiO<sub>2</sub>. Elektron akan terkumpul di TiO<sub>2</sub> melekat *dye* yang ditinggalkan berada dalam keadaan teroksidasi. Selanjutnya elektron akan transfer melalui rangkaian luar menuju lawan.

Berbagai jenis ekstrak tumbuhan telah digunakan sebagai fotosensitizer pada sistem sel surya tersensitisasi *dye*. *Dye* sensitizer alami yang pernah digunakan dalam sistem DSSC diantaranya yaitu, kol merah [3], buah naga [4], bluberi dan kranberi [5]. Zat warna alami tersebut terbukti mampu memberikan efek fotovoltaiik walaupun efisiensinya masih jauh lebih kecil dibandingkan zat warna sintetis.

Telah banyak dilaporkan bahwa antosianin dari bunga rosella (*Hibiscus Sabdariffa L.*) memiliki kemampuan sebagai *dye-sensitizer*

alami karena terbukti memberikan efek *photovoltaic* [6]. Penelitian Okoli *dkk.* [7] bunga rosella [8-10] telah berhasil mempelajari performa antosianin dari ekstrak rosella sebagai *dye sensitizer*.

Pada penelitian ini digunakan kelopak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa*) sebagai sumber *dye*. Bunga rosella merupakan salah satu bahan organik yang dapat digunakan sebagai sumber *dye* karena mengandung senyawa antosianin. Keunggulan bunga rosella adalah memiliki warna merah yang menarik dan aroma yang khas juga biasa disebut *functional food* karena kandungan antioksidannya yang tinggi, yaitu kandungan antosianin yang terdapat didalamnya [11]. Dari hasil penelitian ini diharapkan *dye* dari kelopak bunga rosella mampu menghasilkan efisiensi sel surya yang tinggi. Untuk melakukan penelitian lebih lanjut dilakukan variasi terhadap lama perendaman TiO<sub>2</sub> dalam larutan ekstrak antosianin bunga rosella terhadap kinerja DSSC.

## II. METODE PENELITIAN

### Pembuatan pasta TiO<sub>2</sub>

Tahap preparasi pasta TiO<sub>2</sub> dilakukan dengan teknik lapisan tebal dengan mencampurkan 3,07 gram polivinil alkohol (PVA) ke dalam 30 ml aquades, kemudian mengaduknya selama 30 menit pada temperatur 40<sup>0</sup>C menggunakan magnetic stirrer. Kemudian, sebanyak 3,10 gram bubuk TiO<sub>2</sub> ditambahkan hingga terbentuk pasta. Viskositas pasta diatur melalui banyaknya binder yang digunakan.

### Ekstraksi Dye Ekstrak Bunga Rosella

Sebanyak 1,5 gram bunga rosella direndam ke dalam metanol: asam asetat: air (25:4:21 perbandingan volume) sebanyak 10 ml. Kemudian dimaserasi selama 24 jam dan disaring dengan kertas saring [12].

### Pembuatan Larutan Elektrolit

Sebanyak 0,8 gram potassium iodida (KI) dilarutkan ke dalam 10 ml asetonitril kemudian diaduk, ditambahkan 0,127 gram

iod ( $I_2$ ) ke dalam larutan tersebut kemudian diaduk.

### Pembuatan lapisan elektroda karbon

Sumber karbon diperoleh dari grafit pensil 2B yang diarsir pada bagian konduktif ITO hingga merata. Kaca dibakar di atas nyala lilin dengan posisi arsiran menghadap api. Pembakaran dilakukan hingga jelaga api menutupi permukaan konduktif ITO.

### Pembuatan dan Karakterisasi Sel Surya

Elektroda  $TiO_2$  dibuat dengan melapiskan pasta  $TiO_2$  pada kaca ITO dengan ukuran luasan 2 cm x 1 cm, kemudian dua buah elektroda ini direndam dalam larutan dye masing-masing selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam. Kemudian larutan elektrolit diteteskan pada elektroda  $TiO_2$  yang telah disensitisasi dengan dye dan ditutup dengan *lapisan elektroda karbon* menjadi struktur sandwich. Sel surya tersebut kemudian diukur arus dan tegangannya dengan multimeter dalam keadaan disinari cahaya matahari. Karakterisasi komponen pembuatan sel surya meliputi analisis menggunakan Spektrofotometri UV-Vis pada larutan dye ekstrak bunga rosella untuk mengetahui panjang gelombang maksimum. Analisis SEM dan XRD pada lapis tipis  $TiO_2$  yang dihasilkan untuk mengetahui morfologi serta fase kristal  $TiO_2$ .

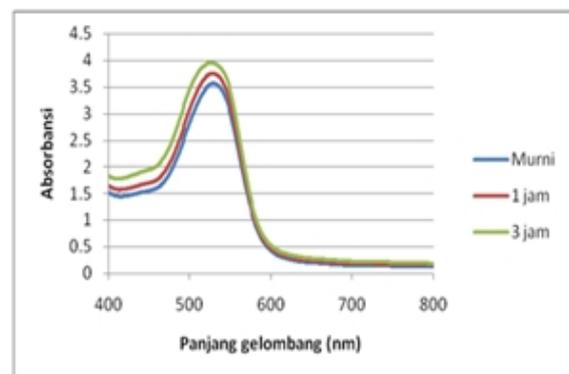
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Absorbansi Larutan dye Rosella

Ekstrak bunga rosella yang diperoleh dianalisis dengan Spektrofotometri UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang maksimum larutan dye tersebut. Hasil analisis spectrum absorbansi disajikan pada gambar 1. Dari data dapat diketahui bahwa puncak panjang gelombang maksimum ekstrak bunga rosella pada 529 nm (dye murni), 528 nm (perendaman 1 jam) dan 526 nm (perendaman 3 jam) dengan absorbansi masing-masing sebesar 3,5637; 3,7557 dan 3,9529. Pada waktu perendaman yang lebih lama (3 jam), intensitas absorbansi semakin besar. Nilai

absorbansi ini dipengaruhi oleh kandungan antosianin pada permukaan elektroda  $TiO_2$ . Hasil ini menunjukkan bahwa bunga rosella dominan menyerap cahaya tampak berkisar antara 400-550 nm serta bersesuaian dengan warna ekstrak yang kemerahan [13].

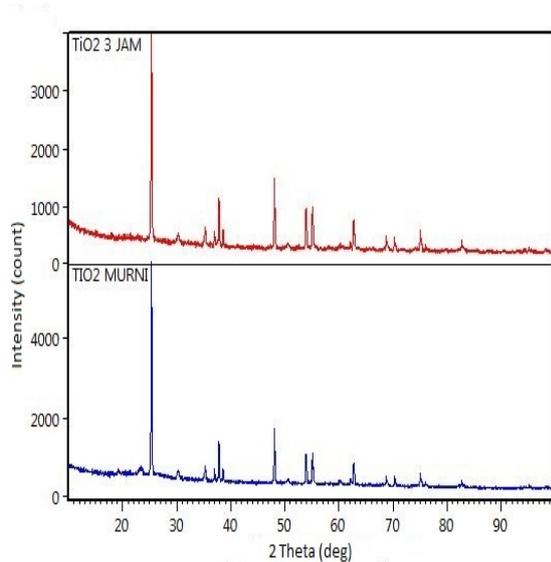
Pada waktu perendaman yang lebih lama (3 jam), intensitas absorbansi semakin besar. Nilai absorbansi dipengaruhi oleh kandungan antosianin pada permukaan elektroda  $TiO_2$ . Ekstraksi bunga rosella menghasilkan warna yang tampak ungu kemerahan dengan warna yang diserap adalah warna hijau dengan panjang gelombang 500-560 nm.



Gambar 1. Spektrum absorbansi larutan dye.

### Analisis XRD Elektroda $TiO_2$

Analisis menggunakan difraksi sinar-X dilakukan untuk mengetahui fase dan ukuran kristal penyusun lapis tipis  $TiO_2$ . Hasil pengujian berupa pola difraksi yang terdiri dari puncak-puncak karakteristik  $TiO_2$  seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Pola difraksi yang dihasilkan menunjukkan derajat kristalisasi  $TiO_2$  yang cukup tinggi dengan adanya puncak tajam dan intensitas yang besar. Tampak bahwa puncak-puncak karakteristik  $TiO_2$  murni muncul pada sudut  $2\theta = 25,38^\circ$ ;  $37,85^\circ$ ;  $48,10^\circ$ ; dan  $55,12^\circ$ , serta jarak antarbidang (d) sebesar  $3,50 \text{ \AA}$ ;  $2,37 \text{ \AA}$ ;  $1,89 \text{ \AA}$ ; dan  $1,66 \text{ \AA}$ . Untuk elektroda yang telah direndam larutan dye selama 3 jam puncak-puncak  $TiO_2$  muncul pada sudut  $2\theta = 25,38^\circ$ ;  $37,85^\circ$ ;  $48,09^\circ$ ; dan  $55,11^\circ$ , serta jarak antarbidang (d) sebesar  $3,50 \text{ \AA}$ ;  $2,37 \text{ \AA}$ ;  $1,89 \text{ \AA}$ ; dan  $1,66 \text{ \AA}$ .



**Gambar 2.** Hasil difraksi XRD elektroda TiO<sub>2</sub>, a) Biru, elektroda TiO<sub>2</sub> murni, b) Merah, elektroda setelah perendaman 3 jam.

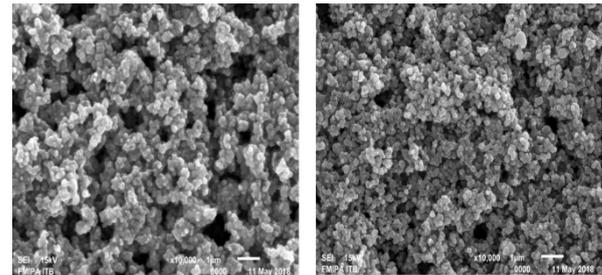
Dari data pola difraksi dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal TiO<sub>2</sub> berdasarkan nilai FWHM (*Full Width and Half Maximum*) pada berbagai puncak dengan menggunakan persamaan Scherrer,

$$D = \frac{k \cdot \lambda}{\beta \cdot c \cdot \theta} \quad (1)$$

dengan D adalah ukuran kristal,  $\lambda = 0,154060$  nm adalah panjang gelombang sinar X yang menggunakan Cu sebagai sumber lampunya,  $\beta$  adalah nilai FWHM masing-masing puncak karakterisasi,  $\theta$  adalah sudut difraksi, dan  $k = 0,94$  yang merupakan suatu konstanta. Dari perhitungan dengan menggunakan persamaan Scherrer diatas dapat diperoleh ukuran kristal TiO<sub>2</sub>. Dari hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan diatas diperoleh ukuran kristal TiO<sub>2</sub> murni sebesar 0,975 nm sedangkan setelah perendaman selama 3 jam sebesar 0,973 nm. Dalam aplikasinya pada sistem sel surya TiO<sub>2</sub> tersensitisasi *dye*, semakin kristal TiO<sub>2</sub> berukuran nanopartikel, maka diharapkan semakin banyak *dye* yang teradsorb pada lapisan nanopartikel TiO<sub>2</sub> sehingga dapat meningkatkan efisiensi dari DSSC.

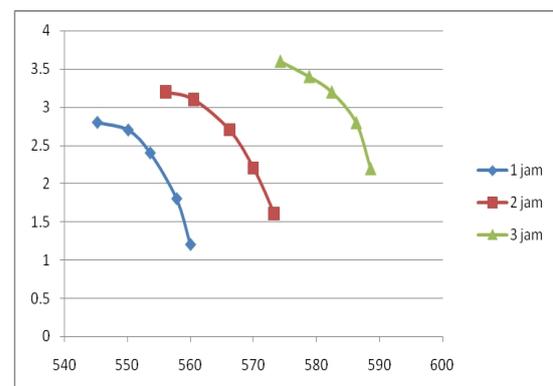
### Morfologi Lapis Tipis TiO<sub>2</sub> menggunakan SEM

Dari hasil SEM lapis tipis TiO<sub>2</sub> pada gambar 3 tampak bahwa morfologi permukaan lapis tipis TiO<sub>2</sub> berongga-rongga. Rongga pada permukaan lapis tipis TiO<sub>2</sub> berperan untuk mengabsorpsi molekul-molekul *dye* antosianin. Jumlah dan luas rongga ini mempengaruhi efektivitas absorpsi molekul-molekul *dye* antosianin ke dalam lapis tipis TiO<sub>2</sub> [14].



**Gambar 3.** Morfologi permukaan lapis tipis TiO<sub>2</sub> murni perbesaran 10.000 kali (kiri) Morfologi permukaan lapis tipis TiO<sub>2</sub> setelah perendaman 3 jam (kanan).

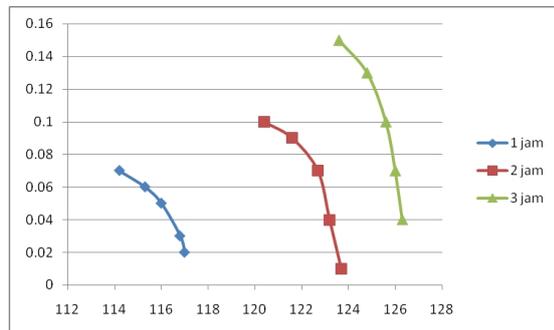
### Penentuan Efisiensi DSSC



**Gambar 4.** Grafik arus-tegangan (I-V) sel surya dengan cahaya matahari.

Kinerja sel surya dilakukan dengan pengukuran karakteristik arus dan tegangan (I-V) menggunakan cahaya matahari dan lampu halogen. Gambar 4 merupakan hasil pengukuran sumber cahaya matahari dan Gambar 5 untuk sumber cahaya lampu halogen. Kedua grafik arus dan tegangan (I-V) menunjukkan pola yang cukup ideal dengan kelengkungan yang cukup signifikan. Tampak bahwa grafik untuk sumber cahaya matahari menunjukkan karakteristik yang lebih ideal

dengan kelengkungan yang lebih besar dibandingkan untuk sumber cahaya lampu halogen.



**Gambar 5.** Grafik arus-tegangan (I-V) sel surya dengan cahaya lampu halogen.

**Tabel 1.** Hasil pengukuran arus-tegangan sel surya dengan sumber cahaya matahari

Karakterisasi I-V	Perendaman 1 jam	Perendaman 2 jam	Perendaman 3 jam
Vmax (mV)	553,6	566,2	582,4
Imax (mA)	2,4	2,7	3,2
Pmax (mW)	1328,64	1528,74	1863,68
Voc (mV)	552	565,6	582
Isc (mA)	2,1	2,4	3
FF	1,146	1,126	1,067
Efisiensi (%)	0,184	0,212	0,258

Dari grafik arus-tegangan (I-V) yang diperoleh dapat ditentukan parameter-parameter keluaran dari sel surya, yaitu arus rangkaian pendek ( $I_{SC}$ ), tegangan rangkaianbuka ( $V_{OC}$ ), arus maksimum ( $I_{max}$ ), tegangan maksimum ( $V_{max}$ ), daya maksimum ( $P_{max}$ ), *fill factor* (FF) dan efisiensi konversi ( $\eta$ ). Efisiensi konversi sel surya dihitung menurut hubungan :

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (2)$$

$P_{max}$  adalah daya maksimum yang dihasilkan oleh sel surya, dan  $P_{in}$  adalah daya sumber cahaya yang digunakan.  $P_{in}$  dapat bersumber dari sinar matahari dengan intensitas sekitar  $1000 \text{ W/m}^2$ . Intensitas matahari dapat diukur menggunakan alat yang disebut *luxmeter*. Daya maksimum diberikan oleh hubungan:

$$P_{max} = V_{max} \cdot I_{max} = V_{OC} \cdot I_{SC} \cdot FF \quad (3)$$

dengan fill factor (FF) diberikan hubungan:

$$F = \frac{V_m \cdot I_m}{V_O \cdot I_S} \quad (4)$$

Berdasarkan hasil pengukuran nilai arus dan tegangan yang telah dibuat dalam bentuk grafik arus-tegangan (I-V), diperoleh parameter-parameter keluaran sel surya seperti dirangkum di dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil pengukuran arus-tegangan sel surya dengan sumber cahaya lampu halogen

Karakterisasi I-V	Perendaman 1 jam	Perendaman 2 jam	Perendaman 3 jam
Vmax (mV)	116	122,7	125,6
Imax (mA)	0,05	0,07	0,08
Pmax (mW)	5,8	8,589	10,048
Voc (mV)	115,8	112	123,5
Isc (mA)	0,07	0,1	0,17
FF	0,716	0,767	0,479
Efisiensi (%)	0,096	0,143	0,167

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa sel surya yang telah dibuat dapat menghasilkan arus listrik, karena di dalam sistem sel surya terjadi aliran elektron secara terus menerus. Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa pada perendaman 3 jam menggunakan sumber cahaya matahari merupakan hasil terbaik arus maksimal ( $I_{max}$ ) 0,3 mA, tegangan maksimal ( $V_{max}$ ) 582,4 mV dan efisiensinya 0,258 %. Hasil yang didapatkan lebih rendah ketika DSSC tersebut diberi sumber cahaya lampu halogen, yaitu arus maksimal ( $I_{max}$ ) 0,08 mA, tegangan maksimal ( $V_{max}$ ) 125,6 mV dan efisiensinya 0,167%. Semakin lama perendaman, semakin banyak *dye* yang menempel pada substrat sehingga kemampuan menyerap cahaya semakin tinggi. Semakin lama waktu perendaman pada *dye* maka efisiensi sel surya semakin tinggi.

#### IV. KESIMPULAN

Kinerja *dye sensitized solar cell* (DSSC) dipengaruhi oleh sumber cahaya yang digunakan dan lama perendaman sel dalam larutan *dye*. Efisiensi terbesar diperoleh pada

sampel yang direndam dalam antosianin bunga rosella (*Hibiscus Sabdariffa*) selama 3 jam menggunakan cahaya matahari, yaitu sebesar 0,258%. Sedangkan efisiensi terkecil pada perendaman 1 jam menggunakan cahaya lampu halogen, yaitu sebesar 0,096%.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kemenristek Dikti atas bantuan dana penelitian ini sebagai Penelitian Dosen Pemula (PDP). Terimakasih kami ucapkan kepada semua pihak (ITP, Unand dan UNP) yang membantu demi kelancaran dan selesainya penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Purwanto, A., Widyandari, H., Jumari, A. 2011. *Fabrication of High Performance Fluorine Doped Tin Oxidefilm Using Flame-Assisted Spray Deposition*. Thin Solid Films 520 (2012) 2092–2095.
2. Callister, William D. 2007. *Materials Science and Engineering : An Introduction 7th Edition*, John Wiley & Sons, Inc: New York.
3. A. Maddu, Makara, 2007. *Teknologi*, 11(2), 78-84.
4. T. Ariyanto. 2013. *Analisis Efisiensi Dye sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Kulit Buah Naga Merah dan Kulit Buah Naga Merah*, Program Studi Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITB, Bandung.
5. L.Vania, *Investigasi Kinerja DSSC (Dye-sensitized Solar Cell) Tersensitasi Ekstrak Bluberi dan Kranberi sebagai Sumber Pemeka Antosianin*, Departemen Kimia FMIPA, ITB, Bandung.
6. Khwanchit Wongcharee, Vissanu Meeyoo, Sumaeth Chavadej, 2007. *Dye-sensitized solar cell using natural dyes extracted from rosella and blue pea flowers*, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 91, 7, 566-571.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.solmat.2006.11.005>.
7. LU Okoli, JO Ozuomba, AJ Ekpunobi, PI Ekwo, 2012. *Anthocyanin-dyed TiO<sub>2</sub> electrode and its performance on dye-sensitized solar cell*, *Research Journal of Recent Sciences*, 1, 22-27.
8. Adhitya, E.A, 2013, *Sintesa Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) untuk Dye-Sensitized Solar Cell dengan Antosianin Bunga Rosella (Hibiscus sabdariffa)*, Indonesian Journal of Applied Physics Vol.3 No.2 Hal. 181-187.
9. M. Artono, *Fabrikasi Dye sensitized Solar Cell Menggunakan Natural Dye sebagai Alternatif Dye Ruthenium*, Program Studi Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITB, Bandung, 2013.
10. Mustaqim, *Fabrikasi Dye-Sensitized Solar Cell Menggunakan Fotosensitizer Ekstrak Bunga Rosela (Hibiscus sabdariffa L) dan Elektrolit Padat Berbasis PEG (Polyethylene Glycol)*.
11. Mardiah, 2010, *Ekstraksi Kelopak Bunga dan Batang Ekstraksi Kelopak Bunga dan Batang Rosella (Hibiscus Sabdariffa L.) sebagai Pewarna Merah Alami* (Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi Universitas Djuanda, Bogor.
12. Septina, W., D Fajarisandi, M Aditia, *Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik-Inorganik (Dye-sensitized Solar Cell)*, in: Laporan Akhir Penelitian Bidang Energi, Penghargaan PT. Rekayasa Industri, 2007.
13. Samina Ali, JE Matthew, *Biomimicry in Solar Energy Conversion with Natural Dye-Sensitized Nanocrystalline Photovoltaic Cells*, Department of Chemistry and Biochemistry Obelin College, Ohio, (2007) 1-22.
14. Jae-Wook Lee, Kyung-June Hwang, Wang-Geun Shim, Kyung-Hee Park, Hal-Bon Gu, Kyu-Hyuk Kwun, *Energetic surface heterogeneity of nanocrystalline TiO<sub>2</sub> films for dye-sensitized solar cells*, *Korean Journal of Chemical Engineering*, 24, 5, (2007) 847-850 10.1007/s11814-007-0052-4

## ANALISIS SUSEPTIBILITAS MAGNETIK TANAH LAPISAN ATAS SEBAGAI INDIKATOR BENCANA LONGSOR DI BUKIT SULA KECAMATAN TALAWI KOTA SAWAHLUNTO

**Arif Budiman\*, Dwi Puryanti, Febri Naldi**

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas  
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia

\*E-mail korespondensi: [arifbudiman@sci.unand.ac.id](mailto:arifbudiman@sci.unand.ac.id)

### ABSTRACT

*Landslide is a disaster that can harm properties and souls. Losses due to landslide can be minimized if there are known signs of landslide. In this research, the landslide indicator is known through the analysis of the magnetic susceptibility of topsoil. This research is a case study conducted at Bukit Sula, Talawi District, Sawahlunto City. Soil samples were taken from two locations in Sula Hill, which are vegetated location (location A) and unvegetated location (location B). This research's samples took with downward vertical of each 100 m was taken with a space range of 5 m, so that is obtained 21 sampling points at each of these locations. Measurement of magnetic susceptibility value using Bartington Magnetic Susceptibility Meter measured at two frequencies, namely low frequency of 0.465 kHz ( $\chi_{LF}$ ) and high frequency of 4.65 kHz ( $\chi_{HF}$ ). At location A the obtained average value of  $\chi_{LF}$  is  $804.05 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  while the average value of  $\chi_{HF}$  is  $804.25 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ . At location B the obtained average value of  $\chi_{LF}$  is  $9.85 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , while the average value of  $\chi_{HF}$  is  $9.64 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ . XRF test result showed that magnetic minerals in samples at both locations a hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Based on the comparison of susceptibility value and concentration of hematite and quartz minerals between sample of location A and location B, it can be said that location B has been eroded. Based on the presence of superparamagnetic grain, the samples taken from location B have finer grains than the samples at location A. Scanning Electron Microscope (SEM) also shows that sample B has finer grains than the sample B. These are because location B is an area without vegetation, causing rain drop directly into the soil and can decrease the level of soil grain attachment. Therefore, location B more likely occurred landslide than location A.*

**Keywords:** magnetic susceptibility, landslide, superparamagnetic grain.

### ABSTRAK

*Longsor merupakan bencana yang dapat merugikan banyak harta benda dan jiwa. Kerugian akibat longsor dapat diminimalisasi jika diketahui tanda-tanda akan terjadinya longsor. Pada penelitian ini, indikator longsor diketahui melalui analisis suseptibilitas magnetik tanah lapisan atas. Penelitian ini merupakan studi kasus yang dilakukan di Bukit Sula Kecamatan Talawi Kota Sawahlunto. Sampel tanah diambil dari dua lokasi di Bukit Sula, yaitu lokasi bervegetasi (lokasi A) dan lokasi tanpa vegetasi (lokasi B). Pengambilan sampel dilakukan secara vertikal ke bawah masing-masing sepanjang 100 m dengan jarak spasi 5 m, sehingga diperoleh 21 titik pengambilan sampel pada masing-masing lokasi tersebut. Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik menggunakan Bartington Magnetic Suseptibility Meter yang diukur pada dua frekuensi, yaitu low frequency 0,465 kHz ( $\chi_{LF}$ ) dan high frequency 4,65kHz ( $\chi_{HF}$ ). Pada lokasi A nilai  $\chi_{LF}$  rata-rata yang diperoleh yaitu  $804,05 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , sedangkan nilai  $\chi_{HF}$  rata-rata yaitu  $804,25 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ . Pada lokasi B nilai  $\chi_{LF}$  rata-rata yang diperoleh yaitu  $9,85 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , sedangkan nilai  $\chi_{HF}$  rata-rata yaitu  $9,64 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ . Hasil pengujian XRF menunjukkan bahwa mineral magnetik yang terdapat pada sampel di kedua lokasi yaitu hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Berdasarkan perbandingan nilai suseptibilitas dan konsentrasi mineral hematit dan kuarsa antara sampel lokasi A dan lokasi B, dapat dikatakan bahwa lokasi B telah mengalami erosi. Berdasarkan keberadaan bulir superparamagnetik, sampel lokasi B memiliki butiran lebih*

*halus dibandingkan sampel lokasi A. Hasil Scanning Electron Microscope (SEM) juga menunjukkan bahwa sampel lokasi B memiliki butiran lebih halus dibandingkan sampel lokasi A. Hal ini disebabkan karena lokasi B merupakan daerah tanpa vegetasi, sehingga menyebabkan air hujan langsung masuk ke dalam tanah dan dapat menurunkan tingkat kelekatan butiran tanah. Oleh karena itu, lokasi B lebih besar kemungkinan terjadinya bencana longsor dibandingkan dengan lokasi A.*

**Kata kunci:** *suseptibilitas magnetik, longsor, bulir superparamagnetik.*

## PENDAHULUAN

Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana Tahun 2016, Indonesia merupakan negara yang sering mengalami bencana longsor. Terdapat 918 lokasi rawan longsor yang tersebar di berbagai wilayah, diantaranya Jawa Tengah 327 lokasi, Jawa Barat 276 lokasi, Sumatera Barat 100 lokasi, Sumatera Utara 53 lokasi, Yogyakarta 30 lokasi, Kalimantan Barat 23 lokasi, sisanya tersebar di NTT, Riau, Kalimantan Timur, Bali, dan Jawa Timur. Provinsi Sumatera Barat termasuk daerah yang sangat rawan terjadinya bencana longsor, karena topografi sebagian wilayahnya yang didominasi oleh perbukitan dan pergunungan.

Bencana longsor tidak hanya menyebabkan kerugian harta benda yang sangat besar, tetapi juga dapat menelan korban jiwa yang banyak. Akibat dari bencana ini dapat diminimalisasi apabila peristiwa longsor dapat diketahui sedini mungkin dengan menyelidiki prekursor atau tanda awal dari peristiwa longsor tersebut. Beberapa indikator yang dapat dijadikan sebagai prekursor dari longsor antara lain kenaikan kapasitas air dalam tanah, guguran material tanah dan debit curah hujan yang terserap oleh tanah [1]. Air hujan seringkali menjadi pemicu terjadinya longsor. Hujan dapat meningkatkan kadar air dalam tanah dan akan menyebabkan kondisi fisik lereng tidak stabil sehingga memperlemah faktor keamanan lereng [2].

Metode geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu metode yang banyak digunakan berkaitan dengan longsor. Metode ini dapat memberikan informasi mengenai letak dan kedalaman bidang gelincir pada daerah yang diduga berpotensi longsor. Di samping itu metode ini juga dapat digunakan untuk mengetahui prekursor longsor dari perubahan nilai tahanan jenis batuan pada waktu yang berbeda [3]. Selain metode ini, metode

kemagnetan batuan dapat digunakan sebagai metode untuk mengetahui indikator longsor. Besaran fisika yang dipakai dalam metode ini adalah suseptibilitas magnetik. Pada metode ini potensi longsor diketahui melalui keberadaan bulir superparamagnetik yang terdapat pada tanah permukaan. Keberadaan bulir tersebut dapat diketahui dari nilai suseptibilitas bergantung frekuensi (*frequency dependent susceptibility*),  $\chi_{FD}$  (%).  $\chi_{FD}$  (%) merupakan perbedaan relatif antara suseptibilitas frekuensi rendah  $\chi_{LF}$  dengan frekuensi tinggi  $\chi_{HF}$ . Semakin tinggi nilai  $\chi_{FD}$  (%) maka semakin banyak keberadaan bulir superparamagnetik pada tanah. Tanah yang mengandung bulir superparamagnetik bersifat halus dan mudah menyerap air. Penambahan massa tanah akibat air mengakibatkan tanah lebih mudah mengalami longsor apabila berada di lereng yang terjal. Di samping itu, metode kemagnetan batuan lebih efisien dibandingkan dengan metode geolistrik tahanan jenis karena metode ini tidak membutuhkan waktu yang lama dan tenaga yang banyak dalam pelaksanaan di lapangan.

Beberapa peneliti telah menggunakan metoda suseptibilitas magnetik ini dalam penelitian tanah longsor. Pratiwi dkk. (2016) melakukan penelitian di daerah Kecamatan Pangalengan, Provinsi Jawa Barat dengan membandingkan lokasi terdampak longsor dan lokasi yang tidak mengalami longsor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi terdampak longsor memiliki nilai  $\chi_{FD}$  (%) antara 2,65% hingga 3,33%, sementara lokasi yang tidak terdampak longsor memiliki nilai  $\chi_{FD}$  (%) antara 0,97% hingga 2,58%. Hasil ini menunjukkan bahwa lokasi terdampak longsor memiliki bulir superparamagnetik yang lebih tinggi dibandingkan lokasi yang tidak terdampak longsor [4]. Ramdhani dkk. melakukan penelitian tentang hubungan antara nilai suseptibilitas tanah dengan potensi longsor di daerah Pasir Lembang, Bandung Barat [5]. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa sampel didominasi oleh bahan ferimagnetik dan memiliki nilai  $\chi_{FD}$  (%) yaitu 2,0 - 10% yang menunjukkan bahwa sampel mengandung bulir superparamagnetik dan berpotensi untuk terjadinya longsor [5].

Bukit Sula terletak di Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto yang termasuk daerah dengan curah hujan tinggi yaitu 200-300 mm/bulan. Wilayah Bukit Sula merupakan wilayah berlereng dengan kemiringan 45°. Di daerah tersebut terdapat perkebunan, hutan, rumah penambang dan pemukiman masyarakat. Namun, karena kebutuhan pertambangan, banyak dilakukan pembukaan lahan baru sehingga lahan yang lama dialihfungsikan dan memungkinkan terjadinya longsor di kawasan ini. Di samping itu, penelitian tentang potensi longsor pada daerah tersebut belum pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini merupakan studi kasus untuk mengetahui indikator bencana longsor melalui analisis suseptibilitas tanah lapisan atas di daerah Bukit Sula. Studi kasus dilakukan pada dua lokasi, yaitu yaitu daerah bervegetasi (lokasi A) dan daerah tanpa vegetasi (lokasi B). Lokasi tanpa vegetasi tentu lebih rentan akan terjadinya longsor dibandingkan lokasi dengan vegetasi.

## METODE PENELITIAN

Lokasi pengambil sampel yaitu lokasi A terletak pada titik koordinat 0° 34' 10" LS-100° 47' 54" BT berada pada ketinggian 523-573 mdpl (lokasi A) dan lokasi B terletak pada titik koordinat 0° 36' 54" LS-100° 45' 56" BT berada pada ketinggian 207-253 mdpl. Pengambilan sampel pada tiap lokasi dilakukan vertikal ke bawah masing-masing sepanjang 100 m dengan jarak spasi 5 m, sehingga diperoleh 21 titik pengambilan sampel pada masing-masing lokasi tersebut. Sampel diambil menggunakan pipa *poly vinil chlorida* (PVC). Pipa tersebut ditancapkan ke dalam tanah sejauh 20 cm. Tanah yang berada di ujung pipa diambil secukupnya, lalu dimasukkan ke dalam plastik *ziplock* yang telah diberi tanda.

Sampel yang telah diambil dikeringkan pada temperatur kamar selama 24 jam. Pengerangan sampel dilakukan agar uap air yang terkandung pada sampel tanah berkurang. Sampel tanah yang sudah dikeringkan tersebut lalu digerus dan kemudian diayak menggunakan saringan 100 mesh. Sebanyak

10 g sampel tanah tersebut dimasukkan ke dalam *sample holder*. Pengukuran suseptibilitas magnetik menggunakan MS2B *Bartington Susceptibility Meter* dengan dua frekuensi, yaitu 0,465 kHz *low frequency* (LF) dan 4,65 kHz *high frequency* (HF). Pengukuran nilai suseptibilitas menggunakan 15 arah pengukuran. Data dari hasil pengukuran dicatat, kemudian diolah menggunakan program Matlab 2015a dan *microsoft excel*.

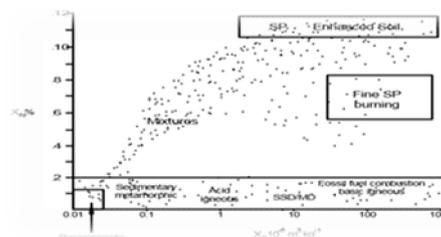
Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dalam dua frekuensi dimaksudkan untuk memperoleh nilai *frequency dependent susceptibility*  $\chi_{FD}$  (%).  $\chi_{FD}$  (%) merupakan perubahan suseptibilitas dengan frekuensi rendah  $\chi_{LF}$  dan frekuensi tinggi  $\chi_{HF}$  seperti yang ditunjukkan sesuai Persamaan (1).

$$\chi_{FD} \% = \frac{|\chi_{LF} - \chi_{HF}|}{\chi_{LF}} \times 100 \quad (1)$$

Nilai  $\chi_{FD}$  (%) dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan bulir superparamagnetik yang terdapat pada sampel. Interpretasi nilai  $\chi_{FD}$  (%) terhadap keberadaan bulir superparamagnetik dapat dilihat pada Tabel 1 [6].

**Tabel 1** Interpretasi nilai  $\chi_{FD}$  (%) [6].

Nilai $\chi_{FD}$ (%)	Keterangan
0,0 – 2,0	Tidak ada atau mengandung kurang dari 10% bulir superparamagnetik
2,0 – 10,0	Mengandung bulir superparamagnetik antara 10% sampai dengan 75% yang merupakan campuran antara bulir superparamagnetik yang berukuran halus dan kasar
10,0 – 14,0	Keseluruhan atau mengandung lebih dari 75% bulir superparamagnetik



**Gambar 1.** Scattergram domain magnetic.

Tabel 1 tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai  $\chi_{FD}$  (%), maka semakin tinggi pula kandungan bulir superparamagnetiknya, namun nilai yang lebih besar dari 14% adalah sangat jarang dan sering dianggap kesalahan pengukuran [6]. Penentuan jenis bulir magnetik melalui sebaran nilai  $\chi_{FD}$  (%) menggunakan *scattergram* yang ditunjukkan oleh Gambar 1 [6].

Selanjutnya diambil dua sampel dari kedua lokasi yang memiliki nilai  $\chi_{LF}$  tertinggi untuk dilakukan pengujian menggunakan *X-Ray Fluorescence (XRF)* dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Uji XRF bertujuan untuk menentukan jenis dan konsentrasi mineral yang terkandung pada sampel, sedangkan Uji SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan sampel yang bertujuan membandingkan ukuran partikel kedua sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hubungan Nilai Suseptibilitas dengan Mineral Magnetik Pada Sampel

Hasil pengolahan data suseptibilitas magnetik sampel yang berasal dari lokasi A (bervegetasi) dapat dilihat pada Tabel 2 dan yang berasal dari lokasi B (tanpa vegetasi) dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 2** Hasil pengolahan data suseptibilitas magnetik sampel di daerah bervegetasi (lokasi A)

No	Kode Sampel	$\chi_{LF}$ ( $\times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )	$\chi_{HF}$ ( $\times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )	$\chi_{FD}$ %
1	A-01	858,3	857,4	0,10
2	A-02	909,9	911,2	0,14
3	A-03	879,1	880,9	0,20
4	A-04	944,0	943,9	0,01
5	A-05	1100,1	1099,5	0,05
6	A-06	998,6	999,4	0,08
7	A-07	1146,2	1147,2	0,09
8	A-08	723,3	724,2	0,12
9	A-09	844,0	844,5	0,06
10	A-10	1260,8	1258,9	0,15
11	A-11	1001,6	1003,4	0,18
12	A-12	923,0	919,7	0,36
13	A-13	329,0	328,4	0,18
14	A-14	617,1	617,7	0,10
15	A-15	754,1	753,3	0,11
16	A-16	689,1	692,9	0,55

17	A-17	646,6	647,9	0,20
18	A-18	693,1	693,8	0,10
19	A-19	804,7	802,8	0,24
20	A-20	590,6	590,9	0,05
21	A-21	171,9	171,4	0,29

**Tabel 3** Hasil pengolahan data suseptibilitas magnetik sampel di daerah tanpa vegetasi (lokasi B)

No	Kode Sampel	$\chi_{LF}$ ( $\times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )	$\chi_{HF}$ ( $\times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )	$\chi_{FD}$ %
1	B-01	10,1	9,9	1,98
2	B-02	10,6	10,2	3,78
3	B-03	8,6	8,5	1,16
4	B-04	9,6	9,4	2,08
5	B-05	9,3	9,0	3,23
6	B-06	9,7	9,8	1,03
7	B-07	9,6	9,7	1,04
8	B-08	12,8	12,3	3,90
9	B-09	9,6	8,9	7,29
10	B-10	15,4	15,7	1,95
11	B-11	9,9	9,6	3,03
12	B-12	7,1	6,6	7,04
13	B-13	11,7	11,4	2,56
14	B-14	9,4	9,0	4,26
15	B-15	8,6	8,4	2,33
16	B-16	8,6	8,3	3,49
17	B-17	8,2	8,1	1,22
18	B-18	9,4	9,5	1,06
19	B-19	9,0	9,1	1,11
20	B-20	9,3	9,1	2,15
21	B-21	10,3	10,0	2,91

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai  $\chi_{LF}$  yang diperoleh pada lokasi A berkisar antara  $171,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  dan  $1260,8 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , dengan rata-rata  $804,05 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , sedangkan  $\chi_{HF}$  berkisar antara  $171,4 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  dan  $1258,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , dengan rata-rata  $804,25 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ . Dari Tabel 3 juga dapat dilihat bahwa nilai  $\chi_{LF}$  yang diperoleh pada lokasi B berkisar antara  $7,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  dan  $15,4 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , dengan rata-rata  $9,85 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , sedangkan  $\chi_{HF}$  berkisar antara  $6,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  dan  $15,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , dengan rata-rata  $9,64 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ . Berdasarkan nilai-nilai suseptibilitas di atas, diperkirakan bahwa sampel-sampel dari kedua lokasi mengandung mineral magnetik yaitu hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) [7,8]. Untuk sampel yang mengandung mineral magnetik dan non magnetik nilai suseptibilitasnya sebagian besar dikontrol oleh sifat dan konsentrasi mineral

magnetik yang terkandung di dalamnya. Nilai suseptibilitas sampel-sampel A sebagian dikontrol oleh mineral yang bersifat ferimagnetik dan paramagnetik dan sebagian lagi dikontrol oleh mineral yang bersifat ferimagnetik, sedangkan semua sampel-sampel B dikontrol oleh mineral paramagnetik [9].

Penentuan jenis dan konsentrasi mineral yang terkandung pada sampel dilakukan menggunakan uji XRF. Pengujian ini dilakukan terhadap dua sampel yang memiliki nilai  $\chi_{LF}$  tertinggi pada masing-masing lokasi, yaitu A10 untuk lokasi A dan B10 untuk lokasi B. Jenis dan konsentrasi mineral yang terkandung pada kedua sampel dapat dilihat pada Tabel 4. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa kedua sampel memiliki mineral non magnetik lebih dari 90% yang terdiri dari kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ), magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ), aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ), sedangkan mineral magnetik hanya kurang dari 10% yaitu hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

**Tabel 4** Jenis dan konsentrasi mineral sampel pada lokasi A dan B

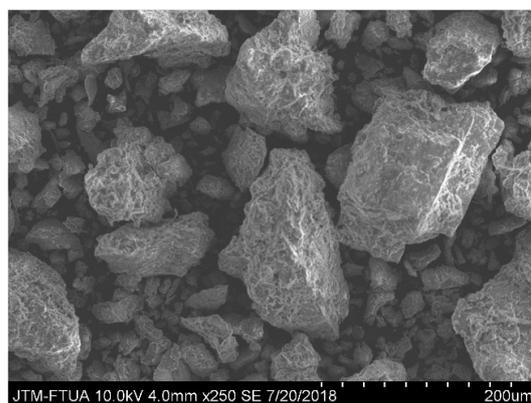
No	Mineral	Sifat	Konsentrasi	
			Sampel A (%)	Sampel B (%)
1	MgO	Para-magnetik	3,695	1,856
2	$\text{Al}_2\text{O}_3$	Para-magnetik	21,049	23,131
3	$\text{SiO}_2$	Dia-magnetik	56,103	65,844
4	CaO	Para-magnetik	5,302	0,354
5	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Feri-magnetik	8,145	3,393

Dari uji XRF ini terbukti bahwa mineral magnetik yang terdapat pada sampel yaitu hematit. Walaupun hematit kurang dari 10%, mineral inilah yang mengontrol nilai suseptibilitas magnetik. Dari uji XRF juga didapatkan bahwa sampel B mengandung mineral yang bersifat ferimagnetik. Oleh karena itu, nilai suseptibilitas sebagian sampel B dikontrol oleh mineral yang bersifat paramagnetik dan ferimagnetik. Dari konsentrasi hematit terlihat bahwa sampel dari lokasi A lebih tinggi (8,145%) dibandingkan

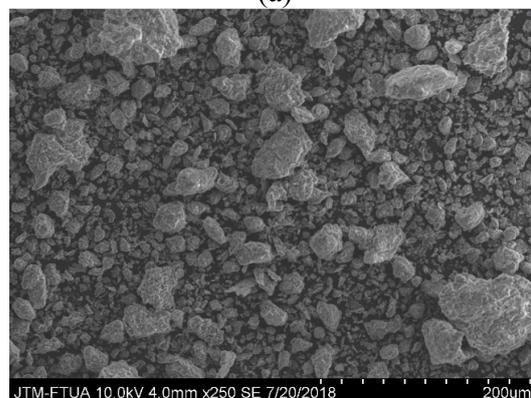
sampel dari lokasi B (3,393%). Hal inilah yang menyebabkan nilai suseptibilitas magnetik pada lokasi A jauh lebih tinggi dibandingkan pada lokasi B.

## B. Hubungan $\chi_{FD}$ % dengan Domain Magnetik

Tabel 2 dan Tabel 3 berturut-turut menunjukkan bahwa nilai  $\chi_{FD}$  % yang diperoleh pada lokasi A berkisar antara 0,01–0,55%, dengan rata-rata 0,16%, sedangkan pada lokasi B berkisar antara 1,03–7,29%, dengan rata-rata 2,79%. Berdasarkan nilai  $\chi_{FD}$  % tersebut dapat diketahui bahwa sampel-sampel lokasi B memiliki bulir-bulir superparamagnetik lebih banyak dibandingkan sampel-sampel lokasi A (Tabel 1). Berdasarkan nilai  $\chi_{FD}$  % dapat dikatakan secara umum bahwa sampel-sampel lokasi B mempunyai ukuran partikel lebih halus dibandingkan sampel-sampel lokasi A. Hal ini sesuai dengan hasil SEM untuk kedua sampel yang berasal dari kedua lokasi, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



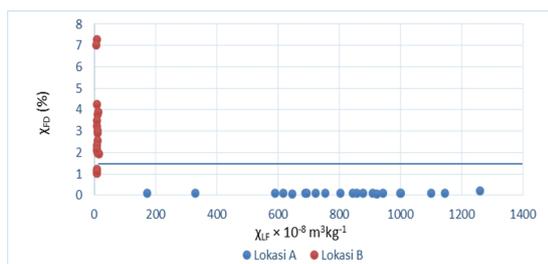
(a)



(b)

**Gambar 2** Morfologi permukaan sampel menggunakan SEM (a) sampel lokasi A dan (b) sampel lokasi B.

Sebaran domain magnetik yang terkandung dalam sampel dapat dilihat dari *scattergram* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Dari *scattergram* terlihat bahwa semua sampel lokasi A memiliki nilai  $\chi_{FD}$  % kecil dari 2%, sehingga dapat diperkirakan bahwa domain magnetik yang terdapat pada sampel sebagian besar terdiri dari bulir *Single Domain* (SD) dan *Multi Domain* (MD) dan tidak ada atau mengandung kurang dari 10% bulir superparamagnetik. Pada lokasi B sebagian besar sampel memiliki nilai  $\chi_{FD}$  % besar dari 2%, (16 sampel). Hal ini menunjukkan bahwa domain magnetik pada sampel sebagian besar terdiri dari bulir superparamagnetik antara 10% sampai dengan 75% yang merupakan campuran antara bulir superparamagnetik yang berukuran halus dan kasar dan beberapa sampel lainnya (6 sampel) terdiri dari bulir *Single Domain* (SD) dan *Multi Domain* (MD).



**Gambar 4** Grafik hubungan antara nilai suseptibilitas sampel terhadap  $\chi_{FD}$  % pada lokasi A dan lokasi B

### C. Analisis Nilai Suseptibilitas Magnetik dengan Erosi dan Longsor

Menurut Badan Pusat Statistik Kota Sawahlunto Tahun 2017, geologi batuan yang terkandung di daerah Bukit Sula yaitu batuan pasir, batuan lempung dan batuan lanau, dimana pada daerah tersebut lebih didominasi oleh batuan lanau. Batuan lanau merupakan batuan dengan kandungan pasir atau kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ) 45-80 % dan sisanya lempung (*clay*). Karakteristik batuan ini memiliki partikel-partikel yang halus (diameter butiran sekitar 0,07 mm) dan memiliki struktur masif. Hal ini terbukti dari uji XRF, dimana sampel yang diambil pada lokasi A mengandung  $\text{SiO}_2$  yaitu 56,103 % dan sampel yang diambil pada lokasi B mengandung  $\text{SiO}_2$  yaitu 65,844 %.

Suseptibilitas magnetik memiliki hubungan statistik yang erat dengan indeks erosi, yaitu

semakin rendah nilai  $\chi_{LF}$  maka keerosian tanah akan meningkat. Jika dibandingkan kedua lokasi, sampel lokasi B memiliki nilai suseptibilitas yang jauh lebih kecil dibandingkan sampel pada lokasi A. Hal ini dapat dikatakan bahwa pada lokasi B tersebut telah terjadi erosi tanah [10]. Dari segi kandungan mineral yang terdapat pada kedua sampel terlihat adanya perubahan konsentrasi. Sampel lokasi B memiliki kandungan hematit yang lebih rendah dibandingkan sampel lokasi A. Berkurangnya kadar hematit pada sampel lokasi B diduga karena air yang menghanyutkan mineral tersebut (erosi). Di samping itu, erosi yang telah terjadi pada lokasi B ditandai dengan meningkatnya persentase kandungan pasir atau kuarsa pada sampel. peningkatan ini disebabkan oleh mineral-mineral yang lebih ringan terbawa oleh air yang melewati tanah tempat pengambilan sampel.

Keberadaan bulir superparamagnetik pada tanah mengindikasikan bahwa keseluruhan tanah memiliki butiran yang halus. Semakin banyak bulir superparamagnetik yang terkandung dalam tanah, semakin banyak butiran halus yang dimiliki oleh tanah tersebut [4]. Berdasarkan nilai  $\chi_{FD}$  %, sampel lokasi B memiliki bulir superparamagnetik lebih banyak dibandingkan sampel lokasi A. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa sampel lokasi B memiliki butiran yang lebih halus. Lokasi B merupakan daerah tanpa vegetasi, sehingga air hujan langsung masuk kedalam tanah. Air hujan tersebut dapat menurunkan tingkat kelekatan butiran tanah, sehingga menyebabkan butiran tanah menjadi lebih halus [11].

Tanah yang memiliki butiran halus lebih mudah menyerap air dibandingkan dengan tanah yang memiliki butiran yang kasar. Hal ini dikarenakan tanah yang lebih halus memiliki luas permukaan yang lebih besar. Air yang terserap ke dalam tanah akan terakumulasi di atas bidang gelincir, sehingga dapat menyebabkan timbulnya gerak lateral pada tanah atau longsor [4]. Berdasarkan hal tersebut lokasi B lebih besar kemungkinan terjadinya bencana longsor dibandingkan dengan lokasi A, walaupun kedua lokasi terletak pada daerah dengan tingkat kemiringan yang hampir sama.

### KESIMPULAN

Berdasarkan keberadaan bulir superparamagnetik, sampel lokasi B memiliki butiran lebih halus dibandingkan sampel lokasi A. Tanah yang memiliki butiran halus lebih mudah menyerap air karena memiliki luas permukaan yang lebih besar. Air yang terserap ke dalam tanah akan terakumulasi di atas bidang gelincir, sehingga dapat menyebabkan timbulnya gerak lateral pada tanah atau longsor. Berdasarkan hal tersebut lokasi B lebih besar kemungkinan terjadinya bencana longsor dibandingkan dengan lokasi A.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan FMIPA Universitas Andalas yang telah menyetujui dan menetapkan penelitian ini untuk didanai dalam skim Dosen Pemula 2018. Di samping itu, penulis juga mengucapkan terima kasih Kepala Laboratorium Fisika Bumi FMIPA Universitas Andalas yang telah mengizinkan pemakaian *Susceptibility Meter*, Teknisi Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Andalas yang telah membantu dalam uji SEM, dan Analis Laboratorium Kimia Instrumen FMIPA Universitas Negeri Padang dalam uji XRF.

## REFERENSI

1. Jamil, M., Togubu, J. (2016), Implementasi Teknologi Wireless Sensor Network (WSN) untuk Monitoring Pergeseran Tanah, *Jurnal PROtek*, 3(2), 46-89.
2. Zakaria, Z. (2009), *Analisis Kestabilan Lereng*, Geologi Teknik FTG-UNPAD, Bandung.
3. Pratama, R.K., Akmam, Mahrizal. (2018), Identifikasi Prekursor Tanah Longsor Berdasarkan Perubahan Nilai Tahanan Jenis Batuan Menggunakan Metode Geolistrik Time-Lapse Konfigurasi Dipole-Dipole di Bukik Lantiak Kecamatan Padang Selatan, *Pillar of Physics*, 11(1), 41-48.
4. Pratiwi, R. A., Prakoso, A. G., Darmasetiawan, R., Agustine, E., Kirana, K. H., Fitriani, D. (2016), Identifikasi Sifat Magnetik Tanah di Daerah Tanah Longsor, *Seminar Nasional Fisika*, Universitas Negeri Jakarta, UNJ, Jakarta, 9 April 2015, 182-187.
5. Ramdhani, R., Fitriani, D., Kirana, K. H., Wijatmoko, B., Sutanto, O. (2016), Magnetic Properties of Soils From Landslide Potential Area, *Journal of Physics: Confrence Series* 739 (2016) 01217, 1-5.
6. Dearing, J. (1999), *Environmental Magnetic Suseptibility Using the Bartington MS2 System*, England.
7. Mullins, C. (1977), Magnetic Susceptibility of The Soil and Its Significant in Soil Science a Review, *Sil Science*, *British Society of Soil Science*, 28, 223-246.
8. Hunt, C.P., Moskowitz, B. M., dan Barnerje, S.K. (1995), *Magnetic Properties of Rocks and Mineral*, London.
9. Tarling, D.H. dan Hrouda, F. (1993), *The Magnetic Anisotropy of Rocks*, Chapman & Hall, London.
10. Nazarov, P., Kruglov, O., Menshov, O., Kutsenko, M, dan Sukhorada, A. (2014), Mapping Soil Erosion Using Magnetic Susceptibility. A Case study in Ukraine, *Solid Earth Discuss*, 6, 831-848.
11. Mualifah, F. (2009), Perancangan dan Pembuatan Alat Ukur Tahanan Jenis Tanah, *Jurnal Neutrino*, 01(02), 10-15.

# PREPARASI PARTIKEL MAGNETIK DARI PASIR BESI PANTAI BATANG KAPAS SUMATERA BARAT MENGUNAKAN METODE BALL MILLING

Tahayati Ichsan<sup>1</sup>, Salomo<sup>2</sup>, Erwin<sup>3</sup>, Usman Malik<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program SI Fisika

<sup>2,3,4</sup>Dosen Bidang Instrmentasi dan Kemagnetan Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia  
E-mail korespondensi: [ichsantahayati@gmail.com](mailto:ichsantahayati@gmail.com)

## ABSTRACT

*Preparation of micro magnetic particle and its magnetic propertis from iron sand beach of Batang Kapas west Sumatera using Ball Milling method has been done. Prior to the Ball Milling process, the samples were processed by iron sand separator (ISS) in order to separate between magnetic particles and non magnetic one. Next, the concentrates from ISS were crushed by Ball Milling method as a function of time namely 20, 40, and 60 hours. For separation between magnetic particles and non magnetic one, then NdFeB magnet was utilized. The results showed that the magnetic degree of the sample is about 0,5%. Measurements of magnetic induction solenoids were carried out using a Magnetic Probe Pasco PS -2162 as a function of current (2, 4, 6, 8 and 10) A and a functions of distance (1, 2, 3, 4, and 5) mm. Then the total magnetic induction of the solenoid (solenoid with sample core and concentrate) was measured as a function of an electric current for a fixed distance of 1 mm. The calculation results showed that magnetic susceptibility and mass susceptibility increase with Ball Milling time from  $(3376,400-7765,130) \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{Kg}$ . This value is within the interval of  $46-80000 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{Kg}$  which is the interval of Ilmenite mineral ( $\text{FeTiO}_3$ ; Antiferromagnetik). The increase in magnetic susceptibility and mass susceptibility of samples processed by Ball Milling is thought to be due to the increasing number of magnetic particles in the sample.*

**Keywords:** Iron sand, Magnetic Probe Pasco PS-2162, Ball Milling, Magnetic susceptibility, mass susceptibility.

## ABSTRAK

*Telah dilakukan penelitian tentang preparasi partikel magnetik dari pasir besi pantai Batang Kapas Sumatera Barat dengan metode Ball Milling untuk mengetahui tingkat kemagnetan dan sifat magnetik dari pasir besi. Sebelum dilakukan proses Ball Milling, sampel terlebih dahulu dipisahkan mineral magnetiknya menggunakan Iron Sand Separator. Selanjutnya sampel dihancurkan menggunakan Ball Milling selama (20, 40, dan 60) jam kemudian dilakukan pemisahan kembali menggunakan magnet Niodinium Iron Boron (NdFeB). Tingkat kemagnetan yang diperoleh dari hasil perbandingan antara massa konsentrat hasil Ball Milling dan massa pasir besi adalah 0,5 %. Pengukuran induksi magnetik solenoida dilakukan menggunakan Probe Magnetic Pasco PS-2162 sebagai fungsi arus(2, 4, 6, 8 dan 10)A dan fungsi jarak (1, 2, 3, 4, dan 5)mm. Selanjutnya diukur nilai induksi magnetik total solenoid (solenoida dengan inti sampel dan konsentrat) sebagai fungsi arus listrik untuk jarak yang tetap yaitu 1 mm. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa bertambah seiring dengan bertambahnya waktu Ball Milling dari  $(3376,400-7765,130) \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{Kg}$ . Nilai ini berada dalam interval  $(46-80000) \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{Kg}$  yang merupakan interval mineral Ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ; Antiferromagnetik). Meningkatnya nilai suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa dari sampel yang telah diproses dengan Ball Milling diduga karena semakin besarnya jumlah partikel magnetik dalam sampel*

**Kata kunci:** Pasir besi, Magnetic Probe Pasco PS-2162, Ball Milling, suseptibilitas magnetik, suseptibilitas massa.

## PENDAHULUAN

Indonesia termasuk salah satu negara yang memiliki sumber daya alam melimpah salah satunya yaitu bahan galian tambang. Beberapa bahan tambang yang banyak terdapat di Indonesia yaitu batu bara, emas, perak, nikel, tembaga, batu kapur, dan pasir besi [1]. Di daerah Sumatera Barat khususnya di pinggir Pantai Batang Kapas terdapat salah satu bahan tambang yang mudah ditemui dengan jumlah yang banyak yaitu pasir besi. Potensi pengembangan pertambangan pasir besi disepanjang pantai Sumatera Barat umumnya mempunyai kadar besi 2% sampai dengan 7% dan ketebalan bervariasi antara 2 mm sampai dengan 10 cm [2]. Pasir besi merupakan endapan pasir yang mengandung partikel bijih besi, dimana bijih besi tersebut dapat memiliki mineral-mineral magnetik seperti magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Magnetit memiliki fasa kubus, sedangkan maghemit dan hematit memiliki fasa kubus dan heksagonal namun keduanya memiliki komposisi kimia sama. Berbagai aplikasi tentang pasir besi seperti pada bidang industri otomotif, elektronika, dan peralatan rumah tangga telah banyak dikembangkan [3].

Para peneliti melakukan identifikasi dan karakterisasi untuk mengetahui sifat magnetik pasir besi dengan berbagai cara salah satunya yaitu dengan menggunakan metode Ball Milling. Metode Ball Milling merupakan proses penggilingan atau penghancuran material atau bahan asal pasir besi sehingga diperoleh ukuran yang sangat halus mencapai ukuran mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) hingga nanometer (nm). Penggilingan ini bertujuan untuk memperoleh bulir-bulir bahan magnet yang memiliki domain magnetik tunggal (single domain) sebelum diolah lebih lanjut menjadi barang komoditi [4].

Penelitian terdahulu [5] telah berhasil mengkaji sifat magnetik dan struktur partikel oksida dari endapan pasir besi yang berada di Pantai Kata Pariaman Sumatera barat dengan menggunakan metode Ball Milling.

Selanjutnya [6] telah melakukan sintesis nanopartikel magnetik khususnya mineral magnetit dengan Ball Milling yang berenergi tinggi. Dari penelitian tersebut dikatakan bahwa waktu penggilingan merupakan parameter utama untuk mendapatkan magnetit murni.

Dengan luasnya aplikasi dari partikel magnetik pasir besi maka dilakukan preparasi partikel magnetik dari pasir besi Pantai Batang Kapas Sumatera Barat dengan metode Ball Milling, untuk mengetahui sifat magnetik yang terdiri dari nilai induksi magnetik yang akan diukur menggunakan sensor Magnetic Probe Pasco PS-2162, kemudian nilai susceptibilitas magnetik dan susceptibilitas massa serta tingkat kemagnetan dari pasir besi Pantai Batang Kapas Sumatera Barat sehingga dapat dimanfaatkan dan mendapat nilai tambah dibidang ekonomi.

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen untuk menentukan sifat magnetik khususnya nilai induksi magnetik, susceptibilitas magnetik, susceptibilitas massa dan tingkat kemagnetan.

### a. Prosedur Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari 5 lokasi yaitu lokasi A, B, C, D, dan E dipinggiran Pantai Batang Kapas Sumatera Barat dengan massa masing-masing lokasi adalah 6 kg, tiap lokasi terdiri dari 4 titik. Jarak antara masing-masing lokasi adalah 5 meter. Cara pengambilan sampel dilakukan dengan metode zigzag untuk setiap titik dan juga antara masing-masing lokasi. Sampel yang sudah diambil kemudian dibawa ke Laboratorium Instrumentasi dan Magnetik Jurusan Fisika Universitas Riau menggunakan wadah.

### b. Prosedur Pemisahan Partikel Magnetik dengan menggunakan Iron Sand Separator.

Pasir besi yang telah diambil dari 5 lokasi terlebih dahulu dikeringkan dan ditimbang, kemudian dilakukan proses pemisahan antara partikel magnetik dari pasir besi dengan menggunakan Iron Sand Separator. Proses pemisahan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk mendapatkan konsentrat yang bersih.

### c. Pengukuran Nilai Induksi Magnetik

Sebelum dilakukan pengukuran terhadap nilai induksi magnetik maka langkah pertama adalah proses pembuatan sebuah solenoid dengan panjang 10 cm, diameter 3 cm dan jumlah lilitan adalah sebanyak 2000 lilitan kemudian dihubungkan dengan arus listrik. Pengukuran nilai induksi magnetik dapat dilakukan dengan menggunakan sensor Magnetic Probe Pasco PS-2162 sebagai fungsi arus (2, 4, 6, 8 dan 10) A dan jarak (1, 2, 3, 4 dan 5) mm. Pertama dilakukan pengukuran nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti ( $B_0$ ) sebagai fungsi arus dan fungsi jarak, selanjutnya diukur nilai induksi magnetik solenoid dengan inti pasir besi sebelum proses pemisahan dan nilai induksi magnetik solenoid dengan inti konsentrat ( $B_T$ ) setelah proses pemisahan dengan menggunakan Iron Sand Separator sebagai fungsi arus.

### d. Proses Ball Milling

Sampel yang telah melewati proses Iron Sand Separator yang menghasilkan konsentrat dengan nilai induksi magnetik total paling tinggi kemudian dihancurkan lagi menggunakan Ball Milling untuk mendapatkan konsentrat yang lebih halus. Konsentrat tersebut dibagi menjadi 3 bagian sama rata sebelum proses penghancuran menggunakan Ball Milling dengan waktu yang bervariasi yaitu (20, 40, dan 60) jam. Setelah proses Ball Milling kemudian konsentrat di dipisahkan kembali menggunakan magnet Niodinium Iron Boron (NdFeB). Masing-masing konsentrat dihitung induksi magnetik totalnya  $B_T$  sebagai fungsi arus (2, 4, 6, 8, dan 10) A dengan jarak tetap 1 mm dari ujung tengah solenoid.

### e. Menentukan suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa

Nilai suseptibilitas magnetik dapat ditentukan setelah diperoleh nilai induksi magnetik. Sampel dan konsentrat yang telah diukur besar induksi magnetiknya selanjutnya akan diukur volume dengan menggunakan gelas ukur dan massa masing-masing. Hasil pengukuran volume dan massa digunakan untuk mengetahui rapat massa yang merupakan salah parameter untuk menentukan suseptibilitas massa.

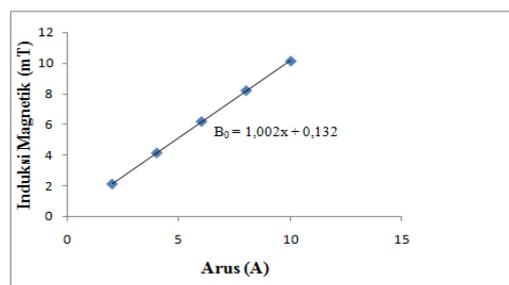
### f. Menentukan Tingkat Kemagnetan (Magnetic Degree)

Tingkat kemagnetan dari pasir besi Pantai Batang Kapas Sumatera Barat dapat ditentukan dengan membandingkan massa total konsentrat hasil Ball Milling dengan massa total pasir besi dari satu lokasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Pengukuran Induksi Magnetik

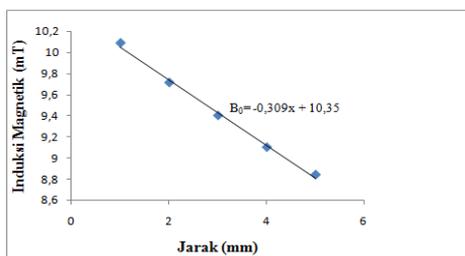
Pertama kali dilakukan pengukuran nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti sebagai fungsi arus dan fungsi jarak diperoleh data seperti yang terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



**Gambar 1.** Grafik hubungan antara induksi magnetik ( $B_0$ ) dengan fungsi arus ( $I$ ) pada jarak tetap (1 mm) dari ujung tengah solenoid.

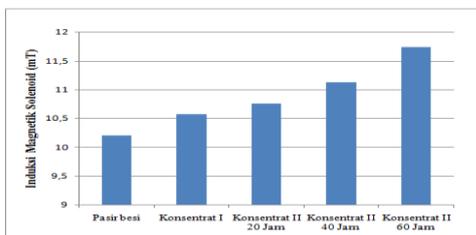
Berdasarkan Gambar 1. Dapat dilihat bahwa nilai induksi magnetik solenoid berbanding lurus dengan nilai arus yang diberikan. Berdasarkan Gambar 2 Dapat dilihat bahwa nilai induksi magnetik solenoid berbanding terbalik dengan nilai jarak yang

diberikan semakin besar jarak yang diberikan maka nilai induksi magnetik solenoid semakin kecil.



**Gambar 2.** Grafik hubungan antara induksi magnetik ( $B_0$ ) dengan jarak horizontal pada arus tetap (10 A).

Hal ini disebabkan karena Magnetic Probe Pasco PS-2162 semakin menjauhi kutub magnet yang terletak di ujung tengah solenoid. Perbandingan nilai induksi magnetik tanpa inti dengan nilai induksi magnetik dengan inti sampel, konsentrat hasil Iron Sand Separator, dan konsentrat hasil Ball Milling ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik perbandingan nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti dan dengan inti pada arus 10 A.

Nilai induksi magnetik total dari konsentrat I (setelah diproses dengan Iron Sand Separator) memiliki nilai induksi magnetik total lebih tinggi dari induksi magnetik total sampel sebelum pemisahan hal ini disebabkan karena mineral magnetik dengan non magnetik telah dipisahkan menggunakan Iron Sand Separator, namun masih terdapat bongkahan-bongkahan seperti titanium, magnesium, kalsium, dan silikon yang terbawa pada waktu proses pemisahan. Nilai induksi magnetik total tertinggi adalah dari konsentrat II yang berasal dari konsentrat I setelah dihancurkan dengan Ball Milling

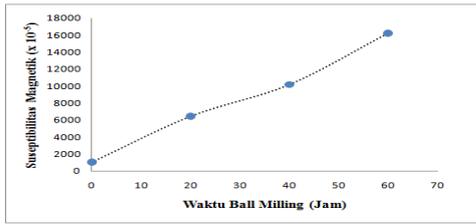
selama 20, 40, dan 60 jam kemudian dipisahkan kembali dengan menggunakan magnet Niodinium Iron Boron (NdFeB). Konsentrat yang diproses dengan Ball Milling selama 60 jam memiliki nilai induksi magnetik total paling tinggi yaitu sebesar 11,752 mT. Besarnya nilai induksi magnetik total dari konsentrat II berbanding lurus dengan lamanya waktu Ball Milling. Semakin lama waktu Ball Milling maka nilai induksi magnetik total semakin besar hal ini disebabkan karena semakin lama diproses dengan Ball Milling maka konsentrat I yang masih mengandung bongkahan-bongkahan akan semakin hancur dan pada proses pemisahan dengan magnet Niodinium Iron Boron (NdFeB) yang menempel hanya mineral magnetiknya.

### b. Suseptibilitas Magnetik

Nilai suseptibilitas magnetik diperoleh setelah pengukuran nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti dan nilai induksi magnetik total solenoid dengan inti. Data hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dari konsentrat hasil Ball Milling dapat dilihat pada Tabel 1 dan grafik hubungan antara nilai suseptibilitas magnetik dengan lamanya waktu Ball Milling dapat dilihat pada Gambar 4.

**Tabel 1.** Nilai suseptibilitas magnetik sampel dan konsentrat II (setelah diproses dengan Ball Milling dan dipisahkan dengan Magnet Niodinium Iron Boron (NdFeB)) pada arus 10 A.

Waktu Ball Milling (jam)	$B_0$ (mT)	$B_T$ (mT)	$\chi_m (\times 10^{-5})$
0	10,106	10,215	1078,567
20	10,106	10,762	6491,200
40	10,106	11,140	10231,500
60	10,106	11,752	16287,400



**Gambar 4.** Grafik hubungan nilai suseptibilitas magnetik dengan waktu Ball Milling pada arus 10 A.

Tabel 1 menunjukkan nilai suseptibilitas magnetik dari sampel sebelum diproses dengan Ball Milling dan nilai suseptibilitas magnetik dari konsentrat yang telah diproses dengan Ball Milling selama 20, 40, dan 60 jam pada arus 10 A. Dapat dilihat bahwa antara nilai suseptibilitas magnetik dengan lamanya waktu Ball Milling berbanding lurus. Nilai suseptibilitas magnetik terendah berasal dari sampel sebelum diproses dengan Ball Milling dengan nilai sebesar  $1078,567 \times 10^{-5}$ , dan nilai suseptibilitas magnetik tertinggi berasal dari konsentrat yang telah diproses dengan Ball Milling selama 60 jam yaitu sebesar  $16287,400 \times 10^{-5}$ . Konsentrat II (setelah diproses dengan Ball Milling) memiliki nilai suseptibilitas magnetik paling tinggi jika dibandingkan dengan seluruh sampel dan konsentrat karena memiliki konsentrasi mineral magnetik yang lebih tinggi. Secara keseluruhan nilai suseptibilitas magnetik konsentrat II berada dalam interval nilai mineral Ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ; Anti ferromagnetik) dengan rentang nilai  $(200-380000) \times 10^{-5}$  [7].

**c. Suseptibilitas Massa**

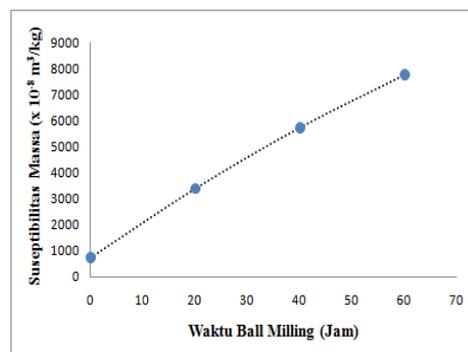
Nilai suseptibilitas massa dihitung setelah diketahui nilai induksi magnetik, nilai suseptibilitas magnetik, dan rapat massa dari suatu sampel.

Berdasarkan Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa nilai suseptibilitas massa terendah berasal dari sampel yang belum diproses dengan Ball Milling dengan nilai  $710,519 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{Kg}$ , dan nilai suseptibilitas massa tertinggi berasal dari konsentrat yang telah

diproses dengan Ball Milling selama 60 jam dengan nilai  $7765,130 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{Kg}$ . Nilai suseptibilitas yang diperoleh berdasarkan proses Ball Milling sebagai fungsi waktu menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas massa meningkat seiring dengan bertambahnya waktu Ball Milling. Nilai ini berada dalam interval  $(46-80000) \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{Kg}$  berarti bahwa partikel magnetik yang terdapat di Pantai Batang Kapas Sumatera Barat adalah mineral ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ; Antiferromagnetik) (7 Hunt,dkk.,1995).

**Tabel 2.** Nilai suseptibilitas massa sampel dan konsentrat II (setelah diproses dengan Ball Milling dan pemisahan dengan magnet Niodinium Iron Boron ( $\text{NdFeB}$ )) pada arus 10 A.

Waktu Ball Milling (Jam)	$\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	$\chi_{\text{massa}}$ ( $\times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ )
20	1518,000	710,519
20	1922,500	3376,400
40	1785,700	5729,710
60	2097,500	7765,130



**Gambar 5.** Grafik nilai suseptibilitas massa dengan waktu Ball Milling pada arus 10 A.

**d. Tingkat Kemagnetan (Magnetic Degree)**

Massa total konsentrat hasil Ball Milling diperoleh sebanyak  $28,58 \times 10^{-3} \text{Kg}$  kemudian dibandingkan dengan massa pasir besi 6 kg sehingga diperoleh tingkat

kemagnetan pasir besi Pantai Batang Kapas sebesar 0,5%. Tingkat kemagnetan ini tergolong rendah hal ini disebabkan karena sedikitnya kandungan mineral magnetik yang terdapat pada Pantai Batang Kapas Sumatera Barat, ditandai dengan warna pasir besi yang tidak begitu hitam.

## KESIMPULAN

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai induksi magnetik total tertinggi dimiliki oleh sampel yang telah diproses dengan Ball Milling selama 60 jam dan nilai induksi magnetik total terendah dimiliki oleh sampel sebelum proses pemisahan.
2. Nilai suseptibilitas magnetik pasir besi Pantai Batang Kapas Sumatera Barat yang telah diproses dengan Ball Milling berada dalam interval  $(200-380000) \times 10^{-5}$  yang merupakan interval mineral Ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ; Antiferromagnetik).
3. Nilai suseptibilitas massa pasir besi Pantai Batang Kapas Sumatera Barat yang telah diproses dengan Ball Milling berada dalam interval  $(46 - 80000) \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$  yang merupakan interval mineral Ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ; Antiferromagnetik).
4. Konsentrat yang telah diproses dengan Ball Milling selama 60 jam memiliki nilai induksi magnetik total dan nilai suseptibilitas paling tinggi, sedangkan konsentrat yang telah diproses dengan Ball Milling selama 20 jam memiliki nilai induksi magnetik total dan nilai suseptibilitas paling rendah artinya lamanya waktu sangat berpengaruh pada sifat magnetik pasir besi.
5. Tingkat kemagnetan dari pasir besi Pantai Batang Kapas Sumatera Barat tergolong rendah yaitu sebesar 0,5 %.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Palkrisman dan Budiman, A. 2014. Pemetaan Persentase Kandungan dan Nilai Suseptibilitas Mineral Magnetik Pasir Besi Pantai Sunur Kabupaten Padang Pariaman Sumatra Barat. *Jurnal Fisika Unand*. Vol 3, no 4.
2. Sektor Pertambangan Sumbarprov 2014 <http://www.sumbarprov.go.id/details/news/2700> Diakses pada 25 Maret 2018
3. Yulianto A., Bijaksana, S., Loeksmato, W., 2002, Karakterisasi Magnetik dari Pasir Besi Cilacap, *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia* Vol. A5 No. 0527.
4. Ihsan, Yazid. 2006. *Rancangan Bangun dan Karakterisasi Ball Milling untuk Proses Penghancuran Serbuk Bahan Magnetik*. Semarang : Universitas Semarang.
5. Marihot, D. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Sifat Magnetik dan Struktur Partikel Oksida Besi Endapan Pasir Besi Pantai Kata Pariaman Sumatera Barat. Tesis. Universitas Riau: Pekanbaru.
6. Carvalho de, J.F, Medeiros de S.N, Morales, M.A, Dantas, A.L, Carrico, A.S 2013. Synthesis of Magnetite Nanoparticles by High Energy Ball Milling. *Applied Surface Science*. 275, 84-87.
7. Hunt, C.P., Moskowitz, B.M., Banerjee, S.K., 1995. *Magnetic Properties of Rocks and Minerals*.

# PENGARUH TEMPERATUR AKTIVASI FISIKA TERHADAP KINERJA SUPERKAPASITOR BERBASIS ELEKTRODA KARBON DARI AMPAS SAGU

Erman Taer<sup>1</sup>, Zikri Al Rifani<sup>1</sup>, Rika Taslim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Riau

Simpang baru, Pekanbaru, 28293

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Industri,

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Pekanbaru, 28293

\*E-mail korespondensi: rialzikri@gmail.com

## ABSTRACT

*The manufacture of activated carbon based on sago pulp as a super-capacitor cell electrode has been successfully performed. Preparation of activated carbon begins with heating of drying raw materials in the sun and followed by oven drying, pre-carbonization, milling, sieving, chemical activation with 2 M concentration KOH solution, pellet printing, carbonization at 600° C using N<sub>2</sub> gas followed by physics activation with temperature variation of 700° C; 750° C; 800° C; 850° C; 900° C using water vapor and polishing of pellets are some of the steps that are followed. Carbon electrode density values for each sample of AC 700, AC 750, AC 800, AC 850, and AC 900 are 0,790 g/cm<sup>3</sup>, 0,791 g/cm<sup>3</sup>, 0,795 g/cm<sup>3</sup>, 0,760 g/cm<sup>3</sup>, dan 0,754 g/cm<sup>3</sup>. The SEM results show the shape of the particles formed unoccupied. EDX test results show the percentage of carbon reaches 90.13%. The measurement of electrochemical properties performed by cyclic voltammetry method yielded an optimum specific capacitance of 106 F/g obtained at a temperature of 750° C.*

Keywords: Activated Carbon, Sago Pulp, Electrode Carbon, variation of activation temperature, Supercapacitor.

## ABSTRAK

*Pembuatan karbon aktif berbasis ampas sagu sebagai elektroda sel superkapasitor telah berhasil dilakukan. Pembuatan karbon aktif diawali dengan pemanasan mengeringkan bahan baku di bawah sinar matahari dan dilanjutkan dengan pengeringan oven, pra-karbonisasi, penggilingan, pengayakan, aktivasi kimia dengan larutan KOH konsentrasi 2 M, pencetakan pelet, karbonisasi pada suhu 600° C menggunakan gas N<sub>2</sub> diikuti dengan aktivasi fisika dengan variasi suhu 700° C; 750° C; 800° C; 850° C; 900° C menggunakan uap air dan pemolesan pelet adalah beberapa langkah yang diikuti. Nilai densitas elektroda karbon untuk masing-masing sampel AC700, AC750, AC800, AC850, dan AC900 adalah 0,790 g/cm<sup>3</sup>, 0,791 g/cm<sup>3</sup>, 0,795 g/cm<sup>3</sup>, 0,760 g/cm<sup>3</sup>, dan 0,754 g/cm<sup>3</sup>. Hasil SEM menunjukkan bentuk partikel yang terbentuk tidak beraturan. Hasil uji EDX menunjukkan persentase karbon mencapai 90,13 %. Pengukuran sifat elektrokimia yang dilakukan dengan metode voltametri siklik menghasilkan kapasitansi spesifik optimum sebesar 1216 F/g didapatkan pada suhu 750° C.*

Kata Kunci: Karbon aktif, ampas sagu, elektroda karbon, variasi temperatur aktivasi, superkapasitor.

## PENDAHULUAN

Superkapasitor merupakan salah satu jenis kapasitor yang digunakan untuk menyimpan dan melepaskan energi. Penyimpanan energi terjadi melalui proses pembentukan pasangan ion dan elektron pada antarmuka antara elektroda dan elektrolit [1]. Komponen utama superkapasitor terdiri dari elektroda, elektrolit, separator dan pengumpul arus [2]. Elektroda superkapasitor

dapat dikelompokkan menjadi karbon aktif, karbon nanotube [3], karbon aerogel [4], dan grafit [5]. Karbon aktif adalah bahan yang paling banyak digunakan. Salah satu bahan yang dapat dijadikan sebagai bahan asal dalam pembuatan karbon aktif adalah bahan biomasa. Penggunaan biomasa sebagai bahan asal dalam pembuatan karbon aktif memiliki keuntungan yaitu, harganya yang relatif murah, ketersediaan sumber yang berlimpah, dan juga mengurangi

produksi limbah. Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai bahan yang mempunyai kandungan karbon seperti kulit durian [6], batang pisang [7], ampas tebu [8], sebuk gergaji dari kayu karet [9], dan ampas sagu [10].

Ampas sagu merupakan limbah yang didapatkan pada proses pengolahan tepung sagu, dimana dalam proses tersebut dihasilkan limbah ikutan berupa kulit batang sekitar 17-25% dan ampas sagu 75–83% [11]. Ampas sagu memiliki kandungan bahan kering 86,4%, protein kasar 2,1%, lemak 1,8%, serat kasar 20,3%, abu 4,6%, selulosa 36,3%, hemiselulosa 14,6%, lignin 9,7%, dan silica 3,3% [12]. Penelitian ini difokuskan untuk menentukan suhu aktivasi optimum dalam pembuatan karbon aktif dari ampas sagu menggunakan aktivasi uap air sebagai elektroda superkapasitor.

## METODE PENELITIAN

Pembuatan karbon aktif dari ampas sagu dilakukan seperti metode yang pernah kami laporkan sebelumnya [13,14]. Proses pembuatan karbon aktif diawali dengan pengeringan sampel dibawah sinar matahari dan dilanjutkan menggunakan oven masing-masing selama 2 hari. Sampel hasil pengeringan diprakarbonisasi pada suhu 250 °C selama 2 jam, kemudian digiling menggunakan mortar dan ball milling. Sampel kemudian diayak dengan ayakan berukuran 53  $\mu\text{m}$  dan 38  $\mu\text{m}$ . Aktivasi kimia dilakukan menggunakan aktivator KOH 2 M. Pencetakan pelet menggunakan *hydraulic press* pada tekanan 8 ton. Proses karbonisasi dimulai pada suhu 30 °C sampai 306 °C, selanjutnya pada suhu 306 °C akan ditahan selama satu jam dan kemudian dilanjutkan mencapai suhu 600 °C. Proses aktivasi fisika menggunakan uap H<sub>2</sub>O pada temperatur yang divariasikan yaitu 700 °C, 750 °C, 800 °C, 850 °C, dan 900 °C selama 2 jam. Berdasarkan suhu aktivasi ini masing-masing variasi diberi kode sampel yaitu AC 700, AC 750, AC 800, AC 850, dan AC 900.

Karakterisasi elektroda karbon meliputi densitas, morfologi permukaan dan kandungan unsur menggunakan pengujian SEM dan EDX.

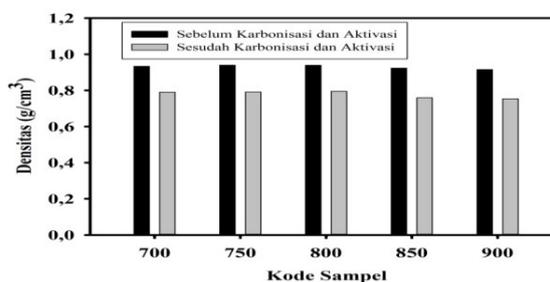
Pengukuran kapasitansi spesifik superkapasitor dilakukan menggunakan metode *cyclic voltametry* (CV). Kapasitansi spesifik dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$C_{sp} = \frac{(I_c - I_d)}{s \times m} \quad (1)$$

$C_{sp}$  adalah kapasitansi spesifik,  $I_c$  adalah arus *charge*,  $I_d$  adalah arus *discharge*,  $s$  adalah scan rate dan  $m$  adalah massa elektroda.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

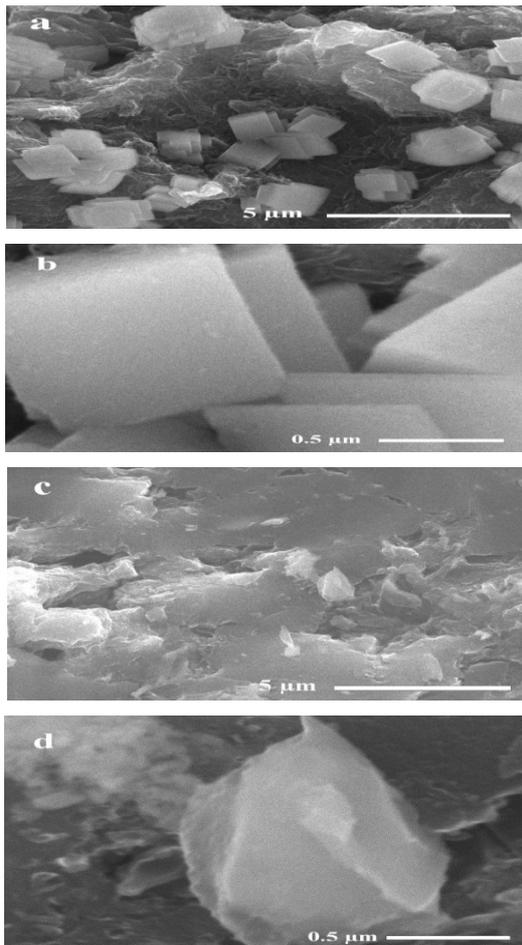
Hasil perhitungan densitas elektroda karbon sebelum dan setelah karbonisasi dan aktivasi ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Perbandingan nilai densitas elektroda karbon.

Gambar 1 menunjukkan nilai densitas sesudah karbonisasi dan aktivasi mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan proses karbonisasi bertujuan menghilangkan unsur-unsur lain selain karbon, sehingga densitas elektroda mengalami penurunan. Proses aktivasi juga menyebabkan penurunan densitas karena terjadi reaksi antara H<sub>2</sub>O dengan karbon sehingga terjadi pemutusan rantai karbon [15]. Pemutusan rantai karbon yang menyebabkan pembentukan pori baru yang menyebabkan penurunan densitas. Semakin tinggi suhu aktivasi yang diberikan semakin cepat reaksi H<sub>2</sub>O dengan karbon, semakin banyak rantai karbon yang terputuskan, semakin banyak pori yang terbentuk sehingga densitas yang dihasilkan akan semakin rendah. Nilai densitas untuk elektroda AC 700, AC 750, AC 800, AC 850 dan AC 900 masing-masing sebesar 0,790 g/cm<sup>3</sup>, 0,791 g/cm<sup>3</sup>, 0,795 g/cm<sup>3</sup>, 0,760 g/cm<sup>3</sup>, dan 0,754 g/cm<sup>3</sup>

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan sampel yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Hasil SEM (a) AC750 Perbesaran 5000 kali, (b) AC750 Perbesaran 40000 kali, (c) AC850 Perbesaran 5000 kali, (d) AC850 Perbesaran 40000 kali.

Gambar 2 (a) menunjukkan hasil SEM elektroda karbon AC750 dengan perbesaran 5000 kali. Gambar tersebut memperlihatkan banyak partikel-partikel kecil yang terbentuk dan antar partikel tersebut terbentuk lubang kecil, hal ini diindikasikan dengan lubang-lubang kecil yang berwarna hitam. Gambar 2 (b) dengan perbesaran 40.000 kali menunjukkan bentuk partikel yang semakin jelas berbentuk balok. Bentuk partikel yang sama juga didapati pada penelitian yang dlapakan oleh arifin [16]. Gambar 2 (c) menunjukkan hasil SEM elektroda karbon AC 850 dengan perbesaran 5000 kali. Gambar tersebut menunjukkan bentuk permukaan yang padat dengan sedikit partikel dan pori yang belum terlihat jelas. Gambar 2 (d) dengan perbesaran 40.000 kali menunjukkan partikel berbentuk panjang tidak beraturan.

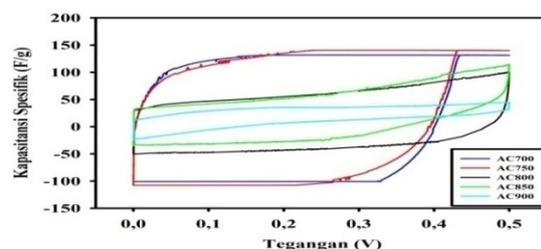
Pengujian EDX dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur yang terkandung di dalam elektroda karbon. Hasil pengujian EDX ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kandungan unsur elektroda karbon ampas sagu

Kandungan	AC750		AC850	
	Massa %	Atom %	Massa %	Atom %
C	77.82	84.55	90.13	93.64
O	16.55	13.50	6.74	5.25
Si	0.76	0.35	0.73	0.32
Cl	0.07	0.03	0.53	0.19
K	0.82	0.27	1.22	0.39
Ca	3.98	1.30	0.66	0.20
Total	100%			

Tabel 1 menunjukkan kandungan unsur elektroda karbon terdiri dari karbon (C), oksigen (O), silikon (Si), klorin (Cl), kalium (K), dan kalsium (Ca). Unsur yang terdapat pada sampel elektroda dari ampas sagu didominasi oleh karbon. Kehadiran unsur oksigen disebabkan karena tidak sempurnanya karbonisasi atau dapat juga terjadi ikatan pada proses aktivasi [17]. Kandungan Ca dan Si yang terdapat pada elektroda karbon berasal dari kandungan kimia dalam sagu yang tidak terurai secara sempurna. Keberadaan unsur K berasal dari KOH yang digunakan saat aktivasi kimia. Unsur K tertinggal karena pencucian yang dilakukan tidak bersih.

Pengukuran nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor dilakukan dengan menggunakan metode CV. Hasil pengujian ditunjukkan oleh Gambar 3.



**Gambar 3.** Kurva cyclic voltammogram masing-masing sel superkapasitor dengan Laju Scan 1 mV/s.

Gambar 3 menunjukkan hubungan antar tegangan dan nilai kapasitansi spesifik. Luas daerah yang terbentuk pada kurva mengindikasikan besarnya kapasitansi spesifik, semakin besar kurva yang terbentuk maka semakin besar kapasitansi spesifik [18]. Nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan pada sel superkapasitor dengan elektroda AC 700, AC 750, AC 800, AC 850 dan AC 900 masing-masing sebesar 116 F/g, 121 F/g, 50 F/g, 41 F/g dan 11 F/g. Kapasitansi spesifik sel superkapasitor untuk elektroda AC 700 meningkat sebesar 5 F/g pada AC 750 dipengaruhi oleh semakin cepatnya reaksi antara karbon dengan H<sub>2</sub>O sehingga semakin banyak rantai karbon yang terlepas [15], banyaknya rantai karbon yang terlepas akan menyebabkan banyak pori yang terbentuk sehingga semakin banyaknya pasangan ion dan elektron yang terbentuk dan akhirnya meningkatkan kapasitansi. Sel superkapasitor AC 800, AC 850, dan AC 900 menunjukkan penurunan kapasitansi spesifik dikarenakan suhu aktivasi yang semakin tinggi akan merusak elektroda karbon disebabkan oleh oksidasi yang berlebihan [19].

## KESIMPULAN

Suhu aktivasi menggunakan uap H<sub>2</sub>O optimum dalam pembuatan elektroda karbon dari ampas sagu didapati pada suhu 750°C ditunjukkan oleh kapasitansi spesifik sel superkapasitor paling tinggi. Kapasitansi spesifik sel superkapasitor dengan elektroda AC 750 adalah sebesar 121 F/g

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada DRPM Kemenristekdikti yang telah mendanai penelitian ini melalui Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi dengan judul Potensi Pemanfaatan Limbah Padat Perkotaan Sebagai Elektroda Superkasitor atas nama Dr. Erman Taer, M.Si Tahun 2018 dengan nomor kontrak: 360/UN.19.5.1.3/PP/2018

## REFERENSI

1. Kotz, R., and Carlen, M. 2000. Principles and applications of electrochemical capacitors. *Electrochimica Acta* 45(15-16): 2483-2498.
2. Itagaki, M., Suzuki, S., Shitanda, I., Watanabe, K., Nakazawa, H., 2007. Impedance analysis of electrical double layer capacitor with transmission line model. *J. Power Sources*. 164, 415–424.
3. Niu, C., E.K.Sichel, R.Hoch, D. Moy, H. Tennent. 1997. High power electrochemical capacitors based on carbon nanotubes electrodes. *Applied Physics Letters* 70.
4. Kim, C. Y., A.R. Jang, K.Y. Cho. 2012. Optimization of pore structures and super capacitor properties of carbon aerogel electrodes. *Asian Journal of Chemistry* 24.
5. Stoller, M. D., S. Park, Z. Yanwu, J. An, R.S. Ruoff. 2008. Graphene-based ultracapacitors. *Nano Letters* 8.
6. E. Taer, Apriwandi, Sugianto, Yusriwandi, W. S. Mustika, Zulkifli, R. Taslim, B. Kurniasih, Agustino, P. Dewi. 2017. Comparative Study of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O Activation in the Synthesis of Carbon Electrode for Supercapacitors. *The 1st International Conference and Exhibition on Powder Technology Indonesia*. AIP Conf. Proc. 1927, 030036-1–030036-6.
7. E.Taer, S.D. Hartati, Sugianto, R. Taslim. 2016. Pengaruh variasi suhu aktivasi fisika terhadap sifat fisis dan elektrokimia elektroda Karbon superkapasitor dari Limbah kulit pisang. *Jurnal fisika dan aplikasinya*. 1(2):2541-3392.
8. E. Taer, Iwantono, S. T. Manik, R. Taslim, D. Dahlan, M. Deraman. 2014. Preparation of Activated Carbon Monolith Electrodes from Sugarcane Bagasse by Physical and Physical-chemical Activation Process for Supercapacitor Application. *Advanced Material Research*. 896, 179-182.
9. E. Taer, M. Deraman, R.Taslim, Iwantono. 2013. Preparation of binderless activated carbon monolith from pre-carbonization rubber wood sawdust by controlling of

- carbonization and activation condition. *Padjadjaran International Physics Symposium*. 1554, 33-37.
10. E. Taer, A. Afrianda, R. Taslim. U. Malik, 2017. Pemanfaatan ampas sagu sebagai elektroda karbon Superkapasitor. *Jurnal komunikasi indonesia*. p-ISSN:1412-2960; e-ISSN: 2579-521X.
  11. Mc Clatchey Will. Manner, I. Harley. and Elevitch, R. Craig. 2006. *Metroxylon* Sp. Ecology papers Inc. London.
  12. Sangaji, I., (2009), Mengoptimalkan Pemanfaatan Ampas Sagu Sebagai Pakan Ruminansia Melalui Biofermentasi dengan Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) dan Amoniasi, *Disertasi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
  13. Taer,E., Deraman, M., Thalib, I. A., Awitdrus, A., Hasmi, S. A., Umar A., A.. Preparation of a Highly Prous Binderless Activated Carbon Monolith from Rubber Wood Saw Dust by a Multi Step Activation Process for Application in Supercapacitors. *Int. Journal Electrochem. Sci*; 2011. 6:3301
  14. Taer, E. 2009. Pembangunan Superkapasitor Menggunakan Elektroda Karbon. *laporan penelitian FMIPA Universitas Riau*, Pekanbaru.
  15. Nurdiansah Haniffudin dan Diah Susanti, 2013. Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Temperatur Aktivasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak Terhadap Nilai Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (EDLC). *Jurnal Teknik Pomits* Vol. 2, Issn: 2337-3539.
  16. Aripin, H., Lestari, L., Ismail, D., Sabchevski, S. 2010. Sago Waste Based Activated Carbon Film as an Electrode Material for Electric Double Layer Capacitor. *The Open Materials Science Journal*. 4, 117-124.
  17. Jankowski, H., Swiatkowski, A., and Choma J. 1991. Active Carbon. *Ellis Horwood*, London. P. 17, 31-40, 75-77.
  18. Taer. E. 2015. Pembuatan dan karakterisasi sifat fisika green carbon paper tanpa perekat menggunakan limbah biomassa. *Seminar nasional fisika*. 6: 2476-9398.
  19. Hartoyo, Hudaya, N. dan Fadli, 1990. Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dan kayu bakau dengan cara aktivasi uap. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, Bogor.8: 8-16. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.

# MORFOLOGI DAN EFISIENSI SEL SURYA FOTOELEKTROKIMIA BERBASIS NANOSTRUKTUR ZnO DILAPISI TEMBAGA

Iwantono<sup>1</sup>, Sella Natalia<sup>1\*</sup>, Rinaldo Abdi<sup>1</sup>, Awitdrus<sup>1</sup>, Zulkarnain<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika FMIPA UR, Kampus Bina Widya

Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

\*E-mail korespondensi: [sellanataliasimanungkalit@gmail.com](mailto:sellanataliasimanungkalit@gmail.com)

## ABSTRACT

*ZnO nanostructures coated Cu (Copper) have been successfully grown using a method of seed mediated hydrothermal. The growth of Cu coated ZnO nanostructures were used as an active material of DSSC. The Cu on ZnO nanostructures has been coated at a concentration of 10 mM at room temperature in 30 minutes. The samples were characterized using Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM), Energy Dispersive X-ray (EDX). The FESEM images showed that the geometrical shape of ZnO nanostructures was nanoflower. Spectra of EDX showed Cu was really exist in all samples of about 0.8%. A DSSC was fabricated by using the ZnO nanostructured coated Cu as an active material. The results of I-V measurements under illumination of halogen lamp its intensity of 100 mW/cm<sup>2</sup> has produced efficiency 0.35% (DSSC without copper) and increased to 0,43% when Cu was coated on ZnO.*

**Keywords:** Nanostructure ZnO, Copper, Seed Mediated Hydrothermal, DSSC

## ABSTRAK

*Nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu (Tembaga) telah berhasil ditumbuhkan menggunakan metode seed mediated hydrothermal. Penumbuhan nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu digunakan sebagai material aktif pada DSSC. Pelapisan Cu pada nanostruktur ZnO dilakukan selama 30 menit pada suhu kamar dengan konsentrasi 10 mM. Sampel dikarakterisasi menggunakan Mikroskop Pindaian Emisi Medan Elektron (FESEM) dan Energi Dispersif Sinar-X (EDX). Foto FESEM menunjukkan bahwa bentuk geometris dari nanostruktur ZnO dilapisi Cu adalah nanoflower. Spektrum EDX menunjukkan atom Cu benar-benar ada pada semua sampel sebesar 0,8%. Sel DSSC difabrikasi dengan menggunakan nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu sebagai material aktifnya. Hasil pengukuran I-V dari DSSC pada intensitas penyinaran lampu halogen 100 mW/cm<sup>2</sup> menghasilkan efisiensi sebesar 0,35 % untuk sel tanpa lapisan Cu dan naik menjadi 0,43 % ketika nanostruktur ZnO dilapisi Cu.*

**Kata kunci:** Nanostruktur ZnO, Tembaga, Seed Mediated Hydrothermal, DSSC

## PENDAHULUAN

Kebutuhan energi semakin lama semakin meningkat, sementara itu bahan bakar fosil semakin hari semakin berkurang. Alternatif baru pengganti bahan bakar fosil guna mengatasi masalah tersebut salah satunya adalah pemanfaatan cahaya matahari. Cahaya matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui dan memiliki banyak

keunggulan, diantaranya ramah lingkungan, bersih, murah dan gratis. Untuk memanfaatkan cahaya matahari, diperlukan piranti yang dapat mengkonversikannya menjadi energi listrik, yaitu sel surya.

Michael Grätzel dan Brian O'Regan pada awal tahun 1990-an memperkenalkan sel surya lain yaitu *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). DSSC merupakan sel surya generasi ketiga yang memanfaatkan teknologi foto elektrokimia

dengan adanya elektrolit dan dye sensitizer serta menggunakan material aktif semikonduktor logam oksida ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ).

Nanomaterial  $\text{ZnO}$  telah digunakan sebagai material aktif DSSC dengan menghasilkan nilai efisiensi sebesar 0,27% [1], nilai ini masih jauh rendah dibandingkan sel Gratzel yang menggunakan  $\text{TiO}_2$  sebagai material aktifnya. Sehingga masih perlu dikembangkan dengan berbagai perlakuan dan modifikasi. Salah satu perlakuan yang telah dilakukan adalah dengan penambahan atom logam dan non-logam.  $\text{ZnO}$  dapat dilapisi dengan berbagai jenis logam seperti Ga, In, Sn, Mg, Al dan B [2]. Beberapa tahun terakhir ini  $\text{ZnO}$  banyak dimodifikasi dengan penambahan logam transisi seperti Ag [3].

Logam transisi seperti Cu yang memiliki konduktivitas tinggi harganya murah dan tersedia di kerak bumi [4].  $\text{ZnO}$  yang diberi tambahan Cu berpotensi dapat digunakan untuk meningkatkan sifat fisik, optik dan elektriknya, sehingga berpotensi dapat meningkatkan performansi DSSC. Untuk itu perlu dilakukan penelitian yang mengkaji penggunaan Cu pada  $\text{ZnO}$  dan efeknya pada efisiensi DSSC. Pada penelitian ini, dikaji pengaruh penambahan Cu pada nanomaterial  $\text{ZnO}$  dengan menggunakan metode *seed mediated hydrothermal* dan metode treatment.

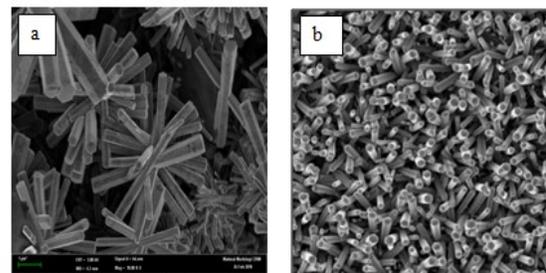
## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kimia basah, yaitu metode *seed mediated hydrothermal* untuk penumbuhan nanostruktur  $\text{ZnO}$ . Pelapisan tembaga pada nanostruktur  $\text{ZnO}$  dengan konsentrasi 10 mM menggunakan metode treatment (perendaman). Sintesis nanostruktur  $\text{ZnO}$  dilakukan melalui dua proses, yaitu proses pembenihan dan penumbuhan. Sedangkan karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan metode FESEM dan EDX.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Hexamethylene Tetramine (HMT), Zinc Acetate Dihydrate (ZAD), Zinc Nitrat Hexahydrate (ZNH) dan Copper (II) Nitrat Hydrate. Larutan pembenih dibuat dengan melarutkan ZAD 0,01 M ke dalam 10 mL ethanol. Proses pembenihan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan spin coater selama 30 detik dengan kecepatan 3.000 rpm. Setelah itu, sampel dianneling pada suhu  $350^\circ\text{C}$  selama 1 jam [5]. Proses penumbuhan diawali dengan membuat larutan penumbuh dengan mencampurkan ZNH 0,1 M dan HMT 0,1 M dalam 20 mL DI Water. Selanjutnya sampel yang telah dibenihkan kemudian dimasukkan ke dalam campuran larutan penumbuh. Setelah itu sampel dimasukkan ke dalam oven selama 8 jam pada suhu  $90^\circ\text{C}$  [6]. Selanjutnya proses pelapisan Cu dimulai dengan menyiapkan botol berisi 10 ml DI water. Setelah itu sampel diletakkan dalam botol yang berisi larutan dengan posisi digantung selama 30 menit pada suhu kamar. Kemudian sampel dikeringkan dengan menggunakan oven selama 10 menit pada suhu  $100^\circ\text{C}$ . Terakhir sampel dikarakterisasi dengan menggunakan FESEM dan EDX.

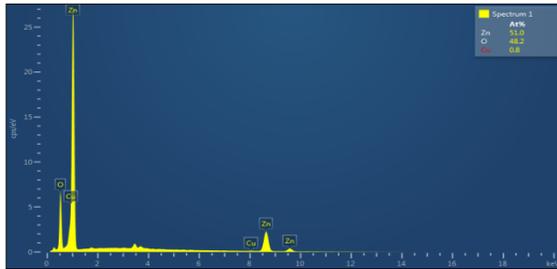
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemindaian FESEM dari sampel yang dilapisi tembaga (Cu) dan sampel murni dengan perbesaran 10.000X ditampilkan pada Gambar 1.



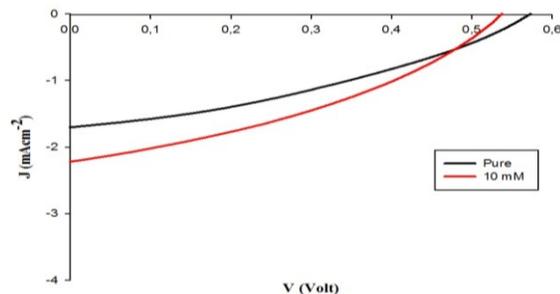
**Gambar 1.** Foto hasil pindaian FESEM nanostruktur  $\text{ZnO}$  yang dilapisi (a) Cu 10 mM dan (b)  $\text{ZnO}$  murni dengan perbesaran 10.000X.

Gambar 1 menunjukkan bahwa nanostruktur ZnO yang tumbuh adalah nanostruktur ZnO berbentuk *nanoflower*, kontras dengan nanostruktur ZnO murni. Material Cu yang melapisi nanostruktur ZnO terlihat mempengaruhi struktur dari nanostruktur ZnO. Nanostruktur ZnO yang dihasilkan pada sampel saling tumpang tidih yang artinya orientasinya tidak berdiri tegak atau vertikal terhadap FTO.



**Gambar2.** Spektrum EDX dari nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu 10 mM.

Gambar 2 memperlihatkan spektrum EDX dari nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu 10 mM yang terdiri dari Zn (Seng Oksida), O (Oksigen) dan Cu (Tembaga). Hal ini membuktikan bahwa unsur Cu terdapat dalam sampel.



**Gambar 3.** Kurva J-V dalam keadaan terang (disinari) dari DSSC dengan material aktif nanostruktur ZnO murni dan nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu.

Karakteristik I-V dari Sel DSSC berbasis nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu diperlihatkan pada Gambar 3. Gambar3 tersebut menunjukkan luasan daerah (daya maksimum) yang dihasilkan pada pengukuran I-V pada sel DSSC berbasis nanostruktur ZnO murni dan yang dilapisiCu. Tabel 1. menunjukkan parameter fisis sel hasil

pengukuran dan perhitungannya pada kurva karakteristik I-V yang dihasilkan.

**Tabel 1.** Hasil data pengukuran dan perhitungan DSSC pada nanostruktur ZnO murni dan nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu

No	Sampel	$V_{oc}$ (V)	$J_{sc}$ ( $\text{mAcm}^{-2}$ )	FF	$\eta$ %
1	ZnO pure	0,57	1,69	0,36	0,35
2	10 mM	0,54	2,23	0,36	0,43

Pada Tabel 1 tersebut dapat dilihat bahwa nilai efisiensi sel DSSC berbasis nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu adalah 0,43% lebih besar dari efisiensi sel DSSC berbasis nanostruktur ZnO tanpa Cu sebesar 0,35%.

Logam Cu memiliki konduktivitas tinggi yang dapat meningkatkan sifat fisis, optik dan elektriknya sehingga ketika ZnO dilapisi Cu dan kemudian diaplikan sebagai material aktif DSSC, maka dapat meningkatkan efisiensi DSSC.

## KESIMPULAN

Nanostruktur ZnO dilapisi Cu telah berhasil ditumbuhkan di atas FTO sebagai material aktif DSSC menggunakan metode *seed mediated hidrotermal* engan konsentrasi larutan Cu 10 mM selama 30 menit pada suhu kamar. Nanostruktur ZnO yang tumbuh adalah nanostruktur ZnO berbentuk *nanoflower*. Analisa kurva I-V dari DSSC menghasilkan nilai efisiensi sel setelah di lapisi Cu meningkat dari 0,35% (sel berbasis snano struktur ZnO murni) menjadi 0,43%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kemenristekdikti melalui DRPM yang telah mendanai peneltiaan ini melalui Hibah Penelitian Kompetensi Tahun 2018 atas nama Dr.

Iwantono, M.Phil dengan kontrak nomor:  
362/UN.19.5.1.3/PP/2018

## DAFTAR PUSTAKA

1. Iwantono, Nurwidya, W., Lestari, L. R., Naumar, F. Y., Nafishah, Umar, A. A., Rahman, M. Y. A., Salleh, M. M. 2015. Effect of growth temperature and time on the ZnO film properties and the performance of dye sensitized solar cell (DSSC). *Journal Solid State Electrochem.*
2. Yun, S., Lee, J., Yang, J. & Lim, S. 2010. Hydrothermal synthesis of Al-doped ZnO nanorod arrays on Si substrate. *Physica B: Condensed matter* 405(1):413-419.
3. T. Tan, N. S. Alzayed, G. Lakshminarayana, F. Naumar, A. A. Umar, M. Oyama, G. Myronchuk, and I. V. Kityk. 2014. Laser stimulated electrooptics in the Ag-ZnO nanorods. *Physica E* 61, 23.
4. Labhane, K, P., Huse, R, V., Patle, B, L., Chaudhari, L, A., and Sonawane, H, G. 2015. Synthesis of Cu Doped ZnO Nanoparticles: Crystallographic, Optical, FTIR, Morphological and Photocatalytic Study. *Journal of Material Science and Chemical Engineering.* 3:39-51.
5. Anggelina, F. 2014. Efek Suhu dan Waktu Penukukan Nanorod ZnO dengan Metode Hidrotermal Untuk Aplikasi DSSC (Dye Sensitized Solar Cells), Skripsi Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Pekanbaru.
6. Iwantono., Nurwidya, W., Lestari, L.R., Naumar, F.Y., Nafishah., Umar, A. A., Rahman, M. Y. A., Salleh, M. M. 2015. Effect of growth temperature and time on the ZnO film properties and the performance of dye sensitized solar cell (DSSC). *Journal Solid State Electrochem.*

# INTERPRETASI AKUSTIK IMPEDANSI (AI) MENGGUNAKAN DATA SEISMIK DAN DATA SUMUR UNTUK MENENTUKAN ZONA PROSPEK HIDROKARBON

Hanum Eko Hapsari<sup>1\*</sup>, Intan Lestari<sup>2</sup>, Samsidar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

<sup>2</sup> Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi  
Jl. Jambi-Ma. Bulian KM 15 Mendalo Darat Jambi 36361

\*E-mail korespondensi: hanumekohapsari@gmail.com

## ABSTRACT

*Research has been conducted to determine the prospect of hydrocarbon zones using the interpretation of acoustic impedance (AI) seismic method in Field X, South Sumatra Basin, Jambi Province. The purpose of this study was to determine the AI value on the distribution map of AI values for hydrocarbon prospect zones in Field X. In this study the data used were 3D seismic data with PSTM (Post-Stack Time Migration) type, and well data. Data processing using Hampson and Russell (HRS) software used in the mining and petroleum fields has a function for subsurface modeling below the ground surface of reservoir characterization. Well data will be linked to seismic data so that the well data will be in the actual position. The distribution of hydrocarbon prospect zones in PEV-1 well can be seen first in crossplot analysis at a depth of 1760-1798 m with AI cutoff value indicated as sandstone ranging from 8450 (m/s)\*(g/cc) and above, with a high correlation value 0.818 time shift 0 ms. Picking horizon is carried out to determine the target zone layer and its continuity laterally on seismic volume so that a model based can be done as an initial subsurface description below the soil surface at PEV-1 well. Then the next step is a post-stack analysis based model to find out how much the error value of the target zone prediction with certain parameters through the PEV-1 well data. So with a correlation value of 0.936429 and an error value of 0.35227 in the post-stack analysis model based, AI inversion in the PEV-1 well layer which is the target zone of the hydrocarbon prospect is indicated by the range of 8450 (m/s)\*(g/cc) which is indicated as sandstone.*

**Keywords** : seismic method, well data, reservoir, acoustic impedance

## ABSTRAK

*Telah dilakukan penelitian menentukan zona prospek hidrokarbon menggunakan interpretasi metode seismik akustik impedansi (AI) di Lapangan X, Cekungan Sumatera Selatan, Provinsi Jambi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai AI pada peta persebaran nilai AI untuk zona prospek hidrokarbon di Lapangan X. Pada penelitian ini data yang digunakan yaitu data seismik 3D dengan tipe PSTM (Post-Stack Time Migration), dan data sumur. Pengolahan data menggunakan software Hampson and Russell (HRS) yang digunakan dalam bidang pertambangan dan perminyakan yang memiliki fungsi untuk pemodelan subsurface di bawah permukaan tanah karakterisasi reservoir. Data sumur akan dikaitkan terhadap data seismik sehingga data sumur akan berada pada posisi yang sebenarnya. Persebaran zona prospek hidrokarbon di sumur PEV-1 dapat dilihat terlebih dahulu pada crossplot analysis di kedalaman 1760-1798 m dengan nilai cutoff AI diindikasikan sebagai batu pasir berkisar 8450 (m/s)\*(g/cc) keatas, dengan nilai korelasi yang tinggi 0.818 time shift 0 ms. Picking horizon dilakukan untuk menentukan lapisan zona target dan kemenerusannya secara lateral pada volume seismik sehingga dapat dilakukan model based sebagai gambaran awal subsurface di bawah permukaan tanah pada sumur PEV-1. Kemudian tahapan selanjutnya ialah post-stack analysis model based untuk mengetahui seberapa besar nilai error prediksi zona target dengan parameter tertentu melalui data sumur PEV-1. Sehingga dengan nilai korelasi sebesar 0.936429 dan nilai error-nya 0.35227 pada post-stack analysis model based, inversi AI pada sumur PEV-1 lapisan yang menjadi target zona prospek hidrokarbon ditunjukkan dengan range nilai 8450 (m/s)\*(g/cc) yang diindikasikan sebagai batu pasir.*

**Kata kunci** :metode seismik, data sumur, reservoir, impedansi akustik

## PENDAHULUAN

Keberadaan energi merupakan hal yang penting dan tidak bisa dilepaskan dari kehidupan manusia. Kondisi sumberdaya energi yang semakin berkurang sedangkan populasi penduduk terus mengalami peningkatan mengakibatkan kelangkaan energi, diantaranya migas (minyak bumi dan gas). Migas merupakan energi utama yang berperan penting dalam menopang keberlangsungan kegiatan industri baik dalam skala kecil ataupun besar, dan merupakan energi konvensional yang jika habis tidak dapat diperbaharui lagi. Kebutuhan migas selalu meningkat di masyarakat sesuai kebutuhan, sehingga perlu dilakukan eksplorasi hidrokarbon terus-menerus dengan berbagai metode diantaranya menggunakan metode seismik.

Survei seismik dilakukan untuk memetakan kondisi lapisan batuan di bawah permukaan yang diperoleh dengan mencatat gelombang pantulan getaran dari dalam tanah pada kedalaman tertentu dan direkam oleh alat pencatat penerima getaran. Metode seismik membutuhkan sumber energi sebagai sumber getarannya seperti dinamit, seismik vibrator, dan *air gun*. Metode yang digunakan untuk eksplorasi hidrokarbon yaitu seismik refleksi, telah digunakan untuk eksplorasi hidrokarbon sejak tahun 1920-an. Berdasarkan hasil studi geologi dan geofisika, suatu lokasi dinyatakan memiliki prospek migas bila memenuhi seluruh kriteria sistem hidrokarbon (*petroleum system*). Diantara interpretasi data seismik untuk menentukan prospek zona hidrokarbon yaitu interpretasi Impedansi Akustik (AI) [1].

Impedansi akustik didefinisikan sebagai sifat batuan yang dipengaruhi oleh jenis litologi, porositas, kandungan fluida, kedalaman, tekanan dan temperatur, sehingga dapat digunakan sebagai indikator litologi, porositas, hidrokarbon sampai dengan kuantifikasi karakter reservoir [2]. Data yang digunakan dalam eksplorasi hidrokarbon adalah data seismik dan data log sumur. Data seismik memberikan resolusi bawah

permukaan secara horizontal dalam domain waktu, sedangkan data log sumur dapat memberikan resolusi secara vertikal dalam domain kedalaman.

Dalam penelitian ini untuk mengetahui zona prospek hidrokarbon menggunakan prinsip akustik impedansi *model based* dilakukan dengan metode seismik refleksi karena metode ini mempunyai kelebihan dapat memberikan informasi yang lebih lengkap dan baik mengenai keadaan struktur bawah permukaan. Selain itu, untuk mengetahui zona prospek hidrokarbon nilai AI menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik dengan nilai porositas, sehingga jika nilai AI semakin kecil maka nilai porositas semakin besar [3].

Beberapa penelitian sebelumnya mengenai eksplorasi hidrokarbon menyatakan yaitu: pertama, penentuan zona prospek *reservoir* hidrokarbon pada tahap eksplorasi dengan analisis petrofisika formasi baturaja lapangan Z Blok Sekayu cekungan Sumatera Selatan pada kedalaman 4308 *feet* menghasilkan perhitungan yang relevan 18,46 ppm [4], kedua, karakterisasi reservoir menggunakan aplikasi seismik atribut dan impedansi akustik pada kedalaman 27000-34000 *feet* menghasilkan porositas 8-11% prospek hidrokarbon yang merata [5], dan ketiga, analisa potensi migas dengan impedansi akustik seismik *sphere spike* menghasilkan nilai korelasi yang rendah dan impedansi yang rendah sekitar 9 dalam skala yang mengidentifikasi gas [6]. Oleh karena itu peneliti tertarik melakukan pengolahan data seismik dan data sumur untuk menentukan zona prospek hidrokarbon dengan prinsip impedansi akustik *model based*, melihat bahwa impedansi akustik *model based* dapat digunakan sebagai indikator hidrokarbon dengan korelasi yang cukup baik.

## METODE

Penelitian ini menggunakan data seismik 3D PSTM dan data sumur di Lapangan X, Cekungan Sumatera Selatan, Provinsi Jambi.

## Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu Laptop/PC, *Microsoft Excel*, *Software HRS*.

## Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data sekunder. Data sekunder yang akan digunakan yaitu data seismik dengan format *\*sgy* dan data sumur dengan format *\*las*.

## Pengolahan data

Prosedur pengolahan data dimulai dengan menginput nilai yang didapat di dalam *Microsoft Excel*. Data dalam *Microsoft Excel* tersebut yaitu data seismik dan data sumur yang akan digunakan untuk pengolahan data dan interpretasi data menggunakan *software HRS*.

## Interpretasi Data

Pada tahap interpretasi data yang akan dilakukan adalah menjelaskan nilai AI dari *software HRS*. Nilai AI dapat digunakan sebagai suatu indikator litologi, porositas, hidrokarbon, serta pemetaan litologi. Keberadaan gas bumi dalam batuan *resevoir* menyebabkan nilai AI yang lebih rendah, karena adanya gas bumi dapat menyebabkan turunnya kecepatan gelombang seismik dalam batuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

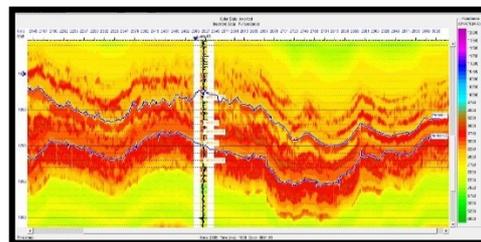
### Interpretasi Menggunakan *Software HRS*

Hasil akhir dari suatu proses inversi seismik adalah berupa data akustik impedansi yang memiliki informasi lebih lengkap dibandingkan data seismik. Perubahan amplitudo pada data seismik hanyalah mencerminkan suatu bidang batas antar lapisan batuan sehingga bisa dikatakan bahwa data seismik adalah atribut dari suatu bidang batas lapisan batuan, sedangkan akustik impedansi mencerminkan sifat fisis batuan.

Harga akustik impedansi ini lebih dipengaruhi oleh kecepatan dibanding dengan

densitas. Sebagai contoh variasi porositas pada batuan yang berisi fluida (misalnya gas pada batu pasir) mempunyai efek yang lebih signifikan pada *log* kecepatan dibandingkan dengan *log* densitas. Keberadaan gas bumi dalam batuan *resevoir* menyebabkan akustik impedansi yang lebih rendah, karena adanya gas bumi dapat menyebabkan turunnya kecepatan gelombang seismik dalam batuan.

Pantulan gelombang seismik terjadi disebabkan oleh perubahan akustik impedansi lapisan. Nilai kontras akustik impedansi dapat diperkirakan dari amplitudo refleksinya, semakin besar amplitudo refleksi maka semakin besar pula kontras akustik impedansi. Jadi, dapat dilihat bahwa data seismik melihat objek bawah permukaan dalam bentuk bidang batas antara lapisan-lapisan batuan, sedangkan akustik impedansi sebagai hasil inversi akan melihat objek bawah permukaan tersebut sebagai lapisannya itu sendiri. Sehingga tampilan akustik impedansi akan lebih mendekati dunia *rill* dan mudah dipahami.



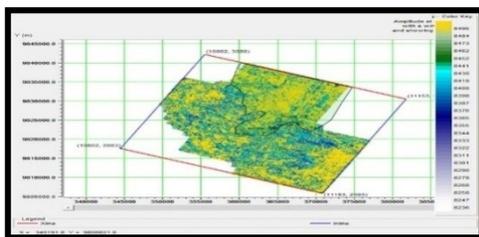
**Gambar 1.** Inversi Akustik Impedansi (AI)

Gambar 1 menjelaskan hasil gambaran litologi bawah permukaan di Lapangan X. Inversi dilakukan dengan *input* yang digunakan adalah *range inversion* pada waktu 1100-2100 ms, iterasi 10, dan *prewhitening* 10%. Volume akustik impedansi menunjukkan persebaran nilai dari akustik impedansi dengan *range* warna pada gambar berkisar 6000-12000 (m/s)\*(g/cc). Rentang warna hijau ke ungu menunjukkan nilai akustik impedansi dari kecil ke besar.

Zona target dengan batas *horizon 1* dan *horizon 2* memiliki rentang warna kuning sampai merah yang memiliki kemiripan dengan *log p-impedance*. Kemiripan nilai AI dengan *log p-impedance* menunjukkan bahwa

ketepatan persebaran zona prospek hidrokarbon. Hubungan akustik impedansi dengan porositas mempunyai hubungan berbanding terbalik [7].

Berdasarkan hasil inversi akustik impedansi pada sumur PEV-1 lapisan yang menjadi target zona prospek hidrokarbon ditunjukkan dengan *range high impedance* 8450 (m/s)\*(g/cc) keatas yang diidentifikasi sebagai batu pasir. Persebaran batu pasir dapat dilihat dari peta persebaran inversi akustik impedansi dengan persebaran yang baik secara lateral pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Peta Persebaran Inversi Akustik Impedansi

Pada Gambar 2, persebaran zona prospek hidrokarbon ditunjukkan dengan warna hijau dan kuning yang meliputi sumur PEV-1. Penentuan hidrokarbon selain melakukan pemetaan AI terdapat data pendukung lainnya, yaitu data DST (*drill steam test*) dan petrofisika.

## KESIMPULAN

Pada penelitian yang dilakukan pada Lapangan X menggunakan metode seismik inversi akustik impedansi maka didapat kesimpulan sebagai berikut: Prospek hidrokarbon di Lapangan X pada formasi air benakat merupakan batu pasir dengan kedalaman 1760-1798m. Hubungan antara nilai AI dan porositas batu pasir berbanding terbalik, dengan nilai *cutoff* porositas batu pasir berada di bawah 0.300%. Prospek hidrokarbon berada pada nilai *cutoff* AI dengan *range* 8450 (m/s)\*(g/cc) keatas berdasarkan data *crossplot* dan peta *slice* pada lapisan target num-2.

## SARAN

Saran yang dapat dikemukakan dalam penelitian ini adalah: Penentuan hidrokarbon menggunakan metode *model based* agar mendapatkan nilai korelasi yang tinggi dan *error* yang kecil. Penentuan hidrokarbon selain melakukan pemetaan AI terdapat data pendukung lainnya, yaitu data DST (*drill steam test*) dan petrofisika. Pemetaan AI merupakan langkah untuk mengidentifikasi zona prospek hidrokarbon, yang nantinya akan didukung oleh data aspek GGRP (Geologi Geofisika Reservoir Produksi). Melakukan *picking horizon* pada penampang seismik diharuskan dengan *increment* yang lebih kecil agar hasil lebih baik. Untuk meningkatkan kualitas tampilan dengan menggunakan *software* yang lebih baik lagi.

## REFERENSI

1. Sanny, T.A. 2004. *Metode Seismik Refleksi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
2. Nigell, A. 2013. *Seismic Interpretation : The Physical Aspects*. German : Springer Science Business Media.
3. Kanai, K. 1983. *Seismology in Engineering*. Japan: Tokyo University.
4. Septianingrum Rizky, dkk. 2014. *Penentuan Zona Prospek Reservoir Hidrokarbon pada Tahap Eksplorasi dengan Analisis Petrofisika Formasi Baturaja Lapangan Z Blok Sekayu Cekungan Sumatera Selatan*
5. Nur Muhammad, dkk. 2017. *Karakterisasi Reservoir menggunakan Aplikasi Seismik Atribut dan Inversi Seismik Impedansi Akustik Studi Kasus Lapangan Teapot Dome Wyoming*. Surabaya : ITS.
6. Miharno Fatimah. 2016. *Analisa Potensi Minyak dan Gas Bumi dengan Atribut Seismik pada Lapangan X Cekungan Sumatera Selatan*. Yogyakarta : STTNAS.
7. Arifien, H. 2010. *Inversi Seismik Berbasis Model untuk Karakterisasi Reservoir*. Semarang : Universitas Diponegoro.

# PENENTUAN STRUKTUR TANAH SEBAGAI DASAR UJI KELAYAKAN KEKUATAN BANGUNAN PERUMAHAN DI MUARO JAMBI MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI DIPOLE- DIPOLE

M.Ikhsan<sup>1\*</sup>, Faizar Farid<sup>2</sup>, Samsidar<sup>1</sup>, Linda Handayani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Fisika

<sup>2</sup> Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Jambi

Jl. Jambi-Ma. Bulian KM 15 Mendalo Darat Jambi 36361

\*E-mail korespondensi: [ikhsan08.mi@gmail.com](mailto:ikhsan08.mi@gmail.com)

## ABSTRACT

*This research describes the foundation standard in Muaro Jambi. The objective is to determine the subsurface structure as well as to determine the suitable foundation standards for residential buildings in Muaro Jambi. In this study, data collection is divided into 2 residential places, the first in the housing Arza Griya Mandiri and Griya Sungai Duren Indah housing. Each housing will be taking 3 geolistrik data with path length 160 m and datum point as much as 69 datum. The result of field data obtained in the form of voltage value and current value, this value is inputted into Microsoft Excel software and searched for obstacle value and  $\rho_a$ . Datum point value, space electrode, layer, and value  $\rho_a$  are combined and input into notepad software to be processed using Res2DINV software. The results show that the foundation has been built almost in accordance with soil structure and foundation of soil obtained from the research. A suitable soil layer to build a foundation is a rocky clay layer where in this study the depth of this layer varies from 1.71 m to 18.4 m.*

**Keywords:** Foundation, soil structure, Res2DINV, geolistrik, dipole-dipole

## ABSTRAK

*Penelitian ini memaparkan standar pondasi di Muaro Jambi. Tujuannya untuk menentukan struktur bawah permukaan tanah serta menentukan standar pondasi yang cocok untuk bangunan perumahan di Muaro Jambi. Dalam penelitian ini, pengambilan data dibagi menjadi 2 tempat perumahan, yang pertama di perumahan Arza Griya Mandiri dan perumahan Griya Sungai Duren Indah. Setiap perumahan akan dilakukan pengambilan data geolistrik sebanyak 3 lintasan dengan panjang lintasan 160 m dan datum point sebanyak 69 datum. Hasil data lapangan yang didapatkan berupa nilai tegangan dan nilai arus, nilai ini diinput kedalam software Microsoft Excel dan dicari nilai hambatan serta  $\rho_a$ . Nilai datum point, spasi elektroda, lapisan, dan nilai  $\rho_a$  di gabungkan dan di input kedalam software notepad untuk diolah menggunakan software Res2DINV. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa pondasi yang telah dibangun hampir sesuai dengan struktur tanah dan pondasi tanah yang didapat dari hasil penelitian. Lapisan tanah yang cocok untuk dibangun sebuah pondasi adalah lapisan lempung berbatu dimana pada penelitian ini kedalaman lapisan ini bervariasi mulai dari 1.71 m hingga 18.4 m.*

**Kata kunci:** pondasi, struktur tanah, Res2DINV, geolistrik, dipole-dipole

## PENDAHULUAN

Tanah merupakan benda alam yang terus menerus berubah (dinamis). Hal ini diakibatkan karena pelapukan dan pencucian yang terus menerus sehingga tanah-tanah menjadi semakin tua [1]. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan sipil, selain itu juga berfungsi

sebagai pendukung pondasi bangunan [2]. Menurut Hurriyah dan Jannah suatu bangunan yang berdiri di atas tanah akan menimbulkan beban terhadap permukaan bawah tanah, sehingga mengalami tegangan, tergantung beban yang dipikul dan luas pondasi yang digunakan [3]. Hal ini menyebabkan timbulnya perubahan bentuk (*deformasi*) dan

penurunan (*settlement*) terhadap bangunan yang bersangkutan.

Saat ini, sedang marak pembangunan perumahan sebagai tempat tinggal masyarakat. Daerah yang akan dibuat perumahan tersebut awalnya adalah sebuah rawa, tanahnya tidak datar, dan tanah gambut. Sehingga harus ditambah tanah timbunan pada permukaan atasnya yaitu tanah liat, agar bangunan dapat berdiri di tanah tersebut. Penambahan tanah timbunan memungkinkan munculnya masalah baru. Perencanaan pembangunan yang cukup matang sangat diperlukan untuk mencegah timbulnya perubahan bentuk. Oleh karena itu dalam merencanakan pembangunan perlu diketahui kondisi lingkungan seperti struktur bawah permukaan tanah sehingga fenomena kegagalan bangunan tidak terjadi. Menurut Reynold struktur tanah merupakan gumpalan-gumpalan kecil dari tanah, akibat melekatnya butiran-butiran tanah satu sama lain, dengan tersusunnya fraksi-fraksi tanah primer, terdapat ruang kosong atau pori-pori diantaranya [4]. Dalam menentukan struktur bawah permukaan tanah tersebut dapat digunakan beberapa metode geofisika dan salah satunya adalah metode geolistrik.

Menurut Supriyanto pendugaan geolistrik digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal [5]. Model pendugaan ini menggunakan prinsip perbedaan sifat kelistrikan di dalam batuan dan mineral yaitu resistivitas yang bervariasi. Pada penelitian sebelumnya mengenai struktur tanah oleh Hurriyah dan Jannah, bahwa litologi tanah berupa clay basah memiliki resistivitas  $<10 \Omega\text{m}$ , clay padat  $10\text{-}70 \Omega\text{m}$ , limestone  $70\text{-}200 \Omega\text{m}$ , dan andesit  $>200 \Omega\text{m}$  [3]. Sedangkan penelitian lain yang dilakukan oleh [6], metode geolistrik digunakan untuk mencari batuan dasar (*bedrock*), dimana pada penelitian tersebut batuan dasar memiliki kedalaman dengan rentang  $7,5\text{-}23,5 \text{ m}$  dan nilai resistivitas antara  $352\text{-}7598 \Omega\text{m}$ . Penelitian ini sangat penting dilakukan untuk meneliti struktur lapisan tanah dan standar pondasi yang baik di perumahan yang berada pada

Kabupaten Muaro Jambi. Perumahan yang dipilih adalah perumahan Griya Sungai Duren Indah dan Perumahan Arza Griya Mandiri.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Tempat dan Waktu

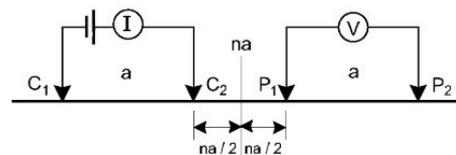
Penelitian ini dilakukan di 2 tempat yaitu di Perumahan Griya Sungai Duren Indah dengan titik koordinat  $1^{\circ}35'8.14''\text{LS}$  dan  $103^{\circ}30'54.14''\text{BT}$  serta Perumahan Arza Griya Mandiri dengan titik koordinat  $1^{\circ}36'25.42''\text{LS}$  dan  $103^{\circ}31'36.04''\text{BT}$ . Waktu penelitian ini tanggal 10 April – 14 April 2018.

### Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: seperangkat alat geolistrik resistivitas, 4 buah elektroda, 4 buah *proof*, 4 gulungan kabel, aki 12 volt, 4 buah kabel penghubung, 3 buah *handy talky*, multimeter digital, kamera, GPS, meteran, Buku catatan, *datasheet*, palu, patok.

### Akuisisi Data

Akuisisi data dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole. Menurut Lowrie spasi antar elektroda arus dan antar elektroda potensial pada konfigurasi elektroda dipole-dipole adalah sejauh, dimana jarak antar titik tengah elektroda arus ke titik tengah elektroda potensial sejauh  $na$  [7].



**Gambar 1.** Spasi elektroda Dipole-Dipole

Proses akuisisi data dilakukan dengan menginjeksikan arus ke bawah permukaan bumi melalui elektroda arus dan akan ditangkap nilai tegangannya melalui elektroda potensial. Nilai akuisisi data yang didapatkan dari lapangan berupa nilai arus dan nilai tegangan yang dicatat pada *datasheet*.

### Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menginput nilai arus dan potensial ke *software* Ms. Excel dan notepad. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai hambatan jenis tanahnya, faktor geometri, dan mendapatkan nilai resistivitas semu ( $\rho_a$ ). Nilai hambatan jenis tanah, faktor geometri, dan resistivitas semu ( $\rho_a$ ) didapatkan menggunakan persamaan berikut:

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

$$k = \pi a(n)(n+1)(n+2) \quad (2)$$

$$\rho_a = \pi a(n)(n+1)(n+2) \frac{V}{I} \quad (3)$$

atau

$$\rho_a = k \times R \quad (4)$$

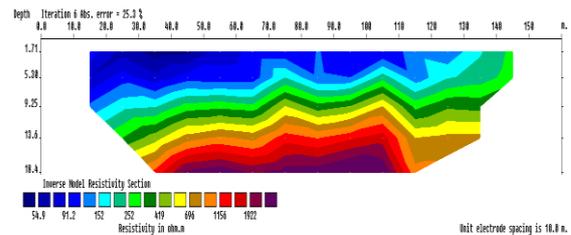
$R$  adalah hambatan jenis tanahnya ( $\Omega$ ),  $V$  merupakan nilai potensial (mV),  $I$  merupakan nilai arus (mA),  $k$  merupakan nilai faktor geometri (m),  $\rho_a$  merupakan nilai resistivitas semu ( $\Omega\text{m}$ ). Penginputan nilai melalui notepad bertujuan dapat digunakan sebagai data mentah untuk mendapatkan nilai resistivitas sebenarnya melalui *software Res2DINV*.

### Analisis Data

Hasil pengolahan data akan dianalisis menggunakan *software Res2DINV*. *Res2DINV* adalah sebuah program komputer yang secara otomatis menentukan model resistivity 2D untuk bawah permukaan dari data hasil survei geolistrik. Menurut Pebriyanto (2016), Program inversi model 2 dimensi pada *software Res2DINV* digunakan untuk menghitung nilai resistivitas. Nilai resistivitas dari *software Res2DINV* ditampilkan dalam bentuk gambar bawah permukaan 2D. Hasil gambar tersebut dianalisis dengan nilai resistivitas struktur bawah permukaan tanah dan penentuan pondasi bangunan yang baik.

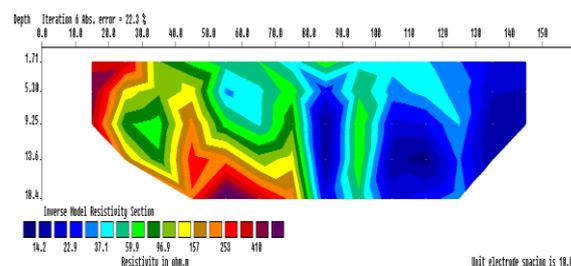
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Interpretasi Data Penelitian di Perumahan Arza Griya Mandiri



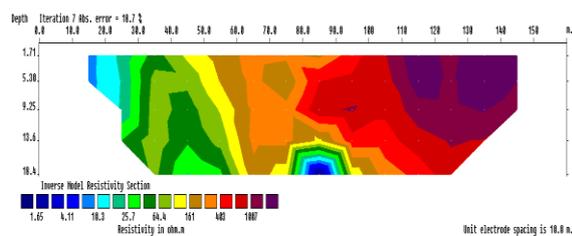
**Gambar 2.** Hasil Pengolahan Data Res2DINV Perumahan Arza Griya Mandiri Lintasan 1.

Lintasan 1 merupakan lintasan yang berada tepat di jalan utama penghubung perumahan yang baru dan yang lama dibangun. Titik koordinat dari lintasan ini adalah  $01^{\circ}36'18.7''$  LS dan  $103^{\circ}31'35.1''$  BT sampai  $01^{\circ}36'19.9''$  LS dan  $103^{\circ}31'40.2''$  BT. Pada lintasan 1 Perumahan Arza Griya Mandiri Nilai resistivitas tanah sebesar  $54.9 \Omega\text{m} - 91.2 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah lanauan pasiran yang berada pada panjang lintasan 15 m – 65 m dengan kedalaman 1.71 m – 6.30 m. Pada nilai resistivitas tanah  $152 \Omega\text{m} - 252 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah lempung berbatu yang berada pada lintasan 15 m – 145 m dengan kedalaman hingga 13.6 m. Nilai resistivitas sebesar  $419 \Omega\text{m} - 1922 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah batu dasar berisi tanah kering yang berada pada lintasan 15 m – 145 m dengan kedalaman mencapai 18.4 m. Hasil interpretasi data lintasan 1 Perumahan Arza Griya Mandiri, Pembangunan pondasi rumah yang disarankan adalah berada pada kedalaman 1.71 m hingga 9.25 m dalam bentang 110 m – 140 m dan dalam bentangan 15 m – 100 m dengan kedalaman di bawah 1.71 m hingga di atas 13.6 m, karena pada bentangan ini memiliki tanah lempung berbatu sehingga aman untuk dibangun sebuah pondasi rumah.



**Gambar 3.** Hasil Pengolahan Data Res2DINV Perumahan Arza Griya Mandiri Lintasan 2.

Lintasan 2 merupakan lintasan yang berada di perumahan baru Arza Griya Mandiri tepatnya di jalan utama belakang. Titik koordinat dari lintasan ini adalah  $01^{\circ}36'17.9''$  LS dan  $103^{\circ}31'39.2''$  BT sampai  $01^{\circ}36'15.8''$  LS dan  $103^{\circ}31'44.5''$  BT. Pada lintasan 2 Perumahan Arza Griya Mandiri, nilai resistivitas tanah sebesar  $14.2 \Omega\text{m} - 96.9 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah lanauan pasir yang berada pada panjang lintasan 30 m – 130 m dengan kedalaman mencapai 18.4 m. Nilai resistivitas sebesar  $157 \Omega\text{m} - 253 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah lempung berbatu yang berada pada lintasan 20 m – 70 m dengan kedalaman mencapai 18.4 m. Nilai resistivitas  $410 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah batu dasar berisi tanah kering yang memiliki panjang lintasan mulai dari 15 m – 25 m dan 50 – 70 dengan kedalaman mencapai 18.4 m. Hasil interpretasi data lintasan 2 Perumahan Arza Griya Mandiri mempunyai lapisan yang sama dengan lintasan 1 karena letak dan topografi tanahnya sama dan masih sangat berdekatan, hanya saja kedalamannya yang agak berbeda untuk setiap lapisan. Pembangunan pondasi rumah sudah dapat dibangun pada bentangan 30 m – 75 m dengan kedalaman mulai dari 1.71 m – 18.4 m.

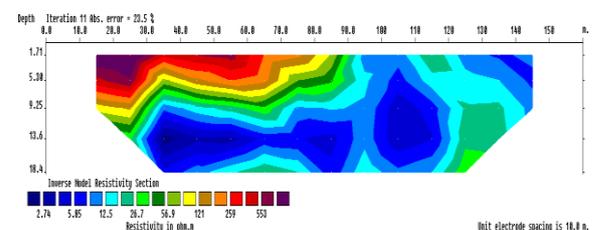


**Gambar 4.** Hasil Pengolahan Data Res2DINV Perumahan Arza Griya Mandiri Lintasan 3.

Lintasan 3 merupakan lintasan yang berada di perumahan baru Arza Griya Mandiri tepatnya di jalan utama bagian tengah. Titik koordinat dari lintasan ini adalah  $01^{\circ}36'20.3''$  LS dan  $103^{\circ}31'48.6''$  BT sampai  $01^{\circ}36'18.8''$  LS dan  $103^{\circ}31'42.9''$  BT. Pada lintasan 3 Perumahan Arza Griya Mandiri, nilai resistivitas tanah sebesar  $1.65 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai Tanah lempung basah dan lembek yang berada pada panjang lintasan 85 m dengan kedalaman 18.4 m. Nilai

resistivitas tanah sebesar  $4.11 \Omega\text{m} - 10.3 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai Lempung lanauan dan lanauan basah lembek berada pada lintasan 15 m – 90 m dengan kedalaman 1.71 m – 9.25 m. Nilai resistivitas sebesar  $25.7 \Omega\text{m} - 64.4 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah lanauan pasir yang berada pada lintasan 25 m – 60 m dengan kedalaman 1.71 m – 13.6 m. Nilai resistivitas sebesar 161 diinterpretasikan sebagai tanah lempung berbatu memiliki panjang lintasan 45 m – 100 m memiliki kedalaman mencapai 18.4 m. Nilai resistivitas  $403 \Omega\text{m} - 1007 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah batu dasar berisi tanah kering yang memiliki panjang lintasan mulai dari 60 m – 145 m dengan kedalaman mencapai 18.4 m. Hasil interpretasi data lintasan 3 Perumahan Arza Griya Mandiri mempunyai lapisan dan jenis tanah yang berbeda dengan lintasan 1 dan lintasan 2, karena letak lintasan 3 sendiri yang jauh berbeda letak topografi dan jaraknya dari lintasan 1 dan lintasan 2. Pada lintasan 3 pembangunan pondasi sudah bisa dilakukan mulai dari kedalaman 1.71 m hingga 18.1 m, pada bentangan 35 m – 60 m akan tetapi pada bentangan ini mempunyai resiko terjadi penurunan tanah langsung karena lapisan ini mempunyai lapisan tanah lanauan pasir yang sedikit sulit untuk menahan pondasi.

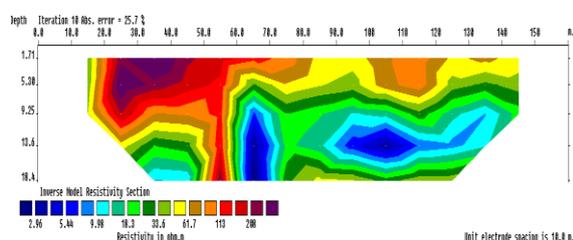
### Interpretasi Data Penelitian di Perumahan Griya Sungai Duren Indah



**Gambar 5.** Hasil Pengolahan Data Res2DINV Perumahan Griya Sungai Duren Indah Lintasan 1.

Lintasan 1 merupakan lintasan yang berada di perumahan Griya Sungai Duren Indah tepatnya di jalan utama bagian belakang perumahan. Titik koordinat dari lintasan ini adalah  $01^{\circ}35'27.6''$  LS dan  $103^{\circ}30'16.5''$  BT sampai  $01^{\circ}35'22.6''$  LS dan  $103^{\circ}30'17.0''$  BT.

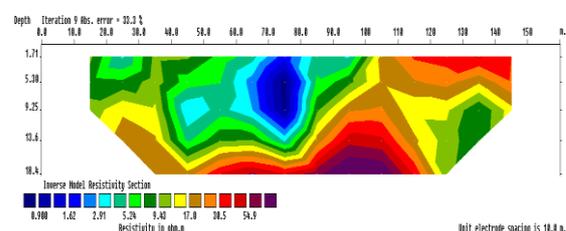
Pada lintasan 1 perumahan Griya Sungai Duren Indah, nilai resistivitas tanah sebesar  $2.74 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai Tanah lempung basah dan lembek yang berada pada panjang lintasan 35 m – 55 m dengan kedalaman dibawah 9.25 m dan diatas 13.6 m. Nilai resistivitas tanah sebesar  $5.85 \Omega\text{m} - 12.5 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai Lempung lanauan dan lanauan basah lembek berada pada lintasan 25 m – 140 m dengan kedalaman 9.25 m – 18.4 m. Nilai resistivitas sebesar  $26.7 \Omega\text{m} - 121 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah lanauan pasiran yang berada pada lintasan 15 m – 90 m dengan kedalaman 1.71 m – 9.25 m. Nilai resistivitas  $259 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah lempung berbatu yang memiliki panjang lintasan mulai dari 15 m – 70 m dengan kedalaman 1.71 m – 5.30 m. Nilai resistivitas  $553 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah batu dasar berisi tanah kering yang memiliki panjang lintasan mulai dari 15 m – 60 m dengan kedalaman mencapai 5.30 m. Hasil interpretasi data lintasan 1 perumahan Griya Sungai Duren Indah, untuk pembangunan konstruksi ringan sudah dapat dilakukan pada kedalaman 1.71 m, tetapi untuk membuat bangunan rumah pada bentangan antara 85 m – 145 m mempunyai resiko terjadi penurunan tanah langsung karena lapisan ini mempunyai lapisan tanah lanauan pasiran. Pembangunan pondasi rumah yang disarankan adalah berada pada kedalaman 1.71 m hingga 9.25 m dalam bentang 65 m – 80 m, karena pada bentangan ini memiliki tanah lempung berbatu sehingga aman untuk dibangun sebuah pondasi rumah.



**Gambar 5.** Hasil Pengolahan Data Res2DINV Perumahan Griya Sungai Duren Indah Lintasan 2.

Lintasan 2 merupakan lintasan yang berada di perumahan Griya Sungai Duren Indah

tepatnya di jalan utama bagian tengah perumahan. Titik koordinat dari lintasan ini adalah  $01^{\circ}35'22.7''$  LS dan  $103^{\circ}30'14.5''$  BT sampai  $01^{\circ}35'27.9''$  LS dan  $103^{\circ}30'14.4''$  BT. Pada lintasan 2 perumahan Griya Sungai Duren Indah, nilai resistivitas tanah sebesar  $2.96 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai Tanah lempung basah dan lembek yang berada pada panjang lintasan 35 m – 55 m dengan kedalaman dibawah 9.25 m dan diatas 13.6 m. Nilai resistivitas tanah sebesar  $5.44 \Omega\text{m} - 9.98 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai Lempung lanauan dan lanauan basah lembek berada pada lintasan 30 m – 140 m dengan kedalaman mencapai. Nilai resistivitas sebesar  $18.3 \Omega\text{m} - 113 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah lanauan pasiran yang berada pada lintasan 25 m – 90 m dengan kedalaman 1.71 m – 13.6 m. Nilai resistivitas  $208 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah lempung berbatu yang memiliki panjang lintasan mulai dari 25 m – 50 m dengan kedalaman mencapai 9.25 m. Hasil interpretasi data geolistrik lintasan 2 perumahan Griya Sungai Duren Indah mempunyai lapisan yang berbeda dengan lintasan 1 karena Pembangunan pondasi rumah yang disarankan menurut hasil interpretasi geolistrik adalah pada bentangan 20 m – 55 m karena pada bentangan 20 m – 55 m dengan kedalaman 1.71 m sudah ada tanah lempung berbatu yang mana lapisan tanah ini sangat bagus dan aman jika dibangun pondasi rumah biasa hingga rumah bertingkat 3.



**Gambar 6.** Hasil Pengolahan Data Res2DINV Perumahan Griya Sungai Duren Indah Lintasan 3.

Lintasan 3 merupakan lintasan yang berada di perumahan Griya Sungai Duren Indah tepatnya di jalan utama bagian depan perumahan. Titik koordinat dari lintasan ini

adalah  $01^{\circ}35'22.4''$  LS dan  $103^{\circ}30'13.9''$  BT sampai  $01^{\circ}35'28.3''$  LS dan  $103^{\circ}30'13.4''$  BT. Pada lintasan 3 perumahan Griya Sungai Duren Indah, Nilai resistivitas tanah sebesar  $0.900 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai Tanah lempung basah dan lembek yang berada pada panjang lintasan 35 m – 55 m dengan kedalaman dibawah 9.25 m dan diatas 13.6 m. Nilai resistivitas tanah sebesar  $1.62 \Omega\text{m} - 2.91 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah lempung basah dan lembek berada pada lintasan 30 m – 90 m dengan kedalaman 9.25 m – 18.4 m. Nilai resistivitas sebesar  $5.24\Omega\text{m} - 9.43 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai Lempung lanauan dan lanauan basah lembek yang berada pada lintasan 15 m – 90 m dengan kedalaman 1.71 m – 13.6 m. Nilai resistivitas sebesar  $17.0\Omega\text{m} - 54.9 \Omega\text{m}$  diinterpretasikan sebagai tanah lanauan pasiran memiliki panjang lintasan 15 m – 80 m memiliki kedalaman 1.71 m – 9.25 m. Hasil interpretasi data geolistrik lintasan 3 perumahan Griya Sungai Duren Indah mempunyai lapisan yang berbeda dengan lintasan 1 dan lintasan 2 hal ini dikarena lapisan bawah permukaan tidak menunjukkan adanya batuan dasar berisi tanah kering dan juga tidak ada lapisan yang menunjukkan tanah lempung berbatu sehingga untuk membuat konstruksi berat haruslah dilakukan penelitian lebih lanjut yang bisa melihat lebih dari 18.4 m di bawah permukaan.

### Interpretasi Standar Pondasi

Menurut peta geologi Provinsi Jambi, daerah mendalo merupakan daerah yang memiliki material atau lapisan bawah permukaannya berupa bongkah, kerikil, pasir, lanau, lumpur dan lempung. Hasil interpretasi dari Perumahan Arza Griya Mandiri dan Griya Sungai Duren Indah bisa dikatakan hasil yang didapat sama dengan peta geologi tersebut. Berdasarkan informasi yang didapatkan dari Ketua Rt 15, bahwasanya pada Perumahan Arza Griya Mandiri kedalaman pondasi yang dibangun hampir mencapai 1 m di bawah permukaan tanah. Melihat dari hasil interpretasi yang telah dilakukan di atas bahwasanya untuk kelayakan pondasi yang

telah dibangun dan kedalaman pondasi yang disarankan melalui penelitian sudah memiliki kesamaan. Berdasarkan [8], pembangunan sebuah konstruksi ringan seperti rumah lantai 1, 2 dan 3 sudah dapat dilakukan pada lapisan tanah lempung. Tanah lempung merupakan tanah yang sifatnya bisa lunak dan bisa kering. Lintasan yang harus dipertimbangkan adalah pada lintasan 3, dimana pada lintasan ini saat pengambilan data lapangan kondisi tanah sedang tergenang oleh air rawa.

Lain halnya dengan perumahan Griya Sungai Duren Indah, dimana menurut petugas kantor pemasaran bahwasanya pembangunan pondasi di perumahan ini berada tepat 1 m di bawah permukaan tanah. Pembangunan pondasi dan interpretasi data hasil penelitian yang telah dilakukan sudah memiliki kesamaan. Dimana setiap lintasan memiliki lapisan yang berbeda-beda namun pada lintasan 1 dan lintasan 2 masih bisa dilakukan pembangunan pondasi rumah dengan kedalaman diatas 1.71 m ataupun di bawah 1.71 m. Akan tetapi pada lintasan 3 harus dipertimbangkan kembali jika ingin dibangun sebuah pondasi rumah, mengingat pada lintasan ke 3 ini lapisan tanah yang ada dibawah permukaan menunjukkan bahwa tidak adanya tanah lempung berbatu hingga kedalaman 18.4, sehingga untuk pembangunan sendiri harus diperhitungkan kembali mengingat takut terjadi hal yang tidak diinginkan seperti penurunan tanah dan retaknya bagian dari pondasi ataupun dinding rumah.

### KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengambilan data lapangan dan memasukkan nilai resistivitas semua ( $\rho_a$ ) ke dalam *software* maka didapatkan nilai resistivitas. Pada Perumahan Arza Griya Mandiri menunjukkan struktur lapisan bawah permukaan tanahnya terdiri atas tanah lempung basah dan lembek, tanah lempung lanauan dan lanauan basah lembek, tanah lanauan pasiran, tanah lempung berbatu, dan batu dasar berisi tanah kering. Sedangkan pada Perumahan Griya Sungai Duren Indah struktur

bawah permukaan tanahnya antara lintasan 1 dan lintasan 2 hampir sama dengan Perumahan Arza Griya Mandiri. Sedangkan pada lintas terakhir struktur lapisan tanahnya tidak mengandung tanah lempung berbatu, dan batu dasar berisi tanah kering. Berdasarkan [8], standar pondasi yang baik pada Perumahan Arza Griya Mandiri untuk pembangunan sebuah pondasi sudah bisa dibangun pada kedalaman 1.71 m. Sedangkan untuk perumahan Griya Sungai Duren Indah hampir sama dengan Perumahan Arza Griya Mandiri dimana pada lintasan 1 dan 2 perumahan ini sudah dapat dibangun sebuah pondasi pada kedalaman 1.71 m juga. Namun pada lintasan 3 agar tidak di bangun sebuah pondasi rumah karena pada lintasan ini struktur lapisan bawah permukaan tanahnya menunjukkan tidak adanya tanah lempung berbatu yang ideal untuk dibangun sebuah pondasi rumah.

Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukit Tinggi. *Pillar of Physics*. (6): 1-8.

7. Lowrie, W. 2007. *Fundamentals of Geophysics*. Cambridge University Press: New York.
8. Jumentoro, R. 2015. Analisis Bawah Permukaan Tanah Kerikil Pasir Lempung dan Lanau. *Civil Engineering*.

## REFERENSI

1. Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*, Edisi Baru. Akademika Pressindo: Jakarta.
2. Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah I*, Edisi 3. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
3. Hurriyah dan R. Jannah. 2015. Analisis Struktur Lapisan Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik (Studi Kasus Pada Kampus III IAIN Imam Bonjol Padang di Sungai Bangek Kecamatan Koto Tangah). *Jurnal Spasial*. 28-39.
4. Reynolds, J. M. 1997. *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*. Jhon Wiley & Sons Ltd: Chichester.
5. Supriyanto. 2012. Interpretasi Pola Sebaran Air tanah di Kawasan Perumahan Tepian Samarinda dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis. *Mulawarman Scientifile*. Vol 11 (2): 163-174.
6. Bavitra., Akmam. dan H. Amir. 2015. Estimasi Kedalaman Batuan Dasar Menggunakan Metode Inversi *Robust 2- D* Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi *Dipole-Dipole* Di Bukit Apit Puhun

## SINTESIS BAHAN PIEZOELEKTRIK $x$ BZT-BCT MENGGUNAKAN METODE MOLTEN SALT DAN KARAKTERISASINYA

Helga Dwi Fahyuan<sup>1\*</sup>, Oky Lidya Kumala<sup>1</sup>, Nasri Mz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, FST, Universitas Jambi,

Jl. Raya Jambi – Muara Bulian KM 15

Mandalo Darat, Jambi, 36361, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Geofisika,

Jurusan Teknik Kebumihan, Fakultas Sains dan Teknologi,

Universitas Jambi, Jalan Lintas Jambi-Muara Bulian KM 15,

Mendalo Darat, Jambi Luar Kota, Kota Jambi, 36122, Indonesia

Email : [helgadwifahyuan@unja.ac.id](mailto:helgadwifahyuan@unja.ac.id)

### ABSTRACT

The research of synthesized  $x$ BZT-BCT piezoelectric material have been carried out by using molten salt method. Piezoelectric material is a material that can generate electrical voltage when given voltage or mechanical strain. This material has the potential to be a good piezoelectric material. In this study, the method used is molten salt. Molten salt utilizes molten salt to speed up chemical reactions during the heating process. The  $x$ BZT-BCT material was synthesized with variations of composition 0.48, 0.5, and 0.52 mol and sintering temperature is 850 ° C. The crystalline structure generated by 0.48BZT-BCT sintering temperature of 850 ° C is tetragonal-rhombohedral., respectively. The Morphotropic Phase Boundary area is present in a composition of 0.5 mol.

**Keywords:** piezoelectric; molten salt method; morphotropic phase boundary

### ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis material piezoelektrik  $x$ BZT-BCT menggunakan metode molten salt. Material piezoelektrik adalah material yang dapat menghasilkan tegangan listrik apabila diberi tegangan maupun regangan mekanik. Material ini berpotensi untuk menjadi material piezoelektrik yang baik. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah molten salt. Molten salt memanfaatkan lelehan garam untuk mempercepat reaksi kimia selama proses pemanasan. Material  $x$ BZT-BCT disintesis dengan variasi komposisi 0,48, 0,5, dan 0,52 mol semenggunakan suhu sintering 850°C. Struktur kristal yang dihasilkan oleh 0,48BZT-BCT suhu sintering 850°C adalah tetragonal-rhombohedral. Daerah Morphotropic Phase Boundary-nya terdapat di komposisi 0,5 mol.

**Kata kunci:** piezoelektrik; metode molten salt; morphotropic phase boundary

### PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi saat ini sudah sangat maju, terutama di bidang teknologi penghasil energi listrik. Teknologi penghasil energi listrik ini menggunakan material tertentu dan bisa dibuat dalam skala industri. Salah satunya adalah material piezoelektrik. Menurut Yulianti, et. al (2010) [1], material piezoelektrik adalah suatu material yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan tegangan listrik jika diberi tekanan atau

regangan.

Material piezoelektrik yang digunakan pada awalnya adalah  $PbZr_xTi_{1-x}O_3$  atau biasa disingkat PZT. Penggunaan timbal pada PZT mencapai 60% wt [2]. Karena itu, material PZT berbahaya bagi tubuh maupun lingkungan apabila diproduksi dalam skala industri [1]. Material piezoelektrik yang tidak menggunakan Pb semakin banyak seperti  $K_xNa_{1-x}NbO_3$  (KNN),  $Bi_xNa_{1-x}TiO_3$  (BNT),  $BaZr_xTi_{1-x}O_3$  (BZT), dan lain-lain. Material BZT memiliki struktur *perovskite-*

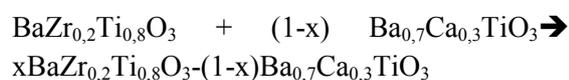
*tetragonal* dan dianggap menjadi kandidat yang baik sebagai pengganti material piezoelektrik non-PZT. Hal ini dikarenakan BZT memiliki polarisasi remanen yang besar ( $Pr = 13-18 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ), medan koersif yang kecil ( $Ec = 0,08-0,35 \text{ kV}/\text{mm}$ ), dan koefisien piezoelektrik yang tinggi ( $d_{33} = 236 \text{ pC}/\text{N}$ ), dan  $Tc$  yang rendah sekitar  $100^\circ\text{C}$  [3]. Meskipun demikian, BZT belum mampu menyaingi PZT yang memiliki nilai  $d_{33} = 460 \text{ pC}/\text{N}$ ,  $Kp = 0.56$ ,  $Pr = 39,2 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ,  $Ec = 14,9 \text{ kV}/\text{cm}$ , dan  $Tc = 450^\circ\text{C}$  [4]. Karena itu, untuk meningkatkan *performance* dari BZT maka diperlukan pendopingan dengan  $\text{Ba}_x\text{Ca}_{1-x}\text{TiO}_3$  (BCT). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh variasi komposisi mol dan suhu sintering terhadap karakteristik dari bahan piezoelektrik xBZT-BCT.

Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk mensintesis bahan piezoelektrik xBZT-(1-x)BCT adalah *molten salt*. Metode ini memanfaatkan garam NaCl dan KCl sebagai katalisator proses kimia yang terjadi pada saat proses sintering berlangsung. Hal ini juga dikarenakan garam yang digunakan pada metode ini tidak ikut bereaksi terhadap sampel sehingga tidak terjadi perubahan senyawa. Penggunaan *molten salt* ini dikarenakan metode ini dapat menghasilkan material piezoelektrik yang baik, pengerjaannya cukup sederhana, dan menggunakan suhu kalsinasi dan sintering yang rendah.

## METODE

Bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah  $\text{BaCO}_3$  Merck 99% (*Pro Analyst*),  $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  Merck 99% (*Pro Analyst*),  $\text{TiO}_2$  Merck 99% (*Pro Analyst*),  $\text{CaCO}_3$  Merck 99% (*Pro Analyst*), NaCl Merck 99% (*Pro Analyst*), KCl Merck 99% (*Pro Analyst*), aquades, kertas saring, kertas perkamen, plastik klip, dan  $\text{AgNO}_3$  Merck 99%.

Persamaan reaksi kimia yang digunakan untuk sintesis xBZT-BCT adalah:

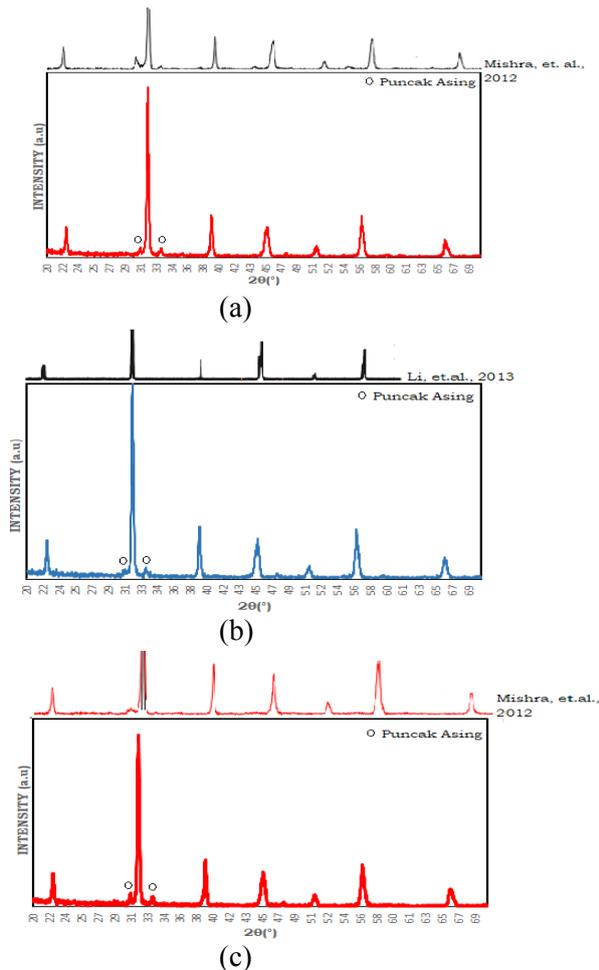


Variasi komposisi mol yang digunakan adalah 0,48, 0,5, dan 0,52. Massa prekursor ditimbang dan digerus selama 4 jam. Massa BZT-BCT dan garam yang telah digerus tersebut ditimbang dan massanya harus sama. Kemudian, keduanya digabungkan dan digerus selama 3 jam. Penggerusan ini dilakukan untuk membuat ukuran partikelnya lebih kecil dan homogen. Sampel BZT-BCT dikalsinasi dengan suhu  $250^\circ\text{C}$  selama 2,5 jam. Kalsinasi bertujuan untuk menghilangkan pengotor organik yang masuk saat penggerusan maupun transportasi bahan. Setelah dikalsinasi, sampel disintering dengan suhu  $950^\circ\text{C}$ . Waktu yang digunakan untuk sintering masing-masing suhu adalah 4 jam. Proses sintering dilakukan agar proses kimia terjadi di dalam lelehan garam.

Produk hasil sintering masih memiliki kandungan garam di dalamnya maka perlu dilakukan pemisahan dengan cara dicuci sebanyak 15-20 kali. Sampel ditetesi larutan  $\text{AgNO}_3$  untuk menguji adanya garam di dalam sampel. Produk hasil pemisahan garam kemudian dikeringkan menggunakan oven selama 2 jam dengan suhu  $110^\circ\text{C}$ . Kemudian, sampel dipanaskan kembali dengan suhu yang sama selama 30 menit. Massa sampel ditimbang kemudian sampel dipanaskan kembali dengan suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 30 menit. Massa sampel kemudian ditimbang kembali. Apabila massa kedua pengeringan tersebut sama maka kandungan air di dalam sampel sudah hilang. Apabila massanya beda maka sampel dipanaskan kembali. Produk hasil sintesis perlu dilakukan karakterisasi menggunakan XRD untuk melihat struktur kristal dan ukuran Kristal, serta dilanjutkan dengan analisis refinement dengan software *high scor plus*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 1, menunjukkan hasil sintesis BZT-BCT dengan variasi komposisi mol dan suhu sintering. Puncak-puncak difraksi yang dihasilkan hampir sama untuk semua variasi mol dan suhu sinteringnya.



**Gambar 1.** Hasil Sintesis Bahan Piezoelektrik BZT-BCT dengan variasi mol dan suhu sintering: (a) 0,48 mol; (b) 0,5 mol; dan (c) 0,52 mol

Hasil sintesis 0,48BZT-BCT ditunjukkan pada Gambar 1 (a). Puncak dari hasil karakterisasi ini dicocokkan dengan hasil karakterisasi 0,48BZT-BCT oleh Mishra, et. al. (2012) [5]. Puncak keduanya berada di posisi 2θ yang sama. Namun, pada puncak hasil sintesis 0,48 BZT-BCT tidak muncul puncak asing pada posisi 30,7° dan 33,13° tersebut mulai terbentuk pada sintesis menggunakan metode molten salt. Secara kualitatif, hasil sintesis 0,48BZT-BCT berhasil dengan metode molten salt.

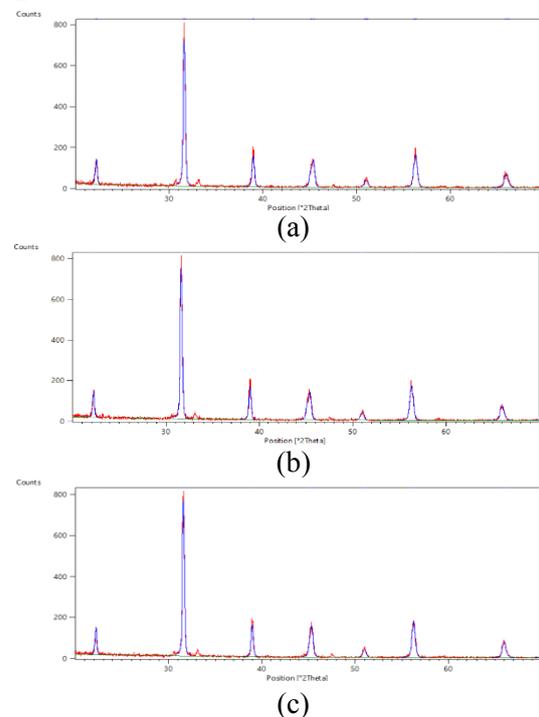
Gambar 1 (b) menunjukkan hasil karakterisasi 0,5BZT-BCT terdapat puncak asing di posisi 2θ 30,73° dan 33,35°. Secara keseluruhan, pada material 0,5BZT-BCT dari suhu sintering 950°C sudah memiliki struktur perovskite di mana belum terbentuk secara sempurna (dalam tahap pembentukan struktur

perovskite) akibat adanya puncak-puncak asing yang berada di pola difraksi tersebut. Hal ini lah yang menjadi cikal bakal adanya fasa transisi dari tetragonal menuju rhombohedral (MPB).

Bahan piezoelektrik BZT-BCT yang ditunjukkan pada Gambar 1 (c) yang divariasikan dengan komposisi 0,52 menunjukkan kesamaan dengan puncak dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Mishra, et.al. (2012). Puncak asing dari hasil karakterisasi juga terbentuk pada variasi komposisi mol ini, walaupun suhu sintering yang digunakan lebih rendah sebesar 950°C dari pada suhu sintering yang digunakan oleh Mishra et.al., yaitu sebesar 1100°C. 950°C - puncaknya berada di posisi 2θ yang sama dengan pola difraksi dari penelitian Mishra, et.al. (2012). Puncak-puncak asingnya berada di posisi 2θ 30,70° dan 33,32°.

### Hasil Refinement xBZT-BCT

Bahan piezoelektrik xBZT-BCT yang telah dikarakterisasi dengan XRD perlu dilakukan refinement. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2.

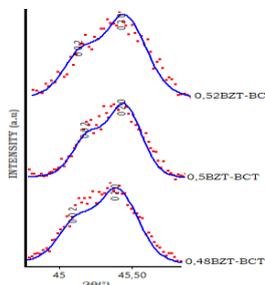


**Gambar 2.** Hasil Refinement BZT-BCT dengan suhu sintering 950°C untuk variasi komposisi:0,48 mol; (b) 0,5 mol; dan (c) 0,52 mol.

Pada Gambar 2 (a), 0,48BZT-BCT disintesis dengan suhu sintering 950°C. Nilai GoF-nya adalah 1,53. Kecocokan antara database dengan hasil refinement adalah ICSD 98-007-2668 ( $BaxCa(1-x)TiO_3$ ). Struktur kristal yang didapat adalah tetragonal dengan *unit cell*-nya  $a = 3,9840 \text{ \AA}$ ,  $b = 3,9840 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,0260 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\beta = 90^\circ$ ,  $\gamma = 90^\circ$ . Gambar 2 (b) menunjukkan 0,5BZT-BCT yang disintesis dengan suhu 950°C menghasilkan nilai GoF sebesar 1,53. Kecocokan dengan database dengan hasil refinement adalah ICSD 98-007-2668 ( $BaxCa(1-x)TiO_3$ ). Unit cell-nya  $a = 3,9840 \text{ \AA}$ ,  $b = 3,9840 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,0260 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\beta = 90^\circ$ ,  $\gamma = 90^\circ$ . Pada Gambar 2 (c), nilai GoF yang dihasilkan dari refinement pertama adalah 1,61. Hasil refinement pertama menunjukkan kecocokan dengan ICSD 98-007-1369 ( $BaxCa(1-x)TiO_3$ ). Struktur yang terbentuk dari 0,52BZT-BCT ini adalah tetragonal (Lampiran 14) dengan parameter kisi yang didapat  $a = 3,9840 \text{ \AA}$ ,  $b = 3,9840 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,0260 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\beta = 90^\circ$ ,  $\gamma = 90^\circ$ . Dari ketiga variasi komposisi mol untuk bahan piezoelektrik BZT-BCT, tidak terbentuk dua struktur kristal maupun perubahan dari tetragonal menuju rhombohedral secara kuantitas.

### MPB dari xBZT-BCT

Perubahan struktur dari tetragonal menuju rhombohedral berdasarkan bentuk puncaknya ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Pola Difraksi xBZT-BCT pada sudut 31,40°-31,80° dan 45°-45,50° dengan suhu sintering 950°C

Pada Gambar 3, menunjukkan bahwa bidang hkl (110) tidak simetris terhadap bidang (002) dari variasi 0,48 mol pada material BZT-BCT.

Pada pola difraksi penggunaan 0,5 mol BZT, bidang (110) tidak simetris pada bidang (002) sehingga terlihat jelas adanya dua puncak yang saling tumpang tindih. Pada penggunaan 0,52 mol BZT, terlihat bahwa kedua puncaknya overlapping namun struktur kristalnya masih lebih dominan tetragonal daripada rhombohedral seperti 0,48BZT-BCT. Pada keadaan ini, perubahan fasa terlihat lebih jelas pada hasil sintesis dengan suhu sintering 950°C sehingga dapat disimpulkan bahwa daerah MPB terbaik berada di komposisi 0,5 mol. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mishra, et. al. (2012), MPB dari BZT-BCT berada di komposisi 0,5 mol.

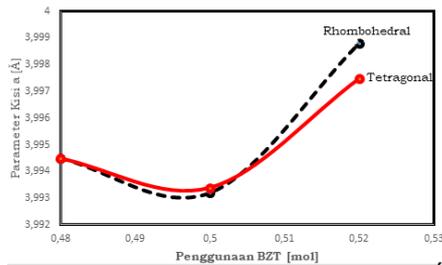
Berdasarkan indikasi adanya perubahan fasa dari tetragonal menuju rhombohedral, maka parameter kisi dari kedua fasa tersebut.

**Tabel 1.** Hasil Perhitungan Parameter Kisi Rhombohedral dan Tetragonal

No.	Komposisi Mol xBZT-BCT	Rhombohedral		Tetragonal	
		a [Å]	$\alpha$ [°]	a [Å]	c [Å]
1.	x = 0,48 mol	3,9945	90,01	3,9945	4,0185
2.	x = 0,5 mol,	3,9932	89,61	3,9934	4,0183
3.	x = 0,52 mol,	3,9988	89,92	3,9975	4,0213

Harga parameter kisi rhombohedral dan tetragonal ditunjukkan pada Tabel 1. Pada masing-masing suhu sintering, nilai parameter kisi (a) dari rhombohedral dan tetragonal mengalami penurunan terkecuali pada komposisi 0,52 mol yang harga kisi a-nya meningkat. Hal ini diasumsikan terjadi karena penambahan BCT cukup banyak sehingga menyebabkan puncak dari pola difraksi bergeser ke kanan di mana posisi  $2\theta$ -nya semakin besar dan jarak antar bidang menjadi lebih kecil.

Hubungan antara parameter kisi a dan penggunaan komposisi mol BZT ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hubungan Harga  $a$  [Å] dari Rhombohedral dan Tetragonal terhadap  $x$  BZT-BCT pada suhu sintering  $950^{\circ}\text{C}$ .

Parameter kisi  $a$  yang dihasilkan antara rhombohedral dan tetragonal terlihat berbeda antara rhombohedral dan tetragonal mulai dari penambahan 0,5 mol BCT. Terlihat pada. Hal ini Pada Gambar 4, perbedaan parameter kisi  $a$  semakin jelas terlihat antara struktur rhombohedral dan tetragonal. Hal ini diasumsikan bahwa pada 0,5BZT-BCT menjadi titik MPB.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian, diperoleh material  $x$ BZT-BCT disintesis dengan variasi komposisi 0,48, 0,5, dan 0,52 mol semenggunakan suhu sintering  $850^{\circ}\text{C}$ . Struktur kristal yang dihasilkan oleh 0,48BZT-BCT suhu sintering  $850^{\circ}\text{C}$  adalah tetragonal-rhombohedral. Daerah Morphotropic Phase Boundary-nya terdapat di komposisi 0,5 mol.

#### REFERENSI

- [1] Yulianti, E., Triwahyuni, D., Ahda, S., dan Deswita. 2010. Sintesa dan Karakterisasi Bahan Piezoelektrik  $\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5}\text{TiO}_3$  (BNT) dengan Metode Molten Salt. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 14: 13-17
- [2] Chandrakala, J.E., Praveen, P., Hazra, B.K., and Das, D. 2015. Effect on Structural, Dielectric, Piezoelectric, and Ferroelectric Properties of Sol-gel Derived BZT-BCT Ceramics. *Journal of Ceramics International*.
- [3] Lin, Dunmin, Kwok, K.W., Chan, H.L.W. 2008. Effects of  $\text{MnO}_2$  on the Microstructure and Electrical Properties of  $0,94(\text{K}_{0,5}\text{Na}_{0,5})\text{NbO}_3$ - $0,06\text{Ba}(\text{Zr}_{0,05}\text{Ti}_{0,95})\text{O}_3$  Lead-Free

Ceramics. *Journal of Materials Chemistry and Physics*. 109: 455-458.

- [4] Chen, Chao., Zhao, X.Y., Liu, Hong., Ge, W.W., Luo, H.S., and Jiang, X.P. 2010. Crystal Growth and Electrical Properties of Lead-Free Piezoelectric Material  $(\text{Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5})\text{TiO}_3$ - $\text{BaTiO}_3$ . *Key Engineering Materials*. 421-422: 17-20.

- [5] Mishra, P., Sonia, and Komar, P. 2012. Effect of Sintering Temperature on Dielectric, Piezoelectric, and Ferroelectric Properties of BZT-BCT 50/50 Ceramics. *Journal of Alloys and Compounds*. 545: 210-215.

## PENGUKURAN KUAT ARUS PADA KAWAT DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR MEDAN MAGNETIK FLUXGATE

Rahmondia Nanda Setiadi\*, Usman Malik, Lazuardi Umar

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Pekanbaru 28293, Indonesia

\*E-mail korespondensi: [rahmondia.nanda@unri.ac.id](mailto:rahmondia.nanda@unri.ac.id)

### ABSTRACT

*Current measurement is normally carried out using an amperemeter and the instrument is serially installed in the circuit, so that it becomes a part of the measured system. As a consequence, a power dissipation is occurred in the instrument that can cause some damages and it also opens the possibility of the measurement error due to the loading effect. In this study, it has been developed a non-contact current measurement method by utilizing a fluxgate magnetic field sensor. The measurement employs the surrounding magnetic field around a current carrying wire. By using a very sensitive magnetic sensor, the magnitude and the direction of the flowing current can be known. From the results, the measurement has a good achievement, which can measure the flowing current up to 1 A. In this paper, it will be described the basic and the application of the fluxgate magnetic field sensor for current measurement.*

**Keywords:** Current, measurement, magnetic field, magnetic sensor, fluxgate.

### ABSTRAK

*Pengukuran kuat arus biasanya dilakukan dengan menggunakan amperemeter dan alat ukur dipasang seri dengan rangkaian, sehingga berada di dalam sistem yang diukur. Akibatnya akan terjadi disipasi daya pada alat ukur yang dapat merusak dan kemungkinan adanya kesalahan pengukuran akibat efek pembebanan. Pada studi ini telah dikembangkan metode pengukuran kuat arus non-kontak dengan menggunakan sensor medan magnetik fluxgate. Pengukuran ini memanfaatkan adanya medan magnetik yang ada di sekitar kawat berarus. Dengan menggunakan sensor magnetik yang sangat sensitif, besar arus yang mengalir pada kawat tersebut dapat diukur dan diketahui arahnya. Dari hasil yang diperoleh, pengukuran kuat arus menggunakan sensor magnetik ini memberikan hasil yang baik dan dapat mengukur arus hingga 1 A. Dalam makalah ini dipaparkan prinsip dan aplikasi sensor medan magnet fluxgate untuk pengukuran kuat arus pada kawat.*

**Kata kunci:** Arus, pengukuran, medan magnetik, sensor magnetik, fluxgate.

### PENDAHULUAN

Pengukuran arus merupakan hal yang sangat penting dalam rangkaian listrik dan rangkaian alat ukur menggunakan sensor yang mempunyai keluaran dalam bentuk arus. Ada banyak metoda yang dapat digunakan untuk mengukur besar kuat arus pada rangkaian listrik. Metoda yang umum digunakan adalah metoda *shunt resistor*, di mana pada metoda ini alat ukur berada di dalam rangkaian yang akan diukur. Metoda ini memiliki beberapa kerugian diantaranya adalah terjadinya disipasi daya pada alat ukur yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada alat ukur, selain itu

dengan adanya resistor *shunt* pada alat ukur akan terjadi pembebanan yang akan mengakibatkan terjadinya kesalahan pada pengukuran [1]. Pengukuran ini juga tanpa isolasi sehingga sangat berbahaya untuk arus yang bertegangan tinggi.

Berdasarkan kerugian-kerugian tersebut, maka diperlukan solusi untuk memecahkan permasalahan-permasalahan tersebut. Salah satu metoda yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan sistem pengukuran arus non-kontak melalui medan magnetik. Metoda ini menawarkan pengukuran yang terisolasi dari rangkaian yang diukur sehingga kerusakan alat ukur dapat dihindari, tidak

terjadi pembebanan, dan menjamin keamanan dari sengatan listrik tegangan tinggi.

## TINJAUAN PUSTAKA

Arus yang mengalir pada suatu kawat dapat menyebabkan medan magnetik induksi di sekeliling kawat. Jika kawat tersebut berbentuk lurus, maka medan induksi yang tercipta berbentuk lingkaran yang pusatnya berada pada lingkaran tersebut. Arah medan magnetik pada lingkaran tersebut ditentukan oleh aturan tangan kanan [2].

Untuk menentukan besar medan magnetik di sekitar kawat tersebut, dapat digunakan hukum Biot-Savart. Hukum ini menyimpulkan bahwa besar medan magnetik yang disebabkan oleh kawat berarus  $I$  dengan elemen panjang  $dl$ , pada sebuah titik  $P$  adalah

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \quad (1)$$

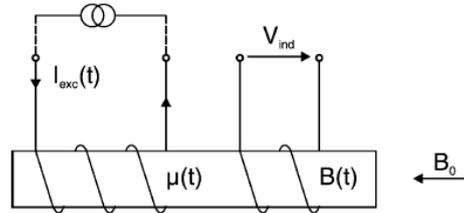
dimana  $\mu_0$  adalah permeabilitas ruang vakum dan  $r$  adalah jarak antara titik  $P$  dan  $dl$ . Jika jarak terdekat kawat dengan titik tersebut adalah  $z$ , maka persamaan (1) dapat disederhanakan menjadi

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi z} \quad (2)$$

Jadi, dengan persamaan ini dapat dilihat bahwa arus yang mengalir ( $I$ ) berbanding lurus dengan medan magnetik dan berbanding terbalik dengan jarak antara titik pengamatan  $P$  dan kawat ( $z$ ).

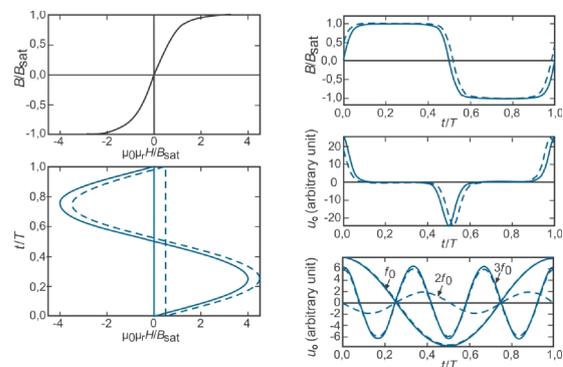
Sensor medan magnetik fluxgate merupakan sensor medan magnetik vektorial yang sangat sensitif terhadap medan magnetik, mudah dibuat, berbiaya rendah, dan sangat ringkas. Sensor ini dapat mengukur medan magnetik dengan resolusi hingga 100 pT dan mempunyai noise yang sangat rendah hingga 10 pT/ $\sqrt{\text{Hz}}$  pada 10 Hz. Sensor ini hanya tidak lebih baik dari sensor magnetik SQUID dan *optically pumped* [3] dan jauh lebih baik dari sensor Hall, GMR, AMR, dan GMI, sehingga sensor ini dapat diandalkan untuk mengukur medan magnetik yang sangat kecil yang berasal dari kawat berarus.

Sensor fluxgate sederhana terdiri dari dua buah coil yaitu coil eksitasi dan coil *pick-up* [4]. Konfigurasi sederhana sensor ini mirip dengan konfigurasi pada transformator seperti yang terlihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Konfigurasi sederhana sensor fluxgate [5].

Kedua coil dililitkan pada material inti ferromagnetik yang memiliki permeabilitas yang sangat tinggi mencapai  $10^5$  dan medan induksi saturasi yang cukup rendah, sehingga mudah mengalami saturasi. Ketidaklinieran fluks medan magnetik inti terhadap medan magnetik akibat eksitasi merupakan dasar dari sensor ini. Untuk itu material harus tereksitasi untuk melewati kurva tidak linier tersebut. Prinsip pengukuran medan magnetik oleh sensor fluxgate dapat dilihat dari Gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Prinsip pengukuran medan magnetik oleh sensor fluxgate [6].

Material inti sensor dieksitasi hingga mengalami saturasi. Jika terdapat medan magnetik di sekeliling sensor, maka medan eksitasi akan memiliki offset. Sehingga medan induksi akan mengalami asimetri. Ketidaksimetrian ini akan menimbulkan gelombang harmonik genap yang merepresentasikan besar medan magnetik luar yang dideteksi. Gelombang harmonik yang sangat besar dipengaruhi oleh medan magnetik

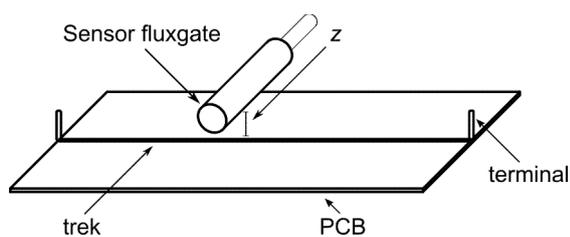
adalah harmonik kedua, sehingga harmonik kedua sering digunakan sebagai representasi medan magnetik yang dideteksi. Tegangan keluaran ( $V_o$ ) dari sensor fluxgate sesuai dengan persamaan [7]

$$V_o = -N\mu_0 H_{ext} A \frac{d\mu(t)}{dt} \quad (3)$$

dimana  $N$  adalah jumlah lilitan koil *pick-up*,  $H_{ext}$  adalah medan magnetik,  $A$  adalah luas penampang koil *pick-up*, dan  $\mu_r$  adalah permeabilitas relatif material inti sensor.

## METODE

Pengujian metode pengukuran dilakukan dengan cara mengukur medan magnetik di sekitar kawat berarus menggunakan sensor medan magnetik fluxgate. Sebagai kawat berarus, digunakan sebuah trek pada papan PCB dengan panjang 20 cm dan lebar 2 mm. Sensor magnetik diletakkan di atas trek tersebut dengan jarak yang bervariasi untuk melihat respon jarak terhadap pengukuran. Arah deteksi sensor diposisikan tegak lurus dengan trek, sehingga diharapkan medan yang terdeteksi dapat mencapai nilai maksimum karena sejajar dengan arah deteksi sensor. *Set-up* pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3. Terminal-terminal di ujung trek dihubungkan ke sumber arus pada kalibrator Fluke 5100B.



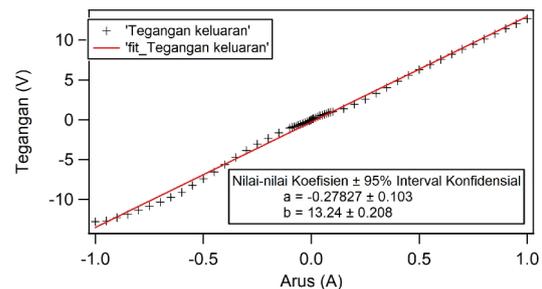
Gambar 3. *Set-up* pengukuran.

Arus dialirkan ke dalam trek dengan interval tertentu mulai dari -1 A hingga +1A. Interval yang digunakan adalah 10 mA untuk arus di bawah 100 mA dan 50 mA untuk arus di atas 100 mA. Pengukuran dilakukan dengan tiga variasi jarak, yaitu 4 mm, 8 mm, dan 18 mm. Tiga variasi jarak ini dipilih karena ideal dengan ukuran sensor yang digunakan, dan tiga variasi telah cukup memberikan respon yang memadai untuk pengukuran arus

terhadap jarak.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menguji respon kuat arus pada kawat, pengukuran dilakukan pada jarak 8 mm. Jarak ini merupakan jarak yang ideal untuk pengukuran tersebut karena memberikan rentang nilai tegangan keluaran yang sesuai dengan tegangan keluaran komponen elektronik yang digunakan. Hasil pengukuran ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil pengukuran arus pada kawat.

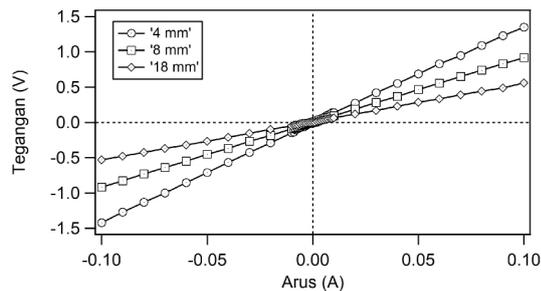
Berdasarkan kurva pada gambar tersebut, terlihat bahwa tegangan keluaran sensor fluxgate linier terhadap kuat arus yang mengalir pada kawat meskipun terlihat adanya kesalahan pengukuran yang cukup besar untuk arus yang bernilai negatif. Ini menunjukkan bahwa sensor magnetik fluxgate dapat digunakan untuk pengukuran arus dan respon yang diberikan sesuai dengan persamaan (2) dan (3). Kesalahan yang cukup besar pada pengukuran arus negatif diduga berasal dari ketidaksimetrian sensor fluxgate yang dibuat sendiri. Persamaan linier yang merepresentasikan tegangan keluaran sensor adalah

$$V_o = 13.24I - 0.278 \quad (4)$$

$V$  dalam volt dan  $I$  dalam amper. Dari persamaan ini terlihat bahwa tegangan keluaran sensor memiliki sensitivitas dan offset sebesar 13.24 V/A dan 0.278 V. Nilai sensitivitas sebesar ini memadai untuk mengukur arus yang cukup kecil dalam orde mA. Nilai *offset* yang cukup besar diakibatkan berasal dari medan magnetik lingkungan (medan magnetik bumi) yang terdeteksi oleh sistem pengukuran. Untuk mengatasi masalah

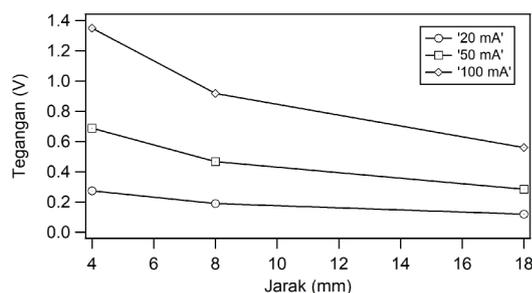
ini sebaiknya pengukuran dilakukan di dalam ruangan metal yang terisolasi dari medan magnetik lingkungan yang terbuat dari bahan feromagnetik.

Pengukuran kuat arus dengan variasi jarak yang berbeda-beda ditujukan untuk melihat kesesuaian persamaan (2) dengan eksperimen yang dilakukan, selain itu juga ditujukan untuk menentukan jarak yang paling baik untuk pengukuran arus. Hasil pengukuran terlihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Pengukuran arus dengan variasi jarak sensor fluxgate.

Kurva-kurva pada gambar 5 menunjukkan bahwa terdapat perubahan respon jarak sensor terhadap tegangan keluaran sensor. Jarak yang terdekat memberikan respon yang besar, yang ditandai dengan besarnya gradien kurva yang dimiliki, begitu juga untuk jarak yang terjauh yang memberikan gradien terkecil. Respon tegangan keluaran terhadap jarak untuk beberapa nilai arus ditampilkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Respon jarak terhadap tegangan keluaran sensor.

Dari kurva-kurva yang ditampilkan terlihat bahwa tegangan berbanding terbalik dengan jarak. Ini menunjukkan kesesuaian antara pengukuran dengan persamaan (2). Walaupun demikian terlihat bahwa penurunan tegangan terhadap jarak kurang linier. Penyebab ini

tidak diketahui secara pasti, tetapi kemungkinan berasal dari penentuan jarak yang kurang tepat.

## KESIMPULAN

Telah ditunjukkan bahwa sensor magnetik fluxgate dapat digunakan untuk mengukur arus secara non-kontak. Pengukuran yang telah dilakukan dapat menunjukkan hubungan tegangan keluaran sensor fluxgate sebagai representasi dari medan magnetik dengan besar arus dan jarak antara sensor dan kawat berarus, dimana secara teoritis ditentukan oleh persamaan (2) dan (3). Studi ini memungkinkan untuk mengaplikasikan sensor magnetik fluxgate untuk pengukuran arus dengan resolusi yang cukup kecil dalam orde mA.

## REFERENSI

1. Wildian (2002), Sistem Pengukuran Arus DC Berbasis GMR, *Thesis Magister*, Departemen Fisika, ITB, Bandung.
2. Van Domelen, D. J. (1999). Artificial right-hand rule device. *The Physics Teacher*, 37(8), 500–501. DOI:10.1119/1.880370 .
3. Pavel Ripka (2010), Advances in Magnetic Field Sensors, *IEEE Sens. J.* 10(6), 1108 – 1116.
4. Weitao Ye, Wanhua Zhu, Le Zhang, and Guangyou Fang (2016), A Quantitative Model for the Sensitivity of Untuned Voltage Output Fluxgate Sensors, *IEEE Sens. J.* 16(22), 7876 – 7883.
5. Pavel Ripka (2003), Advances in fluxgate sensors, *Sens. Actuators A* 106, 8-14.
6. F. Ludwig (2018), Induktionsspulen und fluxgate-sensoren, *Presentation Handout EMG*, Technische Universitaet Braunschweig.
7. J. Kubik dan P. Ripka (2008), Racetrack fluxgate sensor core demagnetization factor, *Sens. Actuators A* 143, 237-244.

## STRATEGI PENANGGULANGAN KEBAKARAN PADA LAHAN GAMBUT DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN EKO-TEKNOLOGI PADA MASYARAKAT PETANI DI DESA RIMBO PANJANG KECAMATAN TAMBANG KABUPATEN KAMPAR PROVINSI RIAU

Saktioto<sup>1</sup>, Defrianto<sup>1</sup>, Riad Syech<sup>1</sup>, Syahril<sup>2</sup>, Joko Risanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>, Jurusan Fisika, FMIPA,

<sup>2</sup>, Jurusan Pendidikan Fisika, FKIP

<sup>3</sup>, Jurusan Komputer, FMIPA

Universitas Riau Kampus Bina Widya Pekanbaru

Jl. Prof. Mughtar Luthfi Pekanbaru, 28293

\*E-mail korespondensi: saktioto@yahoo.com

### ABSTRACT

*People who care about the environment always reject the use of peat land for large-scale plantation areas, because this can cause an increase in carbon gas and can even cause damage to peat land in Rimbo Panjang Village, Tambang District, Kampar Regency. that there was an event of a land fire which almost hit the residential area in Rimbo Panjang village, Kec. Kampar District Mine on February 24, 2015. That there are complaints from the community in Rimbo Panjang village, Kec. Kampar Regency Mine about environmental conditions or smog. The implementation of Eco-Technology can protect the environment of peatlands to maintain sustainability and avoid fire from peatlands and regulate groundwater management on peatlands.*

**Keywords:** Eco-technology, fire, peatland

### ABSTRAK

*Masyarakat yang peduli lingkungan selalu menolak pemanfaatan lahan gambut untuk areal perkubunan berskala besar, karena hal ini dapat menyebabkan meningkatnya gas karbon bahkan dapat menyebabkan kerusakan lahan gambut di Desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar. bahwa ada peristiwa kebakaran lahan yang hampir mengenai pemukiman penduduk di desa Rimbo Panjang Kec. Tambang Kabupaten Kampar pada 24 Februari 2015. Bahwa adanya keluhan masyarakat di desa Rimbo Panjang Kec. Tambang Kabupaten Kampar tentang kondisi lingkungan atau kabut asap. Penerapan Eko-Teknologi bisa menjaga lingkungan lahan gambut agar tetap terjaga kelestariannya dan menghindari kebakaran lahan gambut serta mengatutr tata air tanah di lahan gambut.*

**Kata kunci :** Eko-teknologi, kebakaran, lahan gambut.

### PENDAHULUAN

Desa Rimbo Panjang sebagai salah satu desa di Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar secara geografis memiliki kondisi dataran rendah dan didominasi dengan areal gambut. Areal gambut yang kering akan mudah terbuka terbakar, dan jika terjadi kebakaran di lahan gambut maka sangat sulit padamnya. Gambar 1 adalah peristiwa kebakaran lahan di desa Rimbo Panjang yang terjadi pada 24 Februari 2015.

Berdasarkan analisis situasi di atas, maka perlu dilakukan penyuluhan pengelolaan lahan gambut untuk pencegahan kebakaran di lahan gambut. Penyuluhan ini akan menciptakan lingkungan yang berkualitas sehingga dapat meningkatkan pemahaman masyarakat tentangantisipasi pencegahan kebakaran lahan.

Identifikasi yang ada di desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar bahwa ada peristiwa kebakaran lahan yang hampir mengenai pemukiman penduduk di desa Rimbo Panjang Kec. Tambang

Kabupaten Kampar pada 24 Februari 2015. Bahwa adanya keluhan masyarakat di desa Rimbo Panjang Kec. Tambang Kabupaten Kampar tentang kondisi lingkungan atau kabut asap [1].



**Gambar 1.** Kebakaran lahan di desa Rimbo Panjang Tahun 2015 ([www.antarane.com](http://www.antarane.com)).

Berdasarkan analisis di atas, maka Saktioto dkk merencanakan akan melakukan kegiatan di desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar, hal ini didukung oleh pengalaman Tim yang telah banyak melakukan kegiatan pengabdian yang dapat mendukung suksesnya kegiatan ini.

Berdasarkan identifikasi diatas maka permasalahan yang ada di desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar, yaitu:

- Adanya peristiwa kebakaran lahan yang hampir mengenai pemukiman penduduk di desa Rimbo Panjang Kec. Tambang Kabupaten Kampar pada 24 Februari 2015.
- Adanya keluhan masyarakat di desa Rimbo Panjang Kec. Tambang Kabupaten Kampar tentang kondisi lingkungan atau kabut asap.
- Masyarakat petani belum mengenal Eko-Teknologi untuk penanggulangan kebakaran hutan.

Porositas tanah gambut adalah factor yang berhubungan dengan kemampuan air untuk menyimpan air, sehingga akan menjaga kelembaban tanah gambut. Kelembaban tanah gambut ini harus terus dipertahankan agar tidak terjadi kebakaran pada lahan gambut. Nilai porositas tanah gambut dapat ditulis:

Porositas adalah perbandingan antaravolume ruang pori terhadap volume total tanah. Porositas ini dinyatakan dalam persen

(%). Porositas ditentukan secara langsung dengan uji laboratorium. Dimana nilai porositas dapat diketahui dengan nilai bobot isi dan berat jenis partikel (BJP). Sehingga porositas dapat dihitung dengan rumus (Sundema, 2010).

$$\text{Porositas (\%)} = (1 - \text{Bobot Isi / BJP}) \times 100\% \quad (1)$$

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukandalam penyuluhan ini adalah metode ceramah dan praktek yaitu dengan mendesain sistem teknologi ekohidro yang dilakukan di desa Rimbo panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup dalam hal penanggulangan kebakaran lahan gambut di desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar. Penyuluhan diarahkan melalui sosialisasi teknologi ekohidro, penggunaan Eko-Teknologi untuk pengelolaan lingkungan dengan demikian kebakaran lahan gambut dapat dicegah [2].

Langkah –langkah kegiatan pengabdian ini adalah sebagai berikut:

Langkah 1: Peserta pelatihan diberikan materi mengenai arti pentingnya Eko Teknologi.

Langkah 2: Peserta diberikan kesempatan untuk menanyakan materi yang belum jelas.

Langkah 3: Peserta berlatih untuk memahami Eko Teknologi

Langkah 4: Peserta pelatihan melakukan analisis untuk diberikan masukan dan perbaikan Eko Teknologi.

## HASIL DAN ANALISA

Pelaksanaan pengabdian ini di bagi atas dua tahapan yaitu:

(a). Tahapan di Kelas

Tahapan ini terdiri dari penyampaian materi di ruangan/aula Desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar Provinsi Riau.

(b). Tahapan di Lapangan

Tahapan ini untuk praktek langsung penanggulangan kebakaran di lahan Gambut yang ada di Desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar Provinsi Riau.

Tahapan di ruang kelas/aula Desa Rimbo panjang ini diawali dengan memberikan materi penyuluhan tentang strategi penanggulangan kebakaran hutan dan lahan gambut. Masyarakat dengan antusias memperhatikan materi penyuluhan yang disampaikan oleh Prof.Dr. Saktioto, M.Phil, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pemaparan Materi Penyuluhan oleh Tim Pengabdian



**Gambar 3.** Antusias peserta pengabdian dari unsur kepolisian, Babinsa dan tokoh masyarakat.

Penyuluhan ini juga dihadiri oleh aparat kepolisian dan Babinsa, serta tokoh masyarakat, hal ini menunjukkan komitmen pemerintah dan masyarakat Desa Rimbo Panjang dalam mengatasi masalah kebakaran lahan gambut (Gambar 3). Kegiatan penyuluhan ini juga dihadiri oleh unsur

kemahasiswaan untuk maksud transfer ilmu agar mahasiswa dapat menerapkannya di lapangan.

Untuk memudahkan masyarakat memahami teknologi Eko Hidro untuk penanggulangan kebakaran lahan Gambut, maka tim langsung memperagakan bagaimana teknik Eko Hidro dipraktikkan di lahan gambut, seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



**Gambar 4.** Tim sedang memberikan contoh pelaksanaan Eko Hidro di lahan gambut.



**Gambar 5.** Tim menunjukkan praktek Eko Teknologi Di lapangan lahan gambut.

Pengelolaan Eko-Teknologi untuk pengelolaan muka air tanah pada kawasan gambut adalah bermanfaat untuk [3]:

1. Penghijauan areal kawasan gambut.
2. Menghindari kebakaran lahan Gambut
3. Mengatasi kelembabman arela gambut
4. Mengurangi emisi karbon
5. Mempertahankan tinggi muka air tanah
6. Menggunakan system parit sisir menjaga aliran air.

Kepentingan Eko-Teknologi untuk kawasan di lahan gambut bertujuan:

1. Lokasi lahan gambut terhindar dari kerusakan.
2. Memajukan ekonomi penduduk disekitar kawasan gambut.

Eko-Teknologi untuk tata kelola muka air di areal gambut bermanfaat agar [4]:

1. membuka jalur daerah yang tertutup.
2. mempercepat lalu lintas jalan.
3. mencegah kerusakan lahan gambut.
4. mempertahankan keberagaman tumbuhan,
5. menambah keanekaragaman tanaman.
6. meminimalkan gas karbon.

Pengelolaan air di lahan gambut berguna untuk [5]:

1. menganalisa laju perubahan tanaman di lahan gambut.
2. menganalisa kelembaban lahan gambut.
3. memberi solusi terhadap bahaya kekurangan air di lahan gambut serta dampak dari kelebihan air.
5. memberikan solusi terhadap pengelolaan air di lahan gambut.



**Gambar 6.** Foto Bersama di lapangan lahan gambut desa Rimbo panjang.

Setelah tim memberikan contoh pelaksanaan Eko Teknologi di lapangan lahan gambut, maka masyarakat dapat memahami cara kerja Eko- teknologi, masyarakat sangat puas dengan hasil uji langsung di lahan gambut ini. Rasa kepuasan masyarakat ini ditunjukkan dengan banyaknya pertanyaan. Tahapan ini diakhiri dengan foto bersama di lapangan lahan gambut.

## KESIMPULAN

Eko-Teknologi yang diterapkan di lahan gambut telah dapat menjadikan kawasan lahan gambut di Desa Rimbo Panjang Kabupaten Kampar Provinsi Riau terbebas dari bahaya kebakaran hutan dan terhindar dari efek kemarau. Masyarakat petani di desa Rimbo Panjang telah diberikan penyuluhan tentang aplikasi Eko-Teknologi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Larin, D. 2006. Kebakaran Hutan dan Lahan. <http://www.google.com>. Di Akses pada Tanggal 20 November 2018.
2. Jahrin, S.T. 2007. Kebakaran Hutan dan Lahan Cenderung Masih Akan Terjadi.
3. Budi Indra Setiawan, *Training On : Water Management For Forest Plantation In Tropical Peatlands*, 2012. Halaman 5.
4. Nicolas, Marc. V.J dan M. Roderick Bowen. 1999. Pendekatan Kebakaran Gambut dan Batubara di Propinsi Sumatera Selatan, Indonesia. Proyek Pencegahan dan
5. Notohadinegoro, T. 1996. Perspektif Pengembangan Lahan Basah. Fakultas

## ANALISA PENGARUH FILTER WARNA DAN DAYA LAMPU FLUORESCENT TERHADAP KELAJUAN NYAMUK

Gita Rahayu<sup>1\*</sup>, Saktioto<sup>2</sup>

Program Studi S1 Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Riau Kampus Bina Widya  
Jl. Prof. Mughtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

\*E-mail korespondensi: [gitarahayugeget@gmail.com](mailto:gitarahayugeget@gmail.com)

### ABSTRACT

*Mosquitoes are insects that can cause dangerous problems to human health. Therefore, mosquitoes need to be identified based on its motion so it can stay away from human. The purpose of this research is to investigate the effect of power and color spectrum of lamp toward mosquito speed. This research used optical method based on light beam that affected mosquitobody. This research designed a radiation system inside a glass box with thickness of 0,5 cm size (30x7x20) cm. Five mosquitoes were irradiated by light from fluorescent lamp with power 11 Watt and 26 Watt that have been filtered using red, orange, yellow, green, blue and purple color plastics. The radiation process was recorded using a digital camera about 26 minutes. The recorded video was processed using Tracker program. The Tracker program analyzed the mosquito speed based on its displacement from one to another position. The results showed that mosquito highest speed at unfiltered light, red, blue and purple colors occurred when irradiated with 26 Watt lamp while at color of orange, yellow and green occurred when irradiated with 11 Watt lamp. Mosquitoes highest speed value when irradiated by orange, yellow and green are 0,632 m/s, 0,693 m/s and 0,645 m/s. Mosquitoes lowest speed value when irradiated by blue and purple light are 0,308 m/s and 0,285 m/s. The speed of the mosquitoes when irradiated by red and unfiltered lights are 0,517 m/s and 0,541 m/s respectively. The data showed that mosquitoes moved away from light source when irradiated by unfiltered lights, red, blue and purple while mosquitoes approached the light source when irradiated by orange, yellow and green light.*

**Keywords** : Mosquito, Fluorescent Lamp, Color Filter, Mosquito Speed, Lamp Power

### ABSTRAK

*Nyamuk adalah salah satu serangga yang berbahaya bagi manusia. Nyamuk perlu diidentifikasi gerakannya agar menjauhi manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh daya dan warna lampu terhadap kelajuan nyamuk. Metode yang digunakan adalah metode optik berdasarkan pancaran cahaya lampu yang mengenai fisik nyamuk. Penelitian ini merancang sebuah sistem peradiasian di dalam kotak kaca dengan ketebalan 0,5 cm berukuran 30 cm x 7 cm x 20 cm. Lima ekor nyamuk disinari cahaya dari lampu fluorescent dengan daya 11 Watt dan 26 Watt yang difilter menggunakan plastik warna merah, jingga, kuning, hijau, biru dan ungu. Proses radiasi direkam menggunakan kamera digital selama ±26 menit. Video hasil rekaman diolah menggunakan aplikasi Tracker. Aplikasi Tracker menganalisa kelajuan nyamuk berdasarkan perpindahannya dari satu posisi ke posisi lain. Hasil penelitian menunjukkan kelajuan nyamuk tertinggi dengan cahaya lampu tanpa filter, warna merah, biru dan ungu terjadi saat disinari lampu 26 Watt sedangkan untuk warna jingga, kuning dan hijau terjadi saat disinari lampu 11 Watt. Nilai kelajuan tertinggi nyamuk saat disinari oleh warna jingga, kuning dan hijau adalah 0,632 m/s, 0,693 m/s dan 0,645 m/s. Nilai kelajuan terendah nyamuk saat disinari oleh cahaya biru dan ungu adalah 0,308 m/s dan 0,285 m/s. Kelajuan nyamuk saat disinari oleh warna merah dan lampu tanpa filter adalah 0,517 m/s dan 0,541 m/s. Data ini menunjukkan nyamuk menjauhi sumber cahaya saat disinari cahaya lampu tanpa filter, warna merah, biru dan ungu sedangkan nyamuk mendekati sumber cahaya saat disinari cahaya lampu warna jingga, kuning dan hijau.*

**Kata Kunci** : Nyamuk, Lampu Fluorescent, Filter Warna, Kelajuan Nyamuk, Daya Lampu

### 1. PENDAHULUAN

Nyamuk merupakan serangga pembawa patogen berbahaya bagi manusia seperti malaria, DBD, filariasis, cikungunya dan

berbagai penyakit mematikan lainnya. Pada tahun 2015 terdapat 214 juta kasus Malaria yang menyebabkan 438.000 kematian di seluruh dunia [1]. Beberapa Provinsi di

Indonesia bahkan melaporkan Kejadian Luar Biasa (KLB) untuk penyakit Demam Berdarah Dengue pada tahun 2014 dengan total 100.347 kasus yang menyebabkan 907 orang meninggal dunia di seluruh Indonesia [2].

Salah satu metode yang sedang dikembangkan untuk mengontrol nyamuk saat ini yaitu metode *Electronic Mosquito Repellent* (EMR). EMR adalah sebuah metode penangkal nyamuk yang menggunakan berbagai instrumen elektrik. Salah satu contohnya yaitu instrumen elektrik yang memancarkan gelombang ultrasonik untuk menarik nyamuk betina. Studi kasus beberapa peneliti terhadap berbagai EMR yang memancarkan gelombang ultrasonik menyimpulkan bahwa alat ini sangat tidak efektif dan tidak direkomendasikan untuk menangkal gangguan nyamuk [3].

Negara Jepang sebagai contoh saat ini tengah mengembangkan suatu metode optik untuk membasmi serangga yang merugikan dalam bidang pertanian. Penelitian ini dilakukan berdasarkan sifat responsif serangga terhadap cahaya [4].

Respon serangga terhadap cahaya sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti intensitas cahaya, panjang gelombang, lamanya serangga terpapar cahaya, arah sumber cahaya, kontras sumber cahaya dan warna cahaya serta jenis sumber cahaya yang digunakan itu sendiri.

Beberapa kegiatan serangga dipengaruhi oleh responnya terhadap cahaya. Cahaya ternyata dapat memicu berbagai macam respon dan tingkah laku serangga. Respon serangga terhadap cahaya disebut dengan *Phototaxis*.

Populernya metode optik untuk membasmi dan mengontrol serangga membuat para peneliti mulai mengembangkan berbagai sumber cahaya yang digunakan. Sumber cahaya yang digunakan salah satunya adalah sumber cahaya buatan. Para peneliti pun telah membuktikan bahwa nyamuk tertarik dengan cahaya yang ditransmisikan [5]. Namun hingga saat ini belum diketahui cahaya dengan karakteristik seperti apa yang dapat menangkal nyamuk.

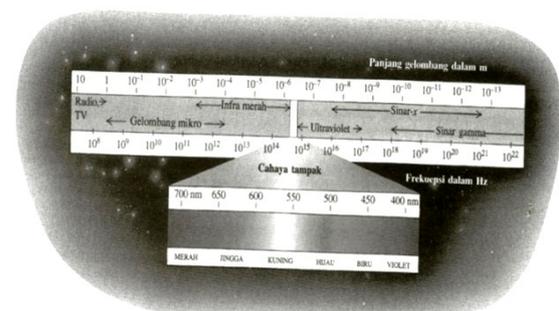
Suksesnya metode optik berbasis gelombang elektromagnetik dalam membasmi dan mengontrol serangga melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh filter warna dan daya lampu *fluorescent* terhadap kelajuan nyamuk. Dalam penelitian ini nyamuk akan diradiasikan dengan cahaya lampu *fluorescent*. Cahaya polikromatis dari lampu nantinya akan difilter menggunakan berbagai plastik warna. Penulis akan merancang sebuah sistem untuk mengetahui bagaimana pengaruh cahaya tampak dengan daya, intensitas, suhu yang dihasilkan saat radiasi terhadap kelajuan nyamuk.

## 2. KAJIAN LITERATUR

### 2.1 Cahaya

Cahaya adalah radiasi gelombang elektromagnetik yang mempunyai frekuensi dan panjang gelombang tertentu sehingga dapat dilihat oleh mata manusia.

Cahaya adalah salah satu bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik (Gambar 1). Panjang gelombang dari cahaya tampak mulai dari 380 nm dengan warna ungu-biru sampai dengan 750 nm untuk warna merah pekat. Warna biru murni terletak pada panjang gelombang 475 nm, warna hijau sekitar 520 nm, warna kuning sekitar 575 nm dan warna merah 630 nm. Panjang gelombang di bawah 380 nm adalah sinar Ultraviolet dan di atas 750 adalah sinar Infrared.



**Gambar 1.** Spektrum gelombang elektromagnetik [6].

### 2.2 Lampu Fluorescent Sebagai Sumber Cahaya

Lampu tabung Fluorescent terdiri dari gelas kaca dimana dinding bagian dalam dilapisi dengan serbuk Fosfor yang pada dasarnya merupakan material semikonduktor dengan tambahan zat pengaktif lain untuk mengubah radiasi ultraviolet menjadi cahaya tampak [7]. Keunggulan dan kelemahan lampu fluorescent diberikan pada Tabel 1.

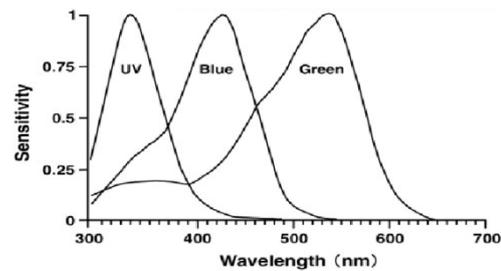
**Tabel 1.** Kelebihan dan Kelemahan Lampu Fluorescent [8].

Kelebihan	Kelemahan
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efikasi yang baik</li> <li>- Waktu hidup panjang (6000-9000 jam)</li> <li>- Tingkat intensitas cahaya rendah</li> <li>- Temperatur operasi rendah</li> <li>- Performansi warna baik (warna cahaya berbeda-beda)</li> <li>- Sinar tampak dengan spektrum lebih lebar</li> <li>- Dapat dioperasikan pada tegangan sistem yang lebih tinggi</li> <li>- Penundaan starting dan restarting hanya sesaat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bukan merupakan sumber cahaya titik sehingga distribusi cahaya lebih sulit dikendalikan</li> <li>- Membutuhkan peralatan tambahan sebagai kontrol lampu</li> <li>- Sangat dipengaruhi oleh temperatur lingkungan</li> <li>- Butuh pengontrol khusus untuk mengatur intensitas cahaya</li> <li>- Ukuran lebih besar</li> </ul>

Lampu Fluorescent di dalamnya diisi dengan gas *inert* berupa argon atau kripton yang berfungsi untuk penyalaan awal dan uap air raksa (merkuri) yang akan mengubah 60% dari daya input. Fungsi lain dari gas *inert* adalah memperpanjang umur elektroda karena keberadaan gas tersebut mengurangi evaporasi pengendali kelajuan lintasan elektron bebas sehingga lebih memungkinkan terjadinya ionisasi merkuri dan mempermudah lewatnya arus di dalam tabung khususnya pada temperatur rendah [9].

### 2.3 Interaksi Serangga Terhadap Cahaya

Beberapa kegiatan serangga dipengaruhi oleh responnya terhadap cahaya. Ada serangga yang aktif pada siang hari dan ada juga serangga yang aktif pada malam hari. Serangga yang aktif pada siang hari disebut serangga *diurnal* sedangkan serangga yang aktif pada malam hari disebut serangga *nocturnal*.

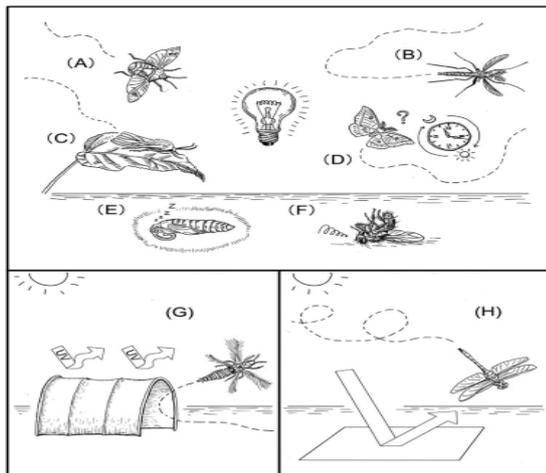


**Gambar 2.** Kurva kepekaan warna tiga tipe sel *photoreceptor* dari lebah madu (*Apis Mellifera*). Spektrum di atas kurva adalah spektrum cahaya tampak yang dapat dilihat manusia [10].

Serangga mampu melihat radiasi sinar ultraviolet (UV) karena serangga mempunyai mata faset (majemuk) dan mata tunggal (ocellus) [4]. Mata faset mempunyai ukuran lebih besar daripada mata tunggal. Mata faset mampu menerima sinar yang sudut datangnya lebih besar dari 180°. Menurut [4] mata faset memiliki banyak unit yang sensitif terhadap cahaya disebut ommatidia. Sebuah ommatidia mengandung kumpulan panjang sel *photoreceptor* yang peka terhadap warna tertentu pada masing-masing selnya. *Photoreceptor* yang peka terhadap warna berperan dalam menentukan panjang gelombang cahaya tampak yang akan dilihat oleh serangga dan penglihatannya diperluas hingga daerah sinar UV yang tidak mampu dilihat oleh manusia. Mata faset mengandung tiga tipe sel *photoreceptor* yang peka terhadap sinar UV, warna biru dan warna hijau seperti yang dimiliki oleh lebah madu (*Apis Mellifera*) seperti yang terlihat pada Gambar 2. Rata-rata serangga menganggap sinar UV sebagai warna yang unik. Sensitivitas *photoreceptor* pada sinar UV, warna biru dan hijau pada genus

*Apis* mirip dengan rata-rata seluruh serangga seperti nyamuk contohnya.

Cahaya dapat mempengaruhi berbagai macam tingkah laku serangga yang dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori seperti yang terlihat pada Gambar 3. Pertama yaitu ketertarikan serangga terhadap sumber cahaya. Hal ini disebut dengan *Phototaxis* Positif dimana serangga akan mendekat ke arah sumber cahaya. Tingkah laku ini dimanfaatkan untuk membuat perangkap serangga dengan syarat sumber cahaya memiliki panjang gelombang serta intensitas yang efektif. Kedua yaitu penolakan terhadap cahaya. Hal ini disebut juga dengan *phototaxis* negatif dimana serangga akan menjauhi sumber cahaya. Tingkah laku ini dimanfaatkan untuk menangkal serangga memasuki daerah yang ingin dilindungi.



**Gambar 3** Berbagai macam respon serangga terhadap cahaya. (A) *Phototaxis* Positif. (B) *Phototaxis* negatif. (C) Adaptasi cahaya. (D) Kebingungan dengan waktu. (E) *Photoperiodicity*. (F) Keracunan cahaya. (G) Kontrol Penglihatan. (H) Reaksi terhadap cahaya pantul [4].

Pertama yaitu ketertarikan serangga terhadap sumber cahaya. Hal ini disebut dengan *Phototaxis* Positif dimana serangga akan mendekat ke arah sumber cahaya. Tingkah laku ini dimanfaatkan untuk membuat perangkap serangga dengan syarat sumber cahaya memiliki panjang gelombang serta intensitas yang efektif. Kedua yaitu penolakan

terhadap cahaya. Hal ini disebut juga dengan *phototaxis* negatif dimana serangga akan menjauhi sumber cahaya. Tingkah laku ini dimanfaatkan untuk menangkal serangga memasuki daerah yang ingin dilindungi. Selanjutnya ketiga yaitu adaptasi terhadap cahaya. Serangga *nocturnal* yang terpapar cahaya buatan pada malam hari akan beradaptasi dengan sumber cahaya buatan. Para peneliti melakukan jeda selama peradiasian untuk menghindari hal ini.

Respon keempat yaitu gangguan jadwal yang mengakibatkan kebingungan membedakan antara siang dan malam sehingga tingkah laku serangga *diurnal* maupun *nocturnal* akan berganti sesuai kebiasaan pada waktu sebenarnya. Respon kelima yaitu *photoperiodicity*. *Photoperiodicity* adalah respon psikologis serangga terhadap musim serta jadwal cahaya yang mengakibatkan serangga tidak akan bertahan melewati musim dingin karena tidak dapat berhibernasi. Respon keenam yaitu keracunan cahaya. Mata faset pada serangga dapat keracunan sinar UV dan warna biru akibat radiasi yang berlebihan. Namun ada beberapa serangga yang mampu bertahan serta menyembuhkan diri.

Respon selanjutnya yaitu dengan cara menghalangi masuknya sinar UV ke dalam sebuah tempat. Hal ini menyebabkan serangga tidak mampu melihat apapun yang berada di dalam tempat yang tidak ada sinar UV dan pergi menjauh. Terakhir yaitu memantulkan cahaya dari tanah sehingga serangga menganggap cahaya pantul tersebut adalah cahaya matahari yang berada di balik punggungnya. Semua respon serangga terhadap cahaya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti intensitas, panjang gelombang, waktu paparan serta jenis sumber cahaya.

## 2.5 Karakteristik Fisis Nyamuk

Nyamuk merupakan serangga yang termasuk dalam filum arthropoda klas insekta ordo diptera famili culicidae. Nyamuk mempunyai beberapa ciri yaitu tubuhnya dibedakan atas tiga bagian yaitu bagian kepala (kaput), dada (thoraks) dan perut (abdomen).

Bentuk kepala nyamuk hampir bulat dan memiliki susunan mata yang besar. Nyamuk mempunyai lima bagian anggota tubuh yaitu dua buah antena, dua palpi dan dua proboscis. Bagian dada (thoraks) terbagi atas tiga bagian yaitu prothoraks, mesothoraks dan metathoraks. Masing-masing bagian memiliki sepasang kaki. Pada bagian mesothoraks terdapat sepasang sayap. Pada bagian metathoraks terdapat bagian yang menonjol mirip sepasang sayap yang disebut dengan *halteres*. Nyamuk mengalami metamorfosis sempurna mulai dari telur, larva, pupa hingga nyamuk dewasa, lihat Gambar 4.



**Gambar 4.** (A) Nyamuk betina dewasa, *Anopheles sinensis*. (B) Larva nyamuk [11].

Nyamuk menggunakan rangsangan visual, termal dan penciuman untuk melacak mangsanya [11]. Penciuman nyamuk berperan penting dalam menemukan mangsa dengan tepat sedangkan indra penglihatan nyamuk digunakan untuk mengontrol pergerakan saat terbang. Jarak terbang nyamuk *Ae. aegypti* betina rata-rata 40-100 meter dari tempat perindukannya [12].

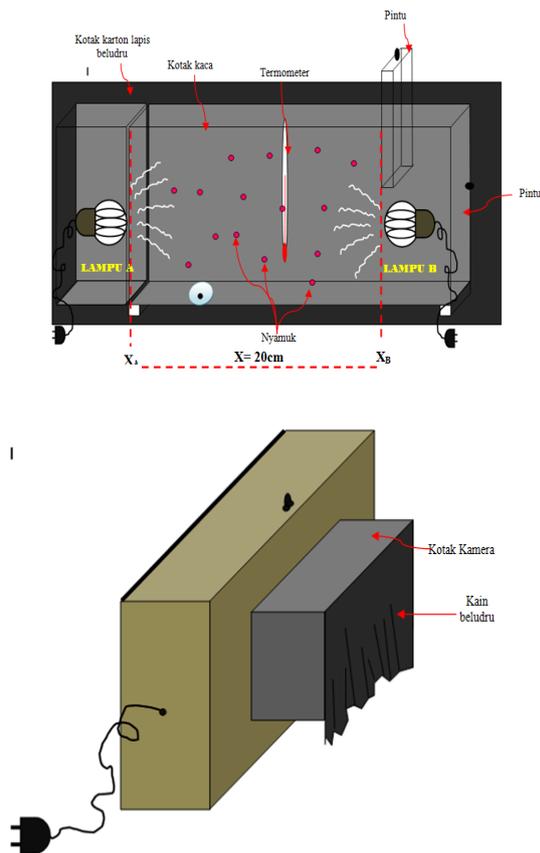
[12] juga menjelaskan bahwa suhu udara sangat berpengaruh bagi perkembangan nyamuk serta virus maupun bakteri yang dibawanya. Nyamuk dapat hidup pada suhu

rendah dengan konsekuensi turunnya metabolisme nyamuk bahkan akan berhenti apabila suhu turun hingga titik kritis. Begitu juga sebaliknya fisiologi nyamuk akan melambat bila suhu lingkungan lebih dari 35°C. Hal ini disebabkan karena terjadi denaturasi protein dalam tubuh nyamuk sehingga mengganggu keseimbangan proses metabolisme. Hal ini menyebabkan timbul sisa-sisa metabolisme yang berubah menjadi racun sehingga mengurangi mobilitas nyamuk. Rata-rata suhu optimal untuk nyamuk adalah 25°C-27°C. Pertumbuhan nyamuk akan benar-benar berhenti bila suhu lebih tinggi dari 40°C atau lebih rendah dari 10°C.

### 3. METODE PENELITIAN

Gambar 5 dan 6 merupakan rancangan skema dan diagram alir penelitian skala laboratorium untuk mengetahui pengaruh radiasi cahaya tampak terhadap nyamuk ini. Terdapat dua jenis kotak dalam sistem ini yaitu kotak kaca dan kotak karton. Kotak kaca berfungsi sebagai wadah peradiasian sampel menggunakan cahaya tampak yang bersumber dari lampu dengan suhu warna normal yang warnanya hampir sama dengan cahaya pada siang hari (*daylight color*) dengan tujuan memudahkan koreksi warna dengan berbagai panjang gelombang menggunakan plastik warna-warni. Kotak kaca dirancang dengan lebar yang kecil sebesar 8 cm sehingga kotak kaca dianggap 2D apabila dipandang dari depan untuk memudahkan menghitung pergerakan serta kelajuan perpindahan nyamuk.

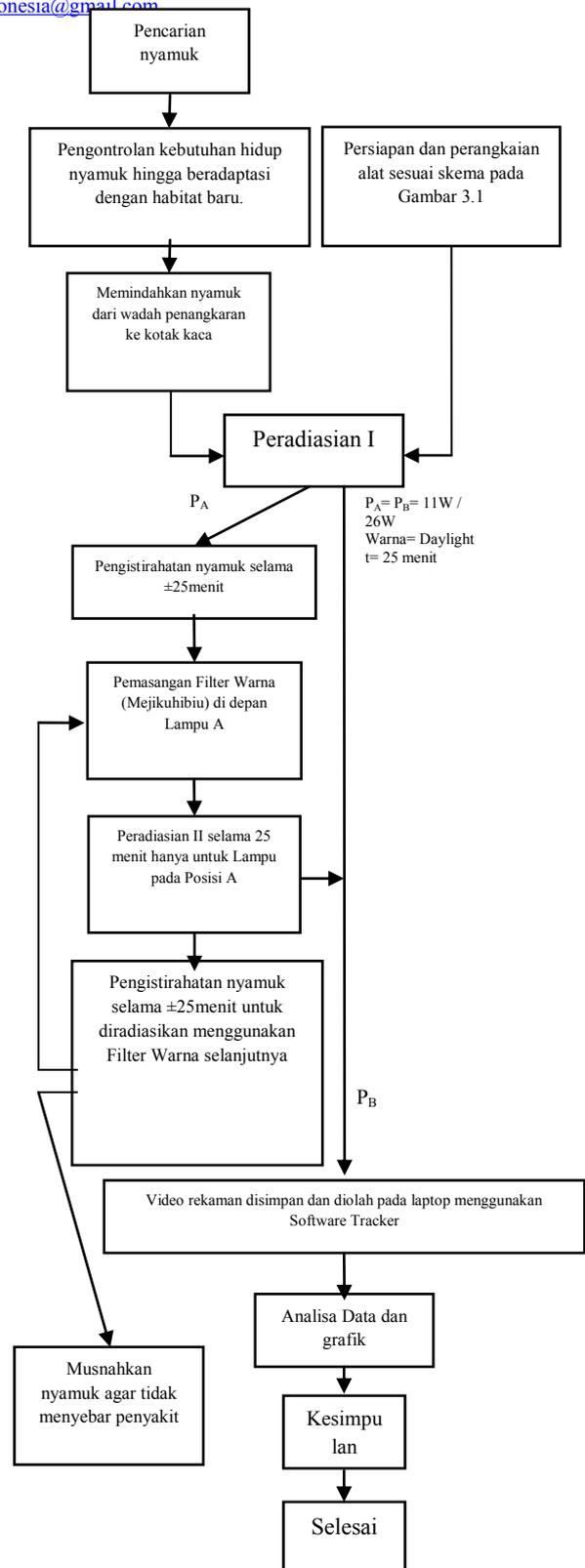
Langkah awal dari penelitian ini adalah mengontrol sampel untuk meminimalisir kemungkinan error yang berasal dari nyamuk sehingga data yang didapatkan sesuai dengan tujuan awal penelitian. Semua alat dan bahan yang telah dipersiapkan dirancang sesuai sistem yang telah direncanakan sesuai dengan Gambar 5 bersamaan dengan persiapan nyamuk.



Gambar 5. Skema penelitian

Langkah kedua yaitu meradiasikan nyamuk dengan masing-masing lampu 11 W dan 26 W selama  $\pm 26$  menit. Suhu dan intensitas cahaya dicatat setiap rentang 5 menit. Proses peradiasian direkam menggunakan kamera digital dari awal hingga akhir. Setelah 26 menit lampu dimatikan. Video hasil rekaman dipindahkan dan disimpan ke laptop. Nyamuk dibiarkan beristirahat lagi selama kurang lebih 15 menit dan suhu di dalam kotak dibiarkan turun kembali hingga menyamai suhu ruangan. Filter warna ditukar dengan filter warna selanjutnya selama nyamuk beristirahat dan dilanjutkan sama seperti langkah sebelumnya.

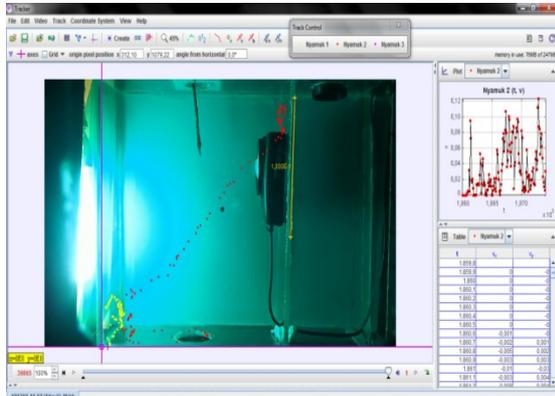
Langkah-langkah yang dilakukan pun sama untuk masing-masing daya lampu hanya saja lampu di posisi B tidak diberi filter dan hanya menggunakan warna *daylight* saja. Setelah peradiasian semua nyamuk dimusnahkan agar tidak menyebarkan penyakit dan dianalisa menggunakan aplikasi Tracker, lihat Gambar 7.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

Sebelum video diolah, ada beberapa hal yang harus diatur untuk mendapatkan hasil yang akurat. Pertama video harus dikalibrasi menggunakan benda yang memiliki ukuran asli di dunia nyata. Benda yang digunakan

dalam penelitian ini adalah lidi berukuran 0.1 meter. Benda acuan harus masuk dalam rekaman. Hal ini bermaksud agar data yang nantinya dihasilkan akan sesuai dengan satuan di dunia nyata.



**Gambar 7.** Tampilan *Software Tracker*

Kedua sumbu koordinat x dan y dimasukkan pada video. Koordinat (0,0) diletakkan pas dengan pojok kiri bawah kotak kaca. Hal ini bertujuan agar data lintasan terbang nyamuk dapat dianalisa lebih akurat.

Ketiga atur karakteristik video dengan cara membuka *clip settings* pada aplikasi Tracker. Video dengan ukuran yang lebih kecil memiliki kekurangan berupa gambar yang tidak jernih dan pecah-pecah sehingga sangat menyulitkan ketika menganalisa lintasan nyamuk. Video pun diatur agar memiliki kelajuan antar frame sebesar 25 fps dengan waktu antar frame 0,04 detik sehingga memudahkan pengolahan data.

Video yang sudah dikonversi dan dikalibrasi diolah menggunakan *software Tracker* untuk menganalisa kelajuan serta pergerakan nyamuk pada sumbu x dan sumbu y yang dihitung berdasarkan perpindahan nyamuk antar frame video. Tampilan aplikasi Tracker. Aplikasi ini akan memberikan hasil berupa grafik serta tabel data berbagai variabel fisis yang diinginkan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Pengelolaan Nyamuk Sebagai Sampel Penelitian

Penelitian ini menggunakan nyamuk sebagai sampel utama. Kenyataannya sangat sulit untuk menemukan nyamuk siap teliti dengan jenis yang seragam. Hal ini dapat diatasi dengan cara mengambil jentik nyamuk dari tempat yang sama dengan asumsi memperbesar kemungkinan mendapatkan jenis nyamuk seragam yang hidup dalam habitat yang sama. Namun, butuh penelitian lebih lanjut untuk menentukan jenis pasti nyamuk yang didapat. Penelitian pun dilanjutkan tanpa mengetahui jenis nyamuk yang menjadi sampel utama dengan pertimbangan penelitian dianggap serupa dengan kehidupan sehari-hari dimana berbagai jenis nyamuk berkeliaran di sekitar manusia.

##### 4.2 Pengaruh Suhu Terhadap Respon Nyamuk

Pada penelitian ini digunakan dua lampu dengan daya 11 watt dan 26 watt yang difilter menggunakan enam plastik warna merah, jingga, kuning, hijau, biru, ungu dan warna bawaan lampu. Intensitas cahaya lampu hanya diukur di titik terjauh dari lampu sementara suhu diukur di sembilan titik dengan jarak seperti terlihat pada Tabel 2. Tujuan pengukuran suhu di sembilan titik adalah untuk mengetahui sebaran suhu di masing-masing titik.

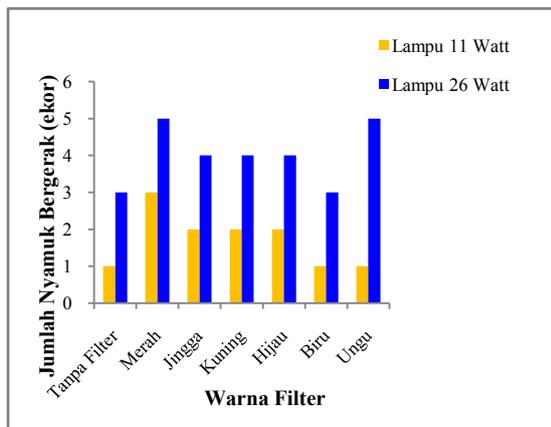
**Tabel 2.** Titik pengukuran suhu

Titik	Jarak Termometer - Dasar Wadah	Jarak Termometer - Lampu
1	0,5 cm	
2	10 cm	2,5 cm
3	19,5 cm	
4	0,5 cm	
5	10 cm	12 cm
6	19,5 cm	
7	0,5 cm	
8	10 cm	19,5 cm
9	19,5 cm	

Menurut [11] Nyamuk menggunakan rangsangan visual, termal dan penciuman

untuk melacak mangsanya. Nyamuk membentuk lintasan saat terbang yang bervariasi. Untuk semua filter warna, nyamuk rata-rata sering melalui titik 7 yang berada di posisi paling bawah kotak kaca yang terletak paling jauh dari sumber cahaya. Namun dari pengukuran suhu yang dilakukan tidak terlihat perbedaan suhu yang berarti daripada titik-titik lainnya.

Pola suhu ini terjadi akibat salah satu dari kelemahan lampu fluorescent yang dirumuskan oleh [8] dimana suhu yang dihasilkan lampu sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan saat pengukuran. Hal ini menunjukkan bahwa suhu lingkungan ikut terukur pada saat peradiasian membuat data pengukuran menjadi tak terpola di tiap titiknya saat data diambil pada waktu yang berbeda. Oleh karena itu respon nyamuk terhadap perubahan suhu di tiap titik tidak dapat disimpulkan akibat pengambilan data yang tidak akurat.



**Gambar 8.** Grafik jumlah nyamuk yang bergerak saat peradiasian.

Meskipun pengaruh suhu di tiap titik terhadap respon nyamuk tidak dapat disimpulkan namun lintasan terbang nyamuk selama peradiasian menunjukkan suatu pola terhadap perubahan suhu di dalam kotak kaca secara keseluruhan. Menurut [12] rata-rata suhu optimal untuk nyamuk adalah  $25^{\circ}\text{C}$  -  $27^{\circ}\text{C}$  dan nyamuk tidak dapat hidup optimal apabila suhu lebih rendah dari  $10^{\circ}\text{C}$  atau lebih tinggi dari  $40^{\circ}\text{C}$ . Hal ini terlihat dalam pola pergerakan nyamuk dimana nyamuk bergerak

semakin agresif saat suhu dalam kotak kaca semakin tinggi seiring waktu. Gambar 8 menunjukkan grafik jumlah nyamuk yang bergerak saat peradiasian.

Kesimpulannya adalah respon nyamuk terhadap suhu di tiap titik tidak dapat diketahui karena perubahan suhu tidak signifikan namun perubahan suhu secara keseluruhan di dalam kotak kaca membuat nyamuk bergerak semakin aktif seiring meningkatnya suhu dalam kotak kaca.

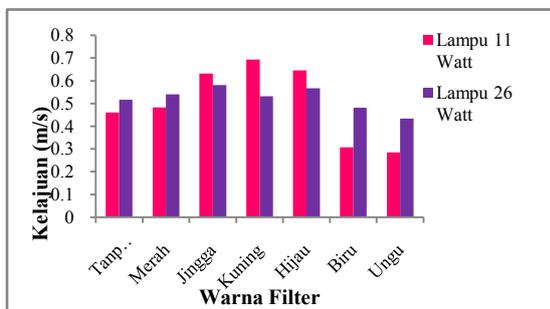
### 4.3 Pengaruh Filter Warna Dan Daya Lampu Fluorescent Terhadap Kelajuan Nyamuk

Filter warna digunakan untuk memisahkan cahaya agar meneruskan satu panjang gelombang tertentu yang diinginkan. Penelitian ini menggunakan plastik warna merah, jingga, kuning, hijau, biru dan ungu sebagai filter cahaya. Plastik warna awalnya diukur menggunakan spektrometer untuk mengetahui panjang gelombangnya. Namun hasil dari grafik menunjukkan bahwa lampu tanpa filter, warna merah, jingga, kuning dan hijau mempunyai panjang gelombang yang hampir sama yaitu 612 nm. Hal ini terjadi karena penelitian ini hanya menggunakan plastik warna biasa. Untuk penelitian selanjutnya mungkin dapat menggunakan filter warna yang lebih bagus agar hasilnya lebih akurat. Tetapi tidak jadi masalah karena warna yang dihasilkan cukup jelas untuk divisualisasikan oleh manusia maupun mata nyamuk yang selanjutnya dapat mempengaruhi pergerakan nyamuk.

Kelajuan nyamuk diperoleh dari hasil analisa menggunakan aplikasi Tracker dimana kelajuan dihitung berdasarkan perpindahan nyamuk dari satu posisi ke posisi lain antar frame. Kelajuan nyamuk dianalisa hanya pada saat nyamuk terbang dari satu titik ke titik lain. Nyamuk yang berjalan pelan atau tidak terbang kelajuannya dianggap nol. Hal ini bermaksud untuk mempersempit jumlah data dan menghemat waktu agar mendapatkan hasil yang maksimal karena data yang diolah menggunakan aplikasi Tracker berjumlah

sangat banyak. Satu video dapat menghasilkan paling sedikit 10.000 data dan maksimal 40.000 buah data tergantung frame video yang diatur pada saat awal sebelum mengolah video.

Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai kelajuan tertinggi nyamuk saat disinari oleh warna jingga, kuning dan hijau adalah 0,632 m/s, 0,693 m/s dan 0,645 m/s. Nilai kelajuan terendah nyamuk saat disinari oleh cahaya biru dan ungu adalah 0,308 m/s dan 0,285 m/s. Kelajuan nyamuk saat disinari oleh warna merah dan lampu tanpa filter adalah 0,517 m/s dan 0,541 m/s.



**Gambar 9.** Grafik perbandingan kelajuan nyamuk terhadap filter warna

**Tabel 3.** Kelajuan Nyamuk Berdasarkan Filter Warna.

Filter Warna	Kelajuan Nyamuk (m/s)	
	Lampu 11 Watt	Lampu 26 Watt
Tanpa Filter	0,461	0,517
Merah	0,483	0,541
Jingga	0,632	0,581
Kuning	0,693	0,532
Hijau	0,645	0,567
Biru	0,308	0,482
Ungu	0,285	0,434

Daya lampu pun sangat mempengaruhi kelajuan nyamuk seperti yang terlihat pada grafik dimana nyamuk rata-rata bergerak cepat saat disinari lampu berdaya 26 watt. Pada daya 26 watt hanya terjadi perbedaan pada warna jingga, kuning dan hijau dimana kelajuan nyamuk lebih tinggi pada daya 11 watt daripada daya 26 watt. Perbedaan kelajuan nyamuk dapat dilihat dalam Tabel 3. Hal ini

menunjukkan bahwa nyamuk menjadi sangat aktif saat disinari oleh cahaya berwarna jingga, kuning dan hijau yang ditunjukkan dengan kelajuan terbang yang tinggi.

Selain kelajuan yang tinggi, ternyata nyamuk menunjukkan respon bila diradiasi dengan warna tertentu. Dalam Lampiran 3 dapat dilihat bahwa nyamuk yang diradiasi oleh lampu warna jingga, kuning dan hijau cenderung lebih sering bergerak mendekati cahaya. Sementara nyamuk yang diradiasi oleh lampu tanpa filter, warna merah, biru dan ungu cenderung bergerak menjauhi cahaya dan acap kali bergerak dan diam di titik 7.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Nyamuk bergerak dengan kelajuan tertinggi saat disinari oleh warna jingga, kuning dan hijau dan bergerak dengan kelajuan rendah saat disinari cahaya biru dan ungu.
2. Kelajuan nyamuk tertinggi dengan cahaya lampu tanpa filter, warna merah, biru dan ungu terjadi saat disinari lampu 26 Watt sedangkan untuk warna jingga, kuning dan hijau terjadi saat disinari lampu 11 Watt.
3. Respon nyamuk terhadap suhu di tiap titik tidak dapat diketahui karena perubahan suhu tidak signifikan namun perubahan suhu secara keseluruhan di dalam kotak kaca membuat nyamuk bergerak semakin aktif seiring meningkatnya suhu dalam kotak kaca.
4. Nyamuk yang diradiasi oleh lampu warna jingga, kuning dan hijau cenderung bergerak mendekati cahaya sementara nyamuk yang diradiasi oleh lampu tanpa filter, warna merah, biru dan ungu cenderung bergerak menjauhi cahaya.

## 6. REFERENSI

1. World Health Organization. 2015. *World Malaria Report 2015*. WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland.
2. Kementerian Kesehatan Indonesia. 2015. *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2014*. Kementerian Kesehatan Indonesia, Jakarta.
3. Enayati, A., J. Hemingway., P. Garner. 2010. *Electronic Mosquito Repellent For Preventing Mosquito Bites And Malaria Infection (Review)*. The Cochrane Collaboration, John Wiley And Sons, Ltd, United Kingdom.
4. Shimoda, M., Honda. K.I. 2013. Insect Reaction To Light And Its Application To Pest Management. *Appl Entomol Zool*, Vol 48: 413-421.
5. Burkett, D.A., Butler, J.F., kline, D.L. 1998. Field Evaluation Of Colored Ligth-Emitting Diodes As Attractans For Woodland Mosquitoes And Other Diptera In North Central Florida. *Journal Of The American Mosquito Control Association*, Vol 14: 186-195.
6. Young, H.D. Freedman, R.A. 2003. *Sears And Zemansky's : Fisika Universitas*. Erlangga, Jakarta.
7. Andrizal. 2001. *Studi Tentang Kontroler Elektronik Lampu Tabung Fluorescent*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
8. Enny, I. 2003. *Analisis Sistem Lampu TL Tanpa Filamen*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
9. Mostavan, A. 2005. *Teknik Pencahayaan*. Departemen Teknik Fisika Institut Teknologi Bandung, Bandung.
10. Peitsch, D., Fietz, A., Hertel, H., Souza, J. Ventura, D.F., Menzel, R. 1992. The Spectral Input Systems Of Hymenopteran Insect And Their Receptor-Based Colour Vision. *J Comp Physiol A Vol 170*: 23-40.
11. Rueda, L.M., 2008. Global Diversity Of Mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae). *Hydrobiologia*, Vol 595: 477-487.
12. Syukur, A. 2012. *Analisis Spasial Faktor Risiko Lingkungan Terhadap Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) Di Kabupaten Sambas Propinsi Kalimantan Barat*. Universitas Diponegoro, Semarang.

## RANCANG BANGUN ALAT PENGERING SISTEM ISOLATOR BERLAPIS PAPAN BATU KERIKIL SEBAGAI PENYIMPAN PANAS

**Juandi M<sup>1</sup>, Usman Malik<sup>1</sup>, Ismawan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dosen Fisika Bidang Kebumihan dan Lingkungan

<sup>2</sup>Mahasiswa Program S1 Fisika

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. HR Sobrantas KM 12,5, Pekanbaru, 28293, Indonesia

Email korespondensi: [anakbangsuardi@gmail.com](mailto:anakbangsuardi@gmail.com);

[usman.malik@lecturer.unri.ac.id](mailto:usman.malik@lecturer.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*Research on the design of a dryer with an insylation system made of pebble and board for heat storage. This research as conducted using experimental method by making a dryer using biomass energy sources . The objectives of the study were to measurins the heat rate lost from each side of the dryer, the heat energy generated from the combustion of the coconut shell the moisture content of drying wet clothing, the efficiency of the drying time The results showed the design of a dryer with an insylation system made of pebble and board for heat storage works well. The temperature inside the room is ranges from (40-68°C). The total rate of heat energy lost in the 10th minute is 6,527.54 J/s and continued to decrease to 60th minute by 3263.77 J/s. The heat energy rate resulting from the combustion of coconut shells at 10th mins is 10520 J/s and continued to decrease to 60th minute by 1753.33 J/s. Reduced moisture content of wet clothes reached 2.439% at 60 minutes. Efficiency of drying time reaches 85.7%. The efficiency of the average biomass energy source is 90%.*

Keywords: Dryer, heat storage,biomass

### ABSTRAK

*Penelitian tentang perancangan alat pengering dengan sistem isolator yang terbuat dari kerikil dan papan untuk penyimpanan panas. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen dengan membuat pengering dengan menggunakan sumber energi biomassa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur tingkat panas yang hilang dari masing-masing sisi pengering, energi panas yang dihasilkan dari pembakaran tempurung kelapa dengan kadar air pakaian basah hasil pengeringan, efisiensi waktu pengeringan. Hasil menunjukkan disain Pengering dengan sistem isolator yang terbuat dari kerikil dan papan untuk penyimpanan panas bekerja secara baik. Suhu di dalam ruangan berkisar antara (40-68°C). Tingkat total energi panas yang hilang pada menit ke-10 adalah 6.527,54 J/s dan terus menurun hingga 60 menit sebesar 3263.77 J/s. Tingkat energi panas yang dihasilkan dari pembakaran tempurung kelapa pada menit ke 10 adalah 10520 J/s dan terus menurun sampai 60 menit 1753,33 J/s. Mengurangi kadar air pakaian basah mencapai 2,439% pada 60 menit. Efisiensi waktu pengeringan mencapai 85,7%. Efisiensi sumber energi biomassa rata-rata adalah 90%.*

Kata kunci: Pengering, penyimpanan panas, biomassa

### PENDAHULUAN

Alat pengering yang ramah lingkungan menjadi tren saat ini. Salah satunya adalah pengering berbasis biomassa. Pengering jenis ini merupakan inovasi dari pengering tradisional yang telah ada dengan desain yang lebih efisien. Pengering berbasis biomassa telah difungsikan untuk beragam keperluan, seperti pengering

karet [1], rengginang[2], padi [3], dan pati sagu[4]. Adapun biomassa yang digunakan diantaranya adalah tempurung kelapa [5], pelepah sawit [2], dan cangkang kakao[6]. Karakteristik fisis berbagai jenis briket biomassa, seperti massa jenis dalam bentuk briket dan kalor yang dilepas briket biomassa telah dijelaskan dengan baik oleh referensi [8].

Pengeringan paling praktis adalah menggunakan sinar matahari secara langsung. Namun, keberadaan sinar matahari sangat bergantung pada waktu dan cuaca harian [9]. Bila cuaca mendung atau malam hari, proses pengeringan akan berlangsung lebih lama. Sehingga penggunaan sinar matahari dirasa kurang efisien dan dikembangkan jenis pengering berbasis biomassa. Keuntungan penggunaan pengering berbasis biomassa adalah ramah lingkungan, berbiaya murah dan lebih efisien daripada pengeringan langsung dengan sinar matahari. Bila dioperasikan pada ruang berpenutup, pengering biomassa dapat digunakan sesuai kebutuhan tanpa memperhatikan cuaca hujan atau malam hari [10].

Penelitian ini merancang dan mengevaluasi alat pengering berbasis biomassa dengan kerikil sebagai media penyimpan panas. Pengering ini diaplikasikan untuk mengeringkan pakaian basah setelah dicuci. Pemilihan sebagai pengering pakaian didasarkan karena pakaian merupakan kebutuhan dasar manusia [11]. Pakaian harus senantiasa dibersihkan melalui proses pencucian dan selanjutnya harus dikeringkan untuk dapat digunakan kembali. Dengan menggunakan pengering biomassa, pakaian yang dikeringkan dapat terjaga kebersihannya karena berada diruangan tertutup [12]. Selain itu diharapkan proses pengeringannya menjadi lebih cepat dan terkendali.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat Pengering Energi Biomassa

Alat pengering ini dibuat berbentuk persegi panjang dengan panjang 90 cm, lebar 45 cm, dan tinggi 170 cm. Alat pengering dibuat berdingkan tripleks dan pada bagian dalam dilapisi seng dengan ketebalan 0.7 mm, bagian permukaan seng diberi cat berwarna hitam. Setelah ukuran kayu sudah sesuai dengan ukuran yang dikehendaki dan hubungkan masing-masing sisi kayu dengan sisi kayu yang lainnya menggunakan paku.

### Ruang Pengering

Ruangan pengering diisi dengan 1 penyangga atau 1 tempat penggantung pakaian, 15 cm jarak dari tempat penggantung pakaian ke atap ruang pengering, dan 100 cm dari ruang energi biomassa. Pada dasar ruangan pengering diisi dengan drum yang berukuran 50 cm dan diameter 40 cm. Drum ini berfungsi untuk mengolah limbah tempurung kelapa menjadi energi biomassa yang menimbulkan panas yang dapat mengeringkan pakaian basah. Pada bagian atas ruangan pengering ini diberi cerobong untuk jalan udara keluar dari dalam ruangan pengering.

### Prosedur Penelitian

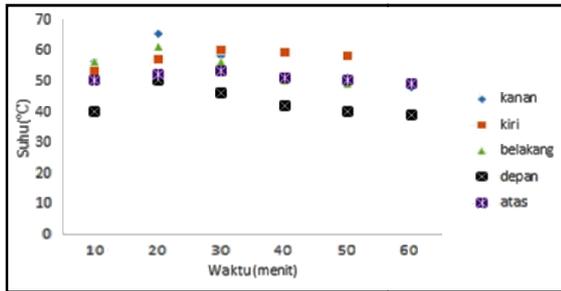
Prosedur penelitian yang dilakukan adalah:

1. Perancangan struktur bangun alat pengering Energi Biomassa.
2. Persiapan alat dan bahan penelitian yang meliputi:
  - a) alat pengering energi biomassa dari limbah tempurung kelapa dibuat dengan kerangka kayu dan berdingkan seng tebalnya 0,7 mm, tepat ditengah dinding berlapis triplek yang tebalnya 8 mm, dan pada bagian dalamnya dilapisi seng lagi dengan ketebalan 0,7 mm, bagian permukaan seng diberi cat berwarna hitam, alat pengering energi biomassa ini dilengkapi dengan rak penggantung baju yang terbuat dari kawat besi, cerobong yang terbuat dari plat seng dan ruang energi biomassa yang berasal dari drum.
  - b) pakaian yang kotor dibersihkan, kemudian ditempatkan pada penggantung baju pengering untuk dikeringkan.
3. Pengambilan data

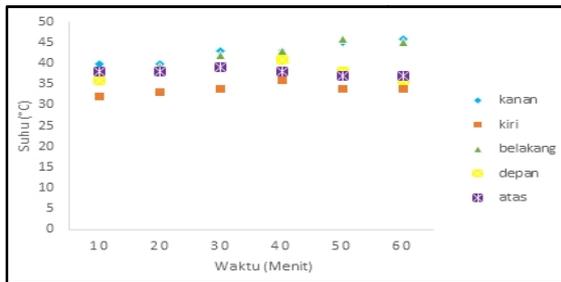
Pengukuran parameter suhu dilakukan tiap 10 menit menggunakan termometer merkuri yang meliputi pengukuran suhu lingkungan sekitar, suhu dalam ruang pengering, suhu pada permukaan drum, suhu disetiap sisi dinding alat pengering. Massa pakaian basah pada setiap rak ditimbang dengan dengan timbangan dan pengaturan suhu dalam ruang pengering antara 57- 68°C.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

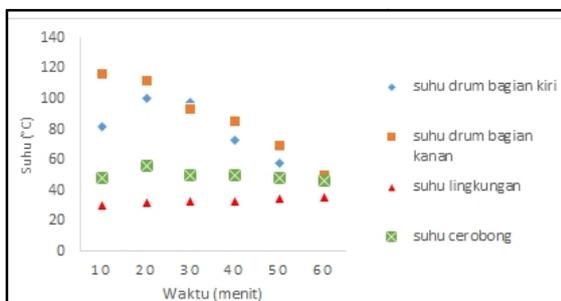
## Analisa Suhu Bagian Dalam dan Luar Alat Pengering



**Gambar 1.** Suhu di dalam alat pengering terhadap waktu



**Gambar 2.** Suhu di luar alat pengering terhadap waktu



**Gambar 3.** Suhu di dalam drum dan cerobong.

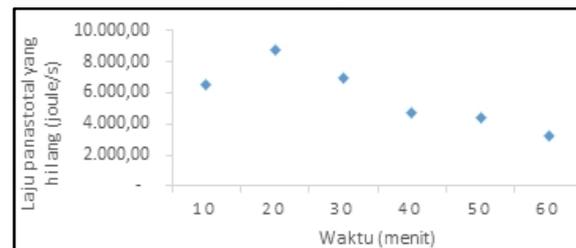
Data hasil pengamatan Suhu pada alat Pengering terhadap waktu selama 60 menit dengan interval waktu pengamatan 10 menit. Pola penyebaran suhu di dalam ruang pengering dapat dilihat pada gambar 1. Bagian dalam ruang pengering memiliki fluktuasi suhu yang tidak merata. Grafik 1 memperlihatkan bahwa terdapat 3 bagian suhu yaitu tinggi, sedang dan rendah, dimana suhu tinggi terjadi pada sisi kanan dan sisi kiri yang disebabkan oleh adanya kontak langsung dengan sumber panas, sedangkan suhu sedang terjadi pada sisi belakang karena sisi belakang terkena radiasi panas dan terkena paparan dari sinar matahari sehingga suhunya cenderung lebih

kecil dari suhu sisi kanan dan sisi kiri. Suhu terendah terjadi pada sisi depan dan sisi atas karena tidak terjadi kontak langsung dengan sisi tersebut.

Gambar 2 menunjukkan distribusi suhu diluar alat pengering dimana suhu tersebut cenderung konstan dan mendekati suhu lingkungan karena dipengaruhi oleh suhu udara luar. Gambar 3 adalah perbandingan suhu drum, cerobong dan lingkungan. Dimana suhu drum lebih tinggi dibandingkan suhu cerobong dan suhu lingkungan, suhu drum yaitu pada awal pembakaran dihasilkan suhu yang sangat tinggi kemudian suhu tersebut cenderung menurun akibat biomassa pembakaran semakin berkurang atau habis, sedangkan cerobong sebagai sirkulasi udara sehingga terjadi pertukaran udara dari dalam alat pengering ke lingkungan hal ini menyebabkan suhu di cerobong cenderung lebih rendah dibandingkan suhu di dalam drum.

## Laju Panas Total yang Hilang pada Alat Pengering

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai maksimum laju panas yang hilang berada pada menit ke 20 dikarenakan panas yang dihasilkan dari biomassa terbakar sempurna sehingga menghasilkan laju panas yang maksimal.

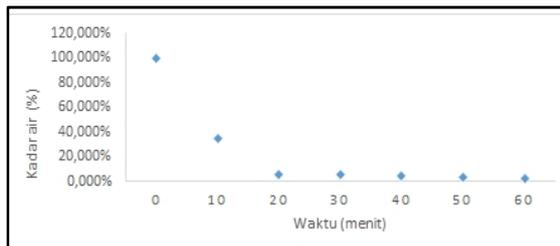


**Gambar 4.** Hubungan antara laju panas total yang hilang pada alat pengering terhadap waktu.

## Analisa kadar air yang hilang dari pakaian basah

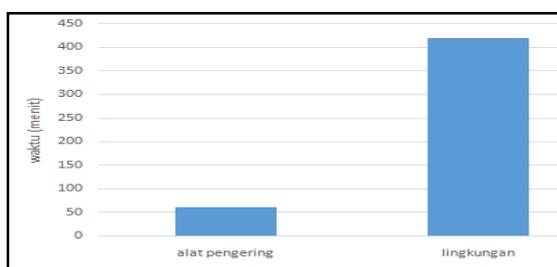
Hasil data pengamatan kadar air yang hilang dari pakaian basah dengan menggunakan persamaan. Gambar 5 memperlihatkan bahwa kadar air dari pakaian basah menurun seiring dengan bertambahnya waktu. Penurunan kadar air yang sangat drastis terjadi pada menit ke 10,

dikarenakan panas yang dihasilkan di dalam alat pengering sangat tinggi.



**Gambar 5.** Hubungan kadar air pakaian basa terhadap waktu

### Efisiensi Waktu Pengeringan



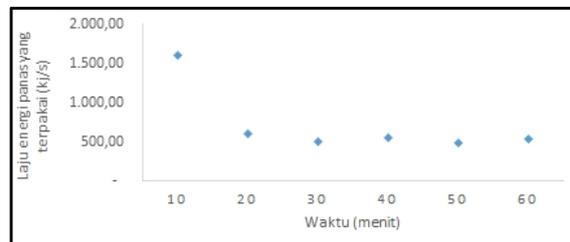
**Gambar 6.** Hubungan efisiensi terhadap waktu pengeringan

Gambar 6 yang menunjukkan perbedaan efisiensi waktu pengeringan dengan menggunakan energi biomassa dan waktu pengeringan secara alami. Dimana untuk memperoleh tingkat kekeringan pakaian yang sama, pengering biomassa hanya membutuhkan waktu 60 menit. Sementara pengeringan secara alami oleh lingkungan menghabiskan waktu 420 menit. Pengering biomassa menghemat waktu hingga 85,7 % daripada pengering lingkungan (sinar matahari). Hal ini menunjukkan bahwa pengeringan dengan menggunakan energi biomassa lebih efektif dibandingkan menggunakan suhu lingkungan dan tidak bergantung pada kondisi cuaca, sehingga pada hari hujan pun malam hari pakaian basah masih bisa di keringkan, dan pengeringannya juga tidak memakan waktu yang lama.

### Laju Energi Biomassa Tempurung Kelapa

Data perhitungan laju energi biomassa tempurung kelapa selama 60 menit dapat dilihat pada gambar 7. Massa yang dipakai untuk pembakaran adalah 4 kg dan dibagi di setiap

drum nya 2 kg dengan waktu selama 60 menit. Laju energi biomassa terus turun dan sumber energi biomassa cenderung berkurang, hal ini disebabkan karena laju udara yang masuk cukup besar dan pembakaran limbah biomassa yang mulai habis.



**Gambar 7.** Grafik hubungan antara laju panas energy biomassa tempurung terhadap waktu

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis dapat disimpulkan bahwa suhu didalam ruang alat pengering selalu lebih tinggi daripada suhu lingkungan. Laju total energi panas yang hilang pada alat pada menit ke 10 sebesar 6.527,54 J/s dan terus berkurang hingga menit ke 60 sebesar 3.263,77 J/s. Laju energi panas yang dihasilkan dari pembakaran tempurung kelapa pada menit ke 10 sebesar 10520,0 J/menit dan terus berkurang hingga menit ke 60 sebesar 1753,3 J/menit. Efisiensi waktu pengeringan dengan menggunakan alat pengering energi biomassa mencapai 85,7%

### SARAN

1. Pada alat pengering masih terdapat banyak lubang-lubang yang tidak tertutup sehingga panas ruang pengering cepat berkurang. Agar panas hasil pembakaran tempurung kelapa lebih lama maka lubang harus dilapisi papan atau karet ban.
2. Ketebalan drum sangat mempengaruhi panas yang dihasilkan didalam ruang pengering.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Vachlepi, Afrizal dan Suwardin, Didin. 2014. Pengeringan Karet Remah Berbasis Sumber

- Energi Biomassa. *Warta Perkaratan*, **33**(2): 103-112.
2. Pangabean, T., Triana, A. N., dan Hayati, A. 2014. Rancangan Alat Pengereng Rengginang Hybrid Energi Surya dan Biomassa Pelepah Kelapa Sawit. Prosiding Seminar Nasional FTI UNPAD-PERTETA-HIPI 2014: Buku II—Alat dan Mesin Pertanian. Jatinangor, 11-12 November 2014. hlm. 79-86.
  3. Yahya, M. 2015. Kajian Karakteristik Pengereng Fluidisasi Terintegrasi dengan Tungku Biomassa untuk Pengerengan Padi. *Jurnal Teknik Mesin*, **5**(2):65-71.
  4. Jading, A., Tethool, E., Payung, P., dan Gultom, S. 2011. Karakteristik Fisikokimia Pati Sagu Hasil Pengerengan secara Fluidisasi Menggunakan Alat Pengereng *Cross Flow Fluidized Bed* Bertenaga Surya dan Biomassa. *Reaktor*, **13**(3) : 155-164.
  5. Juandi M., Eka Afriyani, E., dan Salomo. 2015. Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa sebagai Energi Biomassa untuk Pengerengan Hasil Pertanian. *Komunikasi Fisika Indonesia*. **15**(10): 644- 650.
  6. Syamsiro, M. dan Saptoadi, H. 2007. Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao: Pengaruh Temperatur Udara Preheat. *Seminar Nasional Teknologi 2007 (SNT 20)*, Yogyakarta, 24 November 2007. hlm. B-1—B-10.
  7. Jamilatun, Siti. 2008. Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses*, **2**(2): 37-40.
  8. Purwadi. P. K. dan Kusbandono, W. 2016. Peningkatan Waktu Pengerengan Dan Laju Pengerengan Pada Mesin Pengereng Pakaiian Energi Listrik. Prosiding Seminar Nasional ReTII ke-11 2016: 432-437.
  9. Juandi M. dan Panca O. 2017. Efek Variasi Massa Dari Biomassa Limbah Tempurung Kelapa Terhadap Laju Penurunan Kadar Air Sebagai Fungsi Waktu Hasil Pengerengan Buah Pinang Dengan Alat Pengereng Tipe Kabinet. *Jurnal APTEK*, **9**(1): 46-51.
  10. Riyanto, A. A., dan Liunir, L. 2009. Dasar Busana. Modul Ajar. Program Studi Pendidikan Tata Busana Jurusan Pendidikan Kesejahteraan Keluarga Fakultas Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung Indonesia.
  11. Juandi M dan Haekal, M. R. 2016. Karakterisasi Pengaruh Suhu Terhadap Parameter Fisis Biji Pinang Hasil Pengerengan Menggunakan Alat Tipe Kabinet Dengan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Sumber Panas. *Jurnal Ilmu Fisika*, **8**(1): 38-44.

# SERTIFIKAT

Kementerian Riset dan Teknologi/  
Badan Riset dan Inovasi Nasional



Petikan dari Keputusan Menteri Riset dan Teknologi/  
Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional  
Nomor 200/M/KPT/2020  
Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode III Tahun 2020  
Nama Jurnal Ilmiah  
**Komunikasi Fisika Indonesia**

E-ISSN: 2579521X

Penerbit: Universitas Riau

Ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah

**TERAKREDITASI PERINGKAT 4**

Akreditasi Berlaku selama 5 (lima) Tahun, yaitu  
Volume 15 Nomor 1 Tahun 2018 sampai Volume 19 Nomor 2 Tahun 2022

Jakarta, 23 Desember 2020

Menteri Riset dan Teknologi/  
Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional  
Republik Indonesia,



*Bambang P. S. Brodjonegoro*  
Bambang P. S. Brodjonegoro