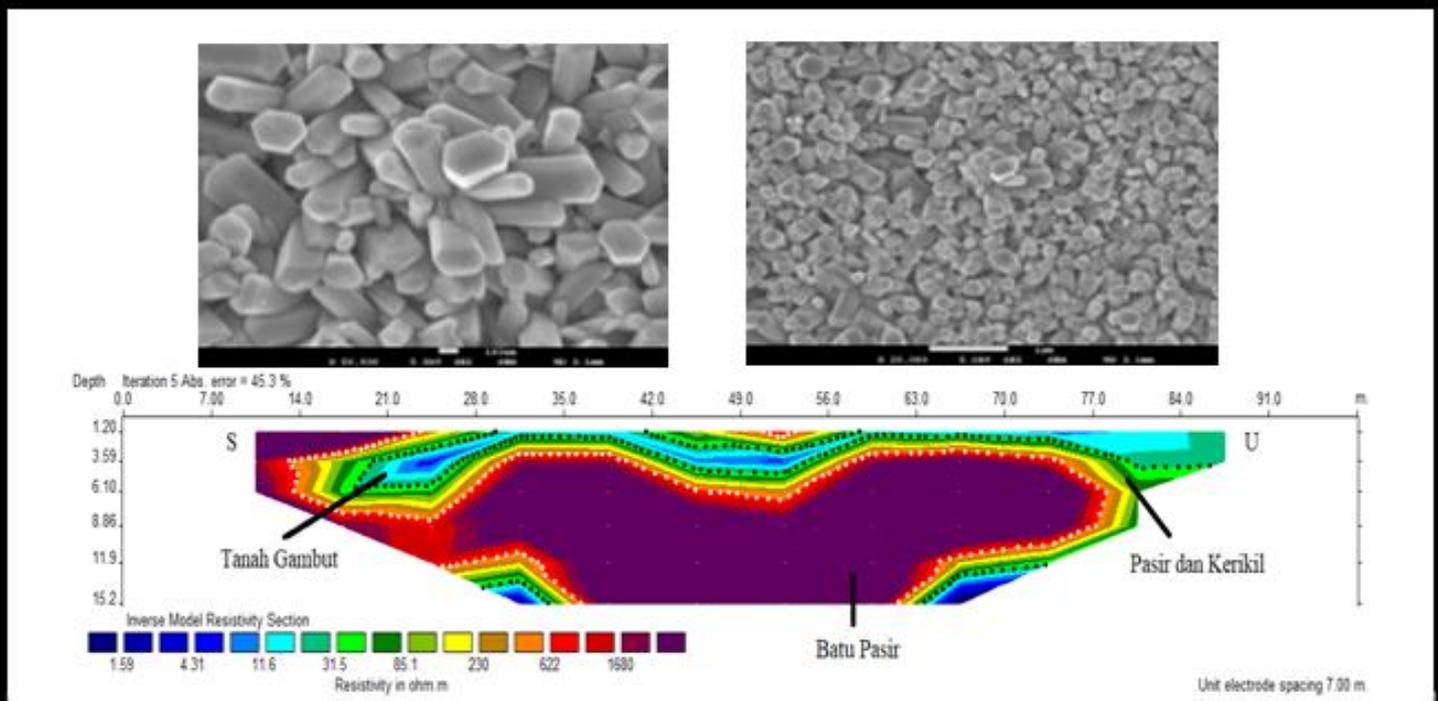


# Komunikasi Fisika Indonesia





**Susunan Dewan Redaksi Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia (KFI)**

**Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau**

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

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

**Managing Editor:**

1. Dr. Rakhmawati Farma, M.Si, Universitas Riau
2. Romi Fadli Syahputra, S.Si, Universitas Riau
3. Wahyu Candra, S.Si, Universitas Riau
4. Yan Soerbakti, Universitas Riau

**Dewan Reviewer / Editorial Board:**

- Ketua** : Prof. Dr. Saktioto, S.Si., M.Phil (Universitas Riau)
- Anggota** :
1. Prof. Dr. Erwin, M.Sc (Universitas Riau)
  2. Prof. Dr. Warsito, DEA (Fisika FMIPA Univ. Lampung)
  3. Prof. Dr. Timbangan Sembiring, M.Sc (Universitas Sumatera Utara)
  4. Prof. Dr. Edy Saputra, M.Sc (Universitas Riau)
  5. Prof. Dr. Erman Taer, M.Si (Universitas Riau)
  6. Dr. Minarni, M.Sc (Universitas Riau)
  7. Dr. Okfalisa (UIN Suska Riau)
  8. Dr. Dedi Irawan (Universitas Riau)
  9. Dr. Ing. Rahmondia Nanda Setiadi, M.Si (Universitas Riau)
  10. Dr. Efizal, M.Sc (Universitas Islam Riau)
  11. Dr. Hamzah, M.Sc (Universitas Lancang Kuning)
  12. Rizadi Sasmita Darwis, S.T., M.T. (Politeknik Caltex Riau)

**Alamat Redaksi:**

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru  
Homepage: <https://kfi.ejournal.unri.ac.id/index.php/JKFI>  
E-mail: [kfi@ejournal.unri.ac.id](mailto:kfi@ejournal.unri.ac.id)

## DAFTAR ISI

SUSUNAN DEWAN REDAKSI	i
DAFTAR ISI	ii
PREDIKSI KADAR <i>PARTICULATE MATTER</i> (PM <sub>10</sub> ) MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN DI KOTA PEKANBARU <i>Wima Puspita, Defrianto, Yan Soerbakti</i>	1-4
RANCANG BANGUN SISTEM PELACAK KENDARAAN MENGGUNAKAN GPS DAN GSM BERBASIS ARDUINO NANO <i>Muhammad Fadhurrahman, Elvan Yuniarti, Dewi Lestari</i>	5-11
PEMETAAN SUSEPTIBILITAS MAGNETIK DAN PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM PADA AIR GAMBUT DI KELURAHAN TUAH MADANI KECAMATAN TAMPAN PEKANBARU <i>Siti Alisna, Salomo</i>	12-17
SEBARAN AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI DIPOLE-DIPOLE <i>Resma Silvia, Usman Malik</i>	18-21
INTERPRETASI LAPISAN BAWAH PERMUKAAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DAN GEOKIMIA: STUDI KASUS TPA MUARA FAJAR RUMBAI <i>Alifia Putri Yasmin, Juandi M</i>	22-28
PENENTUAN NILAI SUSEPTIBILITAS DAN UKURAN PARTIKEL MAGNETIK PASIR PATAI KATA PARIAMAN SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN METODE BALL <i>MILLING</i> <i>Annisa Alhasna Kurnia, Antonius Surbakti</i>	29-34
PEMETAAN SEBARAN MATA AIR PANAS DI DAERAH OBJEK WISATA DESA PAWAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI WENNER <i>Fadli Abdillah, Usman Malik</i>	35-41
PENENTUAN NILAI SUSEPTIBILITAS DAN UKURAN PARTIKEL MAGNETIK PASIR ALAM LOGAS KABUPATEN KUANTAN SINGINGI MENGGUNAKAN VARIASI UKURAN BALL <i>MILLING</i> <i>Azura Royka, Erwin Amiruddin</i>	42-47
ANALISIS PENGARUH SUHU UDARA, CURAH HUJAN, KELEMBABAN UDARA DAN KECEPATAN ANGIN TERHADAP ARAH PENYEBARAN DAN AKUMULASI <i>PARTICULATE MATTER</i> (PM <sub>10</sub> ): STUDI KASUS KOTA PEKANBARU <i>Muhaniroh, Riad Syech</i>	48-57
PEMBUATAN ELEKTRODA KARBON AKTIF DARI TANDAN KOSONG BUAH AREN DENGAN VARIASI SUHU KARBONISASI <i>Irma Apriyani, Rakhmawati Farma</i>	58-63

PENGARUH PENAMBAHAN PERAK PADA MOLEKUL <i>DYE</i> TERHADAP EFISIENSI <i>DYE SENSITIZED SOLAR CELL</i> <i>Rati Okta Della, Iwantono</i>	64-68
PENGUKURAN KETINGGIAN MUKA AIR PADA LAHAN GAMBUT MEMPERGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK HCSR-04 <i>Novianti, Lazuardi Umar</i>	69-74
PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA KARBON AKTIF DARI BIOMASSA PELEPAH AREN DENGAN PERSENTASE KOH <i>Haliza Putri, Rakhmawati Farma</i>	75-80
INTENSITAS EFEKTIF SINYAL WI-FI DALAM RUANGAN TERTUTUP TERHADAP FUNGSI TERMODINAMIK <i>Zamri, Saktioto</i>	81-87
KARAKTERISASI SIFAT ELEKTROKIMIA ELEKTRODA KARBON BERBAHAN PELEPAH AREN MENGGUNAKAN LARUTAN ELEKTROLIT $\text{Na}_2\text{SO}_4$ <i>Decha Apriliany Suwandi, Awitdrus</i>	88-92

## PREDIKSI KADAR *PARTICULATE MATTER* ( $PM_{10}$ ) MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN DI KOTA PEKANBARU

Wima Puspita\*, Defrianto, Yan Soerbakti

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [wimapuspita14@gmail.com](mailto:wimapuspita14@gmail.com)

### ABSTRACT

*This aims of this study is to predict particulate matter ( $PM_{10}$ ) levels in Pekanbaru using back propagation artificial neural networks (ANN) based on weather factors. The data used in the form of data from 2014 – 2017 as training data and 2018 data as test data. The architecture proposed is composed of 5 – 5 – 1 neurons and uses the logig-logsig-purelin functions. The training process produces a traincgb with a small MSE value and in the process of testing the  $PM_{10}$  prediction compared to BMKG data has an average error of 26.9062%.*

**Keywords:** Particulate Matter ( $PM_{10}$ ), Artificial Neural Network (ANN), Back Propagation, Prediction.

### ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi tingkat particulate matter ( $PM_{10}$ ) di Kota Pekanbaru menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) propagasi balik berdasarkan faktor cuaca. Data yang digunakan berupa data tahun 2014 – 2017 sebagai data latih dan data tahun 2018 sebagai data uji. Arsitektur yang diusulkan terdiri dari neuron sebanyak 5 – 5 – 1 lapisan dan menggunakan fungsi logsig-logsig-purelin. Proses pelatihan menghasilkan traincgb dengan nilai MSE trekecil dan pada proses pengujian prediksi  $PM_{10}$  yang dibandingkan dengan data BMKG memiliki rata-rata error sebesar 26,9062%.*

**Kata kunci:** Particulate Matter ( $PM_{10}$ ), Jaringan Syaraf Tiruan (JST), Propagasi Balik, Prediksi.

Diterima 01-05-2020 | Disetujui 25-01-2021 | Dipublikasi 31-03-2021

### PENDAHULUAN

Kualitas udara dari situasi perkotaan Indonesia menjadi permasalahan utama sehari-hari. Khususnya di Kota Pekanbaru yang memiliki jumlah penduduk cukup padat sebesar 1.046.566 jiwa dan menurut data statistik bahwa laju pertumbuhan penduduk mencapai 4,6% [1]. Sumber pencemaran udara salah satunya berasal dari faktor aktivitas penduduk di perkotaan seperti kegiatan industri, transportasi, perkantoran, dan kebakaran lahan. Kegiatan tersebut berkontribusi besar pada pencemaran udara yang dibuang ke udara bebas [2,3].

Polusi di perkotaan Indonesia kebanyakan berasal dari emisi kendaraan bermotor yang menyumbang 85% terhadap pencemaran udara

[4]. *Particulate matter* ( $PM_{10}$ ) merupakan partikel debu yang berdiameter 10  $\mu\text{m}$  dan dapat ditemukan pada polusi emisi dari alat transportasi, pabrik, serta kebakaran hutan dan hal tersebut dapat memperbanyak polusi di udara [5,6].

Pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan prediksi tingkat  $PM_{10}$  di Kota Pekanbaru dengan bantuan jaringan syaraf tiruan (JST) propagasi balik yang dipengaruhi oleh faktor cuaca yaitu curah hujan, kecepatan angin, suhu udara, kelembaban, serta lama penyinaran matahari [7,8]. Representasi buatan merupakan istilah bagi JST untuk menstimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia [9]. Sifat non-linier dari kondisi cuaca menjadikan JST sebagai metode yang efektif untuk melakukan adaptasi. Metode

prediksi melalui memorisasi dan generalisasi data menjadikan kemampuan dari JST dapat mengetahui kejadian yang akan datang [10-12].

## METODE PENELITIAN

Data  $PM_{10}$  dan parameter cuaca yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari BMKG Kota Pekanbaru. Data tersebut berupa data bulanan dari tahun 2014 hingga 2018. Selanjutnya data tersebut dinormalisasikan (menyesuaikan data latih dan data uji) sebelum masuk ke tahap prediksi. Setiap data yang telah dinormalisasikan akan berada pada rentang  $[0,1]$  dengan menggunakan persamaan:

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} * (BA - BB) + BB \quad (1)$$

BA dan BB adalah data batas atas dan bawah.

Proses selanjutnya adalah menentukan data latih yakni data tahun 2014 – 2017 sedangkan data uji adalah data tahun 2018. Setelah membagi data menjadi dua bagian lalu ditentukan arsitektur jaringan dan fungsi aktivasinya, lalu dilakukan proses pelatihan jaringan dengan tujuan untuk mengidentifikasi pola-pola dari data masukan pada data latih untuk prediksi pada jaringan yang menghasilkan data keluaran yang kemudian dibandingkan pada data target.

Proses terakhir adalah melakukan pengujian terhadap jaringan untuk generalisasi dari masukan data baru dengan menunjukkan

akurasi jaringan dalam mengenali data pengujian. Kemudian dilakukan prediksi terhadap data dari hasil pelatihan dan pengujian. Keluarannya berupa prediksi  $PM_{10}$  yang akan dibandingkan dengan data yang diperoleh dari BMKG Kota Pekanbaru.

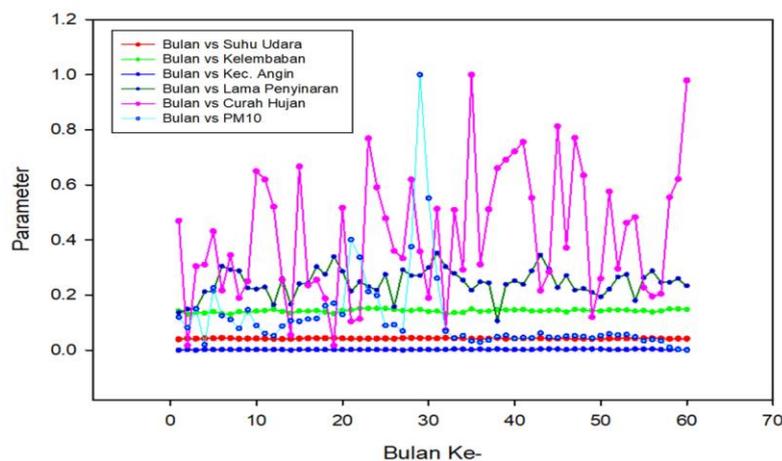
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengolah Data

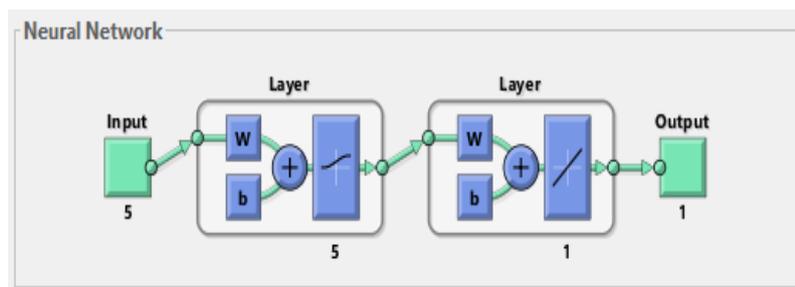
Data grafik parameter cuaca dan  $PM_{10}$  yang telah dinormalisasikan menggunakan persamaan (1) dapat dilihat pada Gambar 1. Pembangunan JST harus memiliki jumlah data masukan dan target jaringan yang sama besar. Gambar 1 menunjukkan data sekunder rata-rata bulanan dari tahun 2014 – 2017 yang telah dinormalisasikan menggunakan persamaan (1). Kemudian data tersebut dikelompokkan yang terdiri dari 288 dan 72 untuk data pelatihan dan pengujian jaringan.

### Arsitektur Jaringan

Hasil terbaik yang diperoleh, dipengaruhi oleh arsitektur jaringan. Gambar 2 merupakan rangkaian arsitektur yang memiliki hasil terbaik dari model lain. Rangkaian tersebut terdiri dari 5 lapisan masukan dan 5 lapisan tersembunyi dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid biner, dan 1 lapisan keluaran yang menggunakan fungsi aktivasi purelin. Kriteria jaringan yang diberikan ialah epoch maksimum 2.000 dan learning rate 0,1.



**Gambar 1.** Grafik hubungan parameter cuaca dan  $PM_{10}$ .



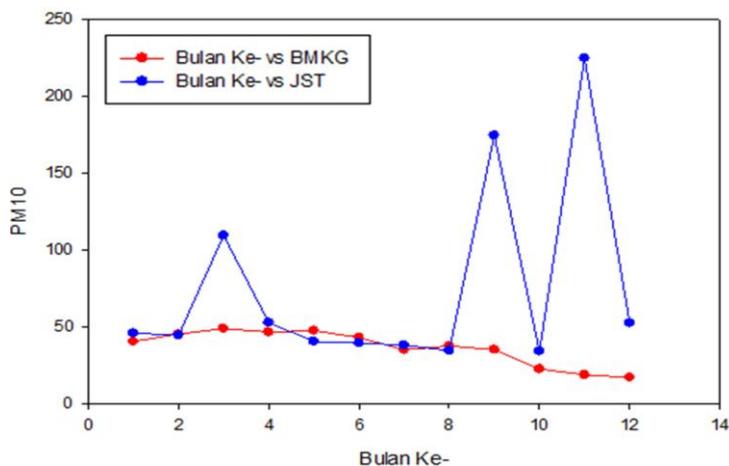
**Gambar 2.** Rangkaian arsitektur model JST.

### Pelatihan Jaringan

Pelatihan jaringan menggunakan 5 macam train yaitu traincgb, traingdx, trainlm, traingda, dan traingcf dimana pada proses pelatihan traincgb memiliki nilai MSE terkecil yaitu -0,0705 dengan epoch ke 335 yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Kinerja model JST pada beberapa fungsi pelatihan.

Fungsi	Epoch	MSE
Traincgb	335	-0.0705
Traingdx	1067	-0.07823
Trainlm	12	-0.14479
Traingda	1224	-0.08741
Traingcf	1001	-0.0884



**Gambar 3.** Grafik hubungan data  $PM_{10}$  dari BMKG dan prediksi JST.

### Pengujian Jaringan

Pemberian pola data baru dilakukan pada tahap pengujian model JST yang belum pernah digunakan pada proses pelatihan. Data tersebut sudah dipisahkan sejak awal atau pada tahap pra-proses data. Data yang dimasukkan ke JST adalah data parameter cuaca tahun 2018 sebanyak 60 data sebagai input dan data  $PM_{10}$  tahun 2018 sebanyak 12 data sebagai output. Hasilnya prediksi  $PM_{10}$  yang dikeluarkan oleh JST memiliki nilai error terkecil pada bulan februari sebesar 2,0526% dan error terbesar terdapat pada bulan November sebesar 91,7527% dan rata-rata error selama satu tahun adalah sebesar 26,9062%. Perbandingan antara

kadar  $PM_{10}$  yang diperoleh dari BMKG dan hasil keluaran JST dapat dilihat pada Gambar 3.

### KESIMPULAN

Dari penelitian ini diperoleh hasil prediksi JST terbaik terdapat pada bulan februari yakni dengan persentase error 2,0526% dengan besar  $PM_{10}$  prediksi  $44,228 \mu\text{m}^3$  dan  $PM_{10}$  data  $45,136 \mu\text{m}^3$  sedangkan hasil prediksi JST dengan eror terbesar ada pada bulan November yakni 91,7527% dan rata-rata error hasil prediksi JST selama satu tahun sebesar 26,9062%. Besarnya error pada bulan november karena tingginya curah hujan dibulan tersebut sehingga kadar  $PM_{10}$  data BMKG menjadi kecil.

## REFERENSI

1. Provinsi Riau, BPS. (2016). Provinsi riau dalam angka 2016. Pekanbaru: BPS Provinsi Riau.
2. Syech, R., Restina, R., & Malik, U. (2018). pemanfaatan karbon sebagai filter untuk pengendalian pencemaran air sungai oleh logam Zn (seng) dari limbah pabrik kelapa sawit di Kabupaten Kuansing. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(1), 28–35.
3. Fitriani, R., Muhammad, J., & Rini, A. S. (2020). Investigation of the Distribution of Aquifers and Groundwater Quality in the Village of Rimbo Panjang, Kampar District. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 8–15.
4. Ruslinda, Y., Gunawan, H., Goembira, F., & Wulandari, S., (2016). Pengaruh jumlah kendaraan berbahan bakar bensin terhadap konsentrasi timbal (Pb) di udara ambien jalan raya Padang. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan II*, 162–167.
5. Soedomo, M. (2001). *Kumpulan Karya Ilmiah tentang Pencemaran Udara*. Bandung: Penerbit ITB.
6. Syech, R., Malik, U., & Fitriani, R. (2018). Analisis pengaruh partikulat matter PM10 terhadap suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin di daerah kulim kota pekanbaru. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **14**(2), 1032–1036.
7. Seprima, M., & Defrianto, D. Prediksi Curah Hujan dan Kelembaban Udara Kota Pekanbaru Menggunakan Metode Monte Carlo. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(3), 134–138.
8. Pertiwi, M., Muhammad, J., Farma, R., & Saktioto, S. (2020). Analysis of Shallow Well Depth Prediction: A Study of Temporal Variation of GRACE Satellite Data in Tampan District-Pekanbaru, Indonesia. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 27–36.
9. Puspitaningrum, D. (2006). *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. C.V Andi Offset.
10. Siang, J. J. (2005). Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemogramannya dengan MATLAB. Yogyakarta: Penerbit Andi.
11. Aprijon, A. (2021). Annual premium of life in insurance with uniform assumptions. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 67-73.
12. Rahmawati, R., Rahma, A. N., & Septia, W. (2021). Prediction of rupiah exchange rate against australian dollar using the Chen fuzzy time series method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 74-81.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## RANCANG BANGUN SISTEM PELACAK KENDARAAN MENGUNAKAN GPS DAN GSM BERBASIS ARDUINO NANO

Muhammad Fadhurrahman<sup>1</sup>, Elvan Yuniarti<sup>1,\*1</sup>, Dewi Lestari<sup>2,\*2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

<sup>2</sup>Program Studi Sistem Informasi Fakultas Industri Kreatif dan Telematika Universitas Trilogi Jakarta

\*E-mail korespondensi: <sup>1</sup>elvan.yuniarti@gmail.com; <sup>2</sup>dewy24@trilogi.ac.id

### ABSTRACT

*Vehicle theft rates in Bekasi City are still high. Only about 22.7% cases have been successfully solved. The main problem is hard to track vehicles because too many vehicles in the city of Bekasi. The aims of this research is to design and build a vehicle tracking system using GPS, GSM, Relay, and Arduino Nano. The test was performed by measuring the length of time it takes for GPS device to locks the signal satellite, receive and send a short message to vehicle's owner. The result was succeeded in designing and building vehicle tracking system using GPS, GSM, and Arduino Nano with a relay as a support to make the vehicle stay in an off condition and can trigger an alarm sound so it can easily to find the location of the vehicle. GPS device has an average time delay of locking a signal for 196 seconds at daylight and 72 seconds at night with accuracy for amount 95.33%. Tracker device has an average time delay for sending message to user at 13.82 seconds for different mobile's operator and 11.60 seconds for the same mobile's operator with accuracy for amount 70.73%.*

**Keywords:** Arduino Nano, GPS, GSM, Ionosphere, Vehicle Tracking System.

### ABSTRAK

*Angka pencurian kendaraan di Kota Bekasi masih terbilang tinggi. Hanya sekitar 22,7% kasus pencurian berhasil dituntaskan. Sulitnya melacak kendaraan dikarenakan terlalu banyaknya kendaraan di Kota Bekasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pelacak kendaraan menggunakan GPS, GSM, Relay, dan Arduino Nano. Pengujian dilakukan dengan mengukur lamanya waktu perangkat GPS dalam mengunci sinyal satelit serta mengukur lamanya waktu yang dibutuhkan alat pelacak kendaraan dalam menerima dan mengirimkan pesan singkat berupa informasi posisi kendaraan pengguna. Telah berhasilnya dirancang dan dibangun sebuah alat pelacak kendaraan menggunakan GPS, GSM, dan Arduino Nano dengan relay sebagai pendukung untuk membuat motor dalam keadaan mati sehingga dapat dengan mudah untuk mencari lokasi kendaraan pengguna. Perangkat GPS memiliki waktu tunda penguncian sinyal rata-rata selama 196 detik di siang hari dan 72 detik di malam hari dengan akurasi sebesar 95,33%. Perangkat pelacak memiliki penundaan waktu rata-rata untuk mengirim pesan ke pengguna pada 13,82 detik untuk operator seluler yang berbeda dan 11,60 detik untuk operator seluler yang sama dengan akurasi sebesar 70,73%.*

**Kata kunci:** Arduino Nano, GPS, GSM, Pelacak Kendaraan.

Diterima 13-08-2020 | Disetujui 25-01-2021 | Dipublikasi 31-03-2021

### PENDAHULUAN

Jumlah kendaraan yang ada di Indonesia terus meningkat dikarenakan terus bertumbuhnya perekonomian negara yang menuntut masyarakat Indonesia harus berpacu dengan waktu, sehingga tiap individu memiliki

kendaraan pribadi agar waktunya tidak habis dalam perjalanan [1]. Masalah yang timbul dari peningkatan jumlah kendaraan ini salah satunya tentang keamanan pada sebuah kendaraan [2]. Para pencuri kendaraan dengan mudah menghilang karena sulitnya kepolisian untuk mencari pelaku pencurian dikarenakan terlalu

banyak kendaraan yang berada di Indonesia khususnya di kota Bekasi. Kepala Badan Pendapatan Daerah (Bapenda) Kota Bekasi mencatat jumlah kendaraan menembus angka 1.459.993 unit pada Maret 2018 [3]. Sepanjang tahun 2018, Polres Metro Bekasi Kota mencatat sebanyak 154 kasus tindak kejahatan berupa pencurian kendaraan yang terjadi di wilayah Kota Bekasi. Kasus pencurian kendaraan pada tahun 2018 jumlahnya meningkat dibandingkan tahun 2017 yaitu tercatat sebesar 103 kasus pencurian kendaraan [4].

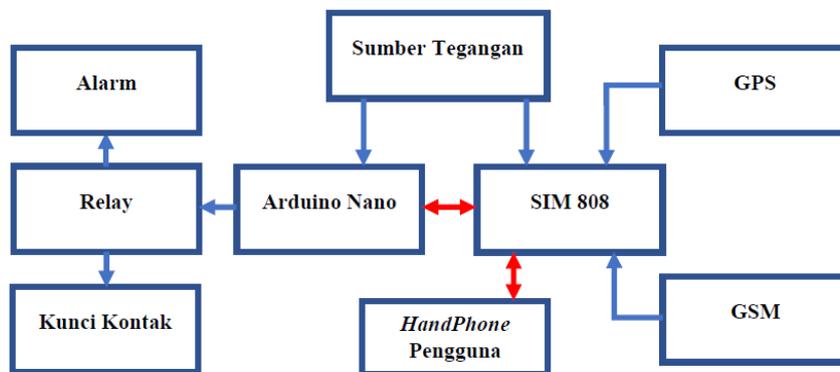
Dari 154 kasus tersebut, 35 kasus atau 22,7% kasus diantaranya berhasil diungkap sedangkan sisanya masih dalam penanganan pihak kepolisian [5]. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem pelacak pada kendaraan dengan menggunakan teknologi mutakhir seperti antenna, sensor, sinyal ultrasonik dan satelit agar memudahkan kita dalam mencari keberadaan kendaraan kita yang

telah hilang [6-9]. Berdasarkan permasalahan terhadap keamanan kendaraan tersebut, perlu dibuatnya sebuah sistem keamanan yang berguna untuk mengamankan kendaraan. Teknologi GPS yang dipadukan dengan mikrokontroler dan penambahan alarm pada kendaraan yang dapat dijalankan menggunakan pesan singkat diharapkan dapat membantu mengatasi permasalahan terhadap pencurian kendaraan di Indonesia.

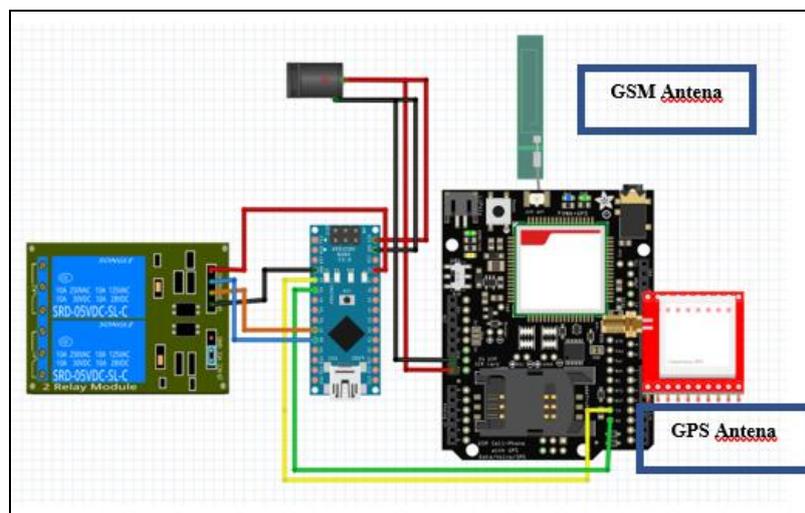
## METODE PENELITIAN

### Perancangan Sistem

Dalam perancangan alat pelacak kendaraan digunakan beberapa alat dan bahan untuk membangun perangkat keras dan perangkat lunak. Diagram alir perancangan alat pelacak dapat dilihat pada Gambar 1.

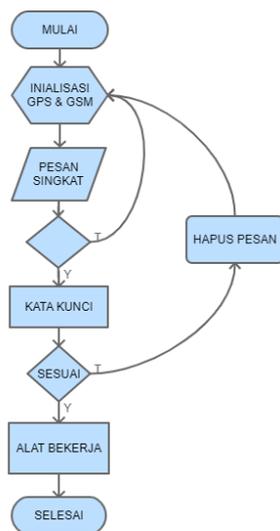


**Gambar 1.** Diagram alir perancangan perangkat keras.



**Gambar 2.** Skema rangkaian Arduino, relay, SIM808.

Pada perancangan sistem ini, digunakan sumber tegangan dari akumulator untuk mengoperasikan perangkat Arduino dan SIM808. GSM pada perangkat SIM808 digunakan sebagai sensor yang menerima perintah dari perangkat genggam yang dikirimkan melalui fitur SMS. Perangkat relay nantinya akan berfungsi sebagai keluaran dari perangkat sensor yang relaynya sendiri akan dipasangkan pada kendaraan bermotor. Skema rangkaian perancangan Arduino, Relay dan SIM808 ditunjukkan pada Gambar 2.



**GAMBAR 3.** Diagram alir perancangan perangkat lunak.

Pemasangan jalur komunikasi serial antara SIM808 dengan Arduino dengan menghubungkan pin TX perangkat SIM808 menuju pin D2 pada Arduino Nano dan menghubungkan pin RX perangkat SIM808 menuju pin D3 pada Arduino Nano. Perangkat relay dapat dikendalikan menggunakan sinyal elektrik. Pengendali perangkat relay pada alat pelacak ini menggunakan Arduino Nano. Untuk mengirimkan sinyal elektrik dari Arduino Nano menuju perangkat relay yaitu dengan menghubungkan pin D7 pada Arduino Nano menuju pin IN1 dan menghubungkan pin D8 pada Arduino Nano menuju pin IN2 pada perangkat relay. Perangkat relay bekerja pada tegangan 5V, sehingga dapat dengan mudah dihubungkan pada Arduino Nano yang memiliki pin output 5V [10]. Untuk energi

listrik Arduino Nano dan SIM808, keduanya dipararelkan kemudian disatukan menuju DC Jack Female yang kemudian dipasangkan pada akumulator.

Dalam perancangan perangkat lunak, mikrokontroler dirancang untuk menunggu interupsi berupa pesan singkat. Saat pesan singkat sudah masuk, mikrokontroler kemudian akan membaca pesan tersebut. Untuk menghidupkan GPS dan GSM, digunakan perintah seperti pada Gambar 4.

```

sim808.print("AT+CMGF=1\r");
delay(100);

sim808.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r");
delay(100);

sendData("AT+CGNSPWR=1",1000,DEBUG)
;
delay(50);
sendData("AT+CGNSSEQ=RMC",1000,DEB
UG);
delay(150);
  
```

**Gambar 4.** Program penghidupan GPS dan GSM.

Setelah mengaktifkan fitur GSM pada SIM808. Maka, fitur pengiriman pesan pada SIM808 dapat digunakan. Program yang digunakan untuk pengiriman pesan singkat dapat dilihat pada Gambar 5.

```

sim808.println("AT+CMGS=\"+6281380271
370\"");
delay(100);
sim808.println(message);
delay(100);
  
```

**Gambar 5.** Program pengiriman pesan singkat.

AT+CMGS adalah perintah untuk mengirimkan pesan singkat diikuti dengan nomor tujuan dan pesannya. Penggunaan CTRL+Z merupakan perintah untuk mengirimkan data pada komunikasi serial. Karena perintah ATCOMMAND sebelum CTRL+Z masih berupa data yang belum dikirim.

## Menentukan Nilai Ketelitian Alat Pelacak Kendaraan

Untuk dapat mengetahui nilai ketelitian alat pelacak kendaraan, tahap yang harus dilakukan adalah dengan menentukan nilai standar deviasi, nilai ralat mutlak, nilai ralat nisbi dan kemudian didapatkan nilai ketelitian alat tersebut [11].

Menentukan nilai standar deviasi alat

$$\sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (1)$$

Menentukan nilai ralat mutlak

$$\frac{\text{Standar Deviasi}}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Menentukan nilai ralat nisbi

$$\frac{\text{Ralat Mutlak}}{\bar{X}} \times 100\% \quad (3)$$

Menentukan nilai ketelitian alat

$$100\% - \text{Ralat Nisbi} \quad (4)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini akan menjelaskan mengenai implementasi perangkat keras serta hasil pengujian alat yang berisikan format pesan yang dikirimkan oleh perangkat SIM808, lamanya waktu penguncian sinyal satelit GPS, dan lamanya waktu pengiriman pesan perangkat SIM808.



**Gambar 6.** Alat pelacak kendaraan menggunakan GPS dan GSM.

## Hasil Rancangan Perangkat Keras

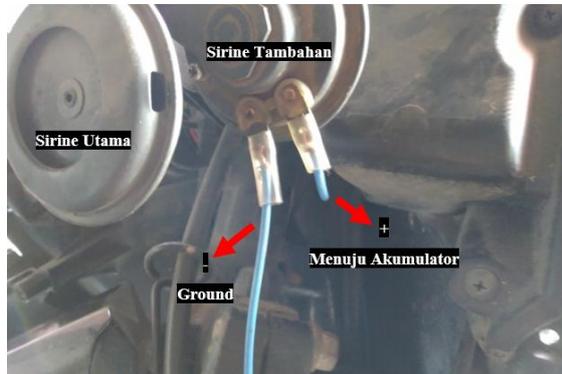
Implementasi perangkat keras pada penelitian ini meliputi hasil perancangan perangkat Arduino, Relay, dan SIM808 yang kemudian dipasangkan pada kendaraan bermotor. Berikut tampilan hasil rancangan perangkat keras alat pelacak kendaraan menggunakan GPS dan GSM seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Alat pelacak kendaraan selanjutnya disambungkan dengan kunci kontak dan juga sirine pada sepeda motor. Kelistrikan motor dapat dipahami dengan membedakan warna-warna pada kabel. Untuk kunci kontak pada motor, kabel yang digunakan berwarna coklat atau dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Kunci kontak yang sudah dihubungkan dengan relay.

Untuk pemasangan alarm, digunakan sirine tambahan yang kemudian digabungkan dengan relay pada alat pelacak yang sudah tersambung dengan sumber tegangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Sirkuit pemasangan sirine tambahan.

### Hasil Pengujian Perangkat GPS

Pengujian perangkat GPS dilakukan pada siang dan malam hari dan berada pada ruangan terbuka lalu diukur waktu yang dibutuhkan perangkat GPS untuk mengunci satelit. Setiap pengambilan data diberikan jeda waktu selama 15 menit

**Tabel 1.** Hasil pengujian penguncian sinyal GPS.

Ulangan	Waktu Penguncian Sinyal Siang Hari (s)	Waktu Penguncian Sinyal Malam Hari (s)
1	208	64
2	188	56
3	193	75
4	198	79
5	196	86
$\Sigma$	983	360
Rata-Rata	196,6	72

Berdasarkan data hasil perhitungan menggunakan data pada Tabel 1 terdapat selisih nilai waktu terbesar yaitu sebesar 144 detik sedangkan selisih terkecil sebesar 110 detik dan nilai selisih rata-rata penguncian sinyal GPS sebesar 124 detik. Dengan diketahuinya selisih rata-rata maka dapat diketahui standar deviasinya yaitu sebesar 13,04 dengan nilai *error* pada tiap sampel sebesar 5,83 maka dapat diketahui nilai ketelitian alat sebesar 95,33%.

Perbedaan yang besar pada nilai selisih tunda waktu penguncian sinyal disebabkan karena adanya faktor-faktor yang mengakibatkan terjadinya penundaan penerimaan sinyal GPS dari satelit pengirim sinyal. Faktor-faktor yang mempengaruhi penundaan tersebut yang pertama adalah karena sinyal yang dikirimkan dari satelit melewati lapisan ionosfer. Pada lapisan ionosfer, terjadi pengionisasian molekul-molekul gas yang menghasilkan elektron bebas. Elektron bebas ini akan mempengaruhi kecepatan sinyal GPS karena sinyal GPS merupakan sinyal elektromagnetik. Sehingga dapat dikatakan pengujian penguncian sinyal GPS pada siang hari akan lebih lambat daripada pengujian pada malam hari [12].

### Hasil Pengiriman Pesan Singkat

Pengujian alat pelacak kendaraan dalam pengiriman pesan singkat dilakukan di luar ruangan. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan pesan dari perangkat genggam menuju alat pelacak kemudian dilakukan pengukuran terhadap waktu yang dibutuhkan alat pelacak kendaraan dalam mengirim pesan singkat menuju pengguna yang ditandai dengan masuknya pesan pada perangkat genggam pengguna.

**Tabel 2.** Hasil pengujian pengiriman pesan singkat menggunakan operator Telkomsel.

Telkomsel			
Ulangan	Waktu (s)	Latitude	Longitude
1	11,08	-6,240400	106,95040
2	11,70	-6,240135	106,95059
3	12,80	-6,240140	106,95051
4	12,38	-6,240162	106,95046
5	9,54	-6,240120	106,95040
6	11,16	-6,240144	106,95050
7	11,03	-6,240402	106,95010
8	12,19	-6,240115	106,95100
9	12,72	-6,240090	106,95120
10	11,42	-6,240055	106,95048
$\Sigma$	116,02		
Rata-Rata	11,60		

**Tabel 3.** Hasil pengujian pengiriman pesan singkat menggunakan operator XL.

XL			
Ulangan	Waktu (s)	Latitude	Longitude
1	17,60	-6,240238	106,95080
2	12,50	-6,240233	106,95060
3	13,00	-6,240205	106,95070
4	13,10	-6,240168	106,95070
5	14,40	-6,240178	106,95050
6	13,30	-6,240460	106,95900
7	14,20	-6,240400	106,95120
8	13,70	-6,240440	106,95040
9	13,10	-6,240800	106,95050
10	13,30	-6,240120	106,04100
Σ	138,20		
Rata-Rata	13,82		

Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan penyedia jasa layanan yang sama dengan perangkat SIM808 yaitu Telkomsel dan pengujian kedua menggunakan penyedia layanan yang berbeda dengan perangkat SIM808 yaitu XL [13]. Pengujian kedua dilakukan dengan menempatkan posisi kendaraan pada jarak tertentu kemudian dilakukan pengukuran terhadap tunda waktu untuk pengiriman pesan singkat yang dilakukan oleh alat pelacak kendaraan. Berikut merupakan hasil pengujian waktu yang dibutuhkan alat pelacak dalam mengirim pesan singkat menuju perangkat genggam.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Tabel 2 dan Tabel 3 terdapat selisih nilai waktu terbesar yaitu sebesar 6,52 detik sedangkan selisih terkecil sebesar 0,20 detik dan nilai selisih rata-rata pengiriman sebesar 2,22 detik. Dengan diketahui selisih rata-rata maka dapat diketahui standar deviasinya yaitu sebesar 2,07 dengan nilai *error* pada sampel sebesar 0,65. Maka dapat diketahui nilai ketelitian alat sebesar 70,73%.

**Tabel 4.** Hasil pengujian pengiriman pesan dengan jarak 500 meter.

Ulangan	Waktu (s)	Latitude	Longitude
1	10,60	-6,240018	106,95229
2	10,40	-6,240040	10,,9523
3	9,90	-6,240035	10,,9523
Σ	30,90		
Rata-Rata	10,30		

**Tabel 5.** Hasil pengujian pengiriman pesan dengan jarak 3 kilometer.

Ulangan	Waktu (s)	Latitude	Longitude
1	9,90	-6,249212	106,96589
2	10,40	-6,249082	106,9659
3	10,20	-6,249013	106,9659
Σ	30,50		
Rata-Rata	10,16		

**Tabel 6.** Hasil pengujian pengiriman pesan dengan jarak 13 kilometer.

Ulangan	Waktu (s)	Latitude	Longitude
1	11,20	-6,173504	106,9549
2	09,40	-6,173587	106,9549
3	10,70	-6,173080	106,9549
Σ	31,30		
Rata-Rata	10,43		

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 2 dan Tabel 3 dapat terlihat rata-rata waktu pengiriman pesan singkat yang tertunda masing-masing sebesar 11,60 detik dan 13,82 detik [14]. Hal ini disebabkan ketika pesan sudah diterima oleh alat pelacak, maka selanjutnya alat pelacak akan menjalankan program pemisahan informasi yang diberikan oleh perangkat GPS. Pada setiap perintah pada pemrograman Arduino juga terdapat jeda antara perintah satu dengan perintah lainnya. Jeda ini dimaksudkan agar tidak terjadinya penumpukan perintah sehingga terjadi kesalahan program. Setelah melakukan pemisahan informasi, alat pelacak mengambil informasi yang dibutuhkan oleh pengguna yang kemudian dikirimkan melalui pesan singkat menuju perangkat genggam. *Error* pada alat pelacak juga terjadi dikarenakan adanya gangguan yang dilakukan oleh operator penyedia layanan yang mengirimkan pesan singkat sehingga pengiriman pesan singkat yang dilakukan oleh pengguna terjadi penundaan.

## KESIMPULAN

Telah berhasilnya merancang dan membangun sistem pelacak kendaraan menggunakan

SIM808 dan Arduino Nano bekerja dengan cara mengirimkan lokasi dari alat pelacak menuju perangkat genggam pengguna melalui fitur SMS. Alat pelacak kendaraan bekerja dengan baik pada malam hari karena memiliki rata-rata tunda waktu penguncian sinyal GPS yang lebih cepat dari pada siang hari yaitu sebesar 72 detik dengan nilai ketelitian alat sebesar 95,33%. Jarak kendaraan yang telah dipasangkan alat pelacak dengan pengguna tidak mempengaruhi tunda waktu pengiriman, dengan nilai rata-rata tunda waktu pengiriman sebesar 10,30 detik.

## REFERENSI

- Herwangi, Y., Syabri, I., & Kustiwan, I. (2015). Peran dan Pola Penggunaan Sepeda Motor Pada Masyarakat Berpendapatan Rendah di Kawasan Perkotaan Yogyakarta. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, **26**(3), 168.
- Handayani, R. (2017). Analisis Dampak Kependudukan terhadap Tingkat Kriminalitas di Provinsi Banten. *Jurnal Administrasi Publik*, **8**(2), 149–169.
- IPDS BPS Kota Bekasi. (2018). Kota Bekasi Dalam Angka. *Badan Pusat Statistik Kota Bekasi*. 311.
- IPDS BPS Kota Bekasi. (2018). Kota Bekasi Dalam Angka. *Badan Pusat Statistik Kota Bekasi*. 199.
- Azzam, M. (2019). Kasus curanmor dilaporkan sepanjang Tahun 2018 di Kota Bekasi. Diakses pada 23 Juli 2019. URL: <https://wartakota.tribunnews.com/2019/01/01/terjadi-154-kasus-curanmor-dilaporkan-sepanjang-tahun-2018-di-kota-bekasi>.
- Soerbakti, Y., Syahputra, R. F., Saktioto, S., & Gamal, M. D. H. (2020). Investigasi kinerja antenna berdasarkan dispersi, anomali metamaterial struktur heksagonal split ring resonator. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(2), 74–79.
- Rabbani, F. M., Yuniarti, E., & Al-Huda, M. (2020). Analisis sensor kapasitif pelat sejajar pada aplikasinya sebagai deteksi zat satu fasa dan multi fasa. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(2), 62–67.
- Febrianti, A., Hamdi, M., & Juandi, M. (2021). Analysis of non-destructive testing ultrasonic signal for detection of defective materials based on the Simulink Matlab Mathematica computation method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 46-58.
- Pertiwi, M., Muhammad, J., Farma, R., & Saktioto, S. (2020). Analysis of shallow well depth prediction: a study of temporal variation of GRACE satellite data in Tampan District-Pekanbaru, Indonesia. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 27–36.
- Marzuki, M. I. & Irawan, B. (2017). Analisa propagasi gelombang continuous wave pada radio amatir di frequency 21 MHz. *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, **7**(2), 213.
- Budi, P., Haritman, E. (2010). Modul Dasar Telekomunikasi. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*. **1**(1), 8–28.
- Jiyo. (2012). Fenomena Cuaca Antariksa. *Pusat Sains Antariksa LAPAN*. **1**(1).
- Bakara, J. (2011). Perkembangan Sistem Satelit Navigasi Global dan Aplikasinya. *Berita Dirgantara*, **12**(2), 39–40.
- Prasetyaningsih, D. (2012). Partisipasi Indonesia dalam pembahasan sistem satelit navigasi global (global navigation satellite system) dalam sidang uncopuoc. *Berita Dirgantara*, **13**(4), 123–124.



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## PEMETAAN SUSEPTIBILITAS MAGNETIK DAN PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM PADA AIR GAMBUT DI KELURAHAN TUAH MADANI KECAMATAN TAMPAN PEKANBARU

Siti Alisna\*, Salomo Sinuraya

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [siti.alisna98@gmail.com](mailto:siti.alisna98@gmail.com)

### ABSTRACT

*Research on mapping the value of magnetic susceptibility and determination of metal content in peat water in Tuah Madani Village, Tampan District, Pekanbaru has been carried out. Samples were taken with each distance 50 meters to the north and east at 64 different points of 150 ml. The results of the calculation of susceptibility with the Quincke method obtained the lowest susceptibility value of  $1.551 \times 10^{-5}$  and the largest of  $1.760 \times 10^{-5}$ . AAS test results and susceptibility calculations indicate that the peat water under study is paramagnetic. Mapping of magnetic susceptibility was carried out using the surfer 11 application while determining the metal content using AAS. The sample density was measured to produce values at intervals of  $989,000 \text{ kg/m}^3$  to  $998,000 \text{ kg/m}^3$ . AAS test results were carried out on five samples chosen based on the value of magnetic susceptibility with the measured parameters namely Mn, Zn, Cr and Mg. Based on the standard threshold value of heavy metals as pollutants, it is known that the content of Mn, Zn, Cr and Mg. Mg in this peat water sample is still categorized as safe because it has not exceeded the standard threshold so it is suitable to be in the environment and not pollute the environment. Testing the parameters most contained in the sample are Mg.*

**Keywords:** Peat Water, Density, Magnetic Susceptibility, Quincke Method, AAS.

### ABSTRAK

*Penelitian tentang pemetaan nilai suseptibilitas magnetik dan penentuan kandungan logam pada air gambut di Kelurahan Tuah Madani Kecamatan Tampan Pekanbaru telah dilakukan. Sampel di ambil dengan masing-masing berjarak 50 meter ke arah utara dan timur di 64 titik yang berbeda sebanyak 150 ml. Hasil perhitungan suseptibilitas dengan metode Quincke diperoleh nilai suseptibilitas terkecil  $1,551 \times 10^{-5}$  dan terbesar  $1,760 \times 10^{-5}$ . Hasil uji AAS dan perhitungan suseptibilitas menunjukkan bahwa air gambut yang diteliti bersifat paramagnetik. Pemetaan suseptibilitas magnetik dilakukan dengan menggunakan aplikasi surfer 11 sedangkan penentuan kandungan logam menggunakan AAS. Densitas sampel diukur menghasilkan nilai dengan interval  $989.000 \text{ kg/m}^3$  sampai  $998.000 \text{ kg/m}^3$ . Hasil uji AAS dilakukan terhadap lima sampel yang dipilih berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik dengan parameter yang diukur yakni Mn, Zn, Cr dan Mg. Berdasarkan nilai ambang batas standar logam berat sebagai pencemar, diketahui bahwa kandungan Mn, Zn, Cr dan Mg. Mg pada sampel air gambut ini masih di kategorikan aman karena belum melebihi ambang batas standar sehingga layak untuk berada dilingkungan dan tidak mencemari lingkungan. Pengujian parameter yang paling banyak terkandung dalam sampel yaitu unsur Mg.*

**Kata kunci:** Air gambut, Densitas, Suseptibilitas Magnetik, Metode Quincke, AAS.

*Diterima 20-08-2020 | Disetujui 28-01-2021 | Dipublikasi 31-03-2021*

### PENDAHULUAN

Air salah satu kebutuhan yang banyak manfaatnya. Dalam kehidupan air dapat digunakan untuk mencuci, minum, masak,

mandi, dan sebagainya. Tetapi jumlah air bersih dalam kehidupan ketersediaannya masih terbatas jumlahnya. Di wilayah-wilayah yang masih minim air bersih biasanya memanfaatkan air yang berasal dari air sungai atau air sumur

galian yang belum memenuhi standar air bersih seperti halnya daerah bergambut atau rawa. Air gambut memiliki ciri yang khusus, tergantung pada lokasi dengan bantuan satelit, ketebalan gambut, usia gambut, cuaca maupun dari jumlah sisa-sisa vegetasi tanaman mati serta jenis tanah dimana air gambut itu berada [1-4].

Dalam air gambut terdapat beberapa kandungan logam diantaranya Fe (besi) dan Mn (mangan). Kandungan logam seperti Fe (besi) dan Mn (mangan) dalam air dapat mengakibatkan warna air keruh dan kecokelatan, efek dari Mn jika dikonsumsi oleh manusia dalam dosis yang berlebih maka akan mengakibatkan keracunan kronis dan dapat menimbulkan lemah pada kaki dan otot, sedangkan Fe jika terlalu banyak dikonsumsi dapat memberikan efek merusak dinding usus dan berkurangnya fungsi paru-paru.

Suseptibilitas diukur untuk mengetahui kandungan mineral unsur, mengklasifikasi jenis mineral, menghitung konsentrasi atau volume mineral, dan mengidentifikasi proses dan perpindahan mineral [5].

Metode pengukuran suseptibilitas magnetik merupakan metode yang mudah, murah dan merupakan metode yang tidak merusak [6]. Pengukuran suseptibilitas magnetik dari suatu sampel di alam terbuka akan memberikan informasi tentang mineral yang terkandung di dalam sampel tersebut [7,8].

Penelitian tentang suseptibilitas magnetik cairan belum banyak dilakukan terutama air gambut, hal inilah yang membuat saya berminat untuk melakukan penelitian tentang penentuan suseptibilitas magnetik cairan dengan menggunakan metode Quincke.

## TINJAUAN PUSTAKA

Bahan magnetik adalah bahan yang memiliki sifat kemagnetan dalam komponen pembentuknya. Menurut sifatnya terhadap adanya pengaruh kemagnetan, bahan magnet ini digolongkan menjadi 5 yaitu bahan diamagnetik, bahan paramagnetik, bahan ferromagnetik, bahan anti ferromagnetik, dan bahan ferrimagnetik [9].

Suseptibilitas magnetik adalah kemampuan suatu bahan magnet untuk dimagnetisasi yang ditentukan oleh nilai suseptibilitas magnet yang ditunjukkan oleh persamaan:

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

Dengan  $\vec{M}$  adalah intensitas magnet dalam A/m,  $\chi_m$  adalah nilai suseptibilitas suatu bahan dan tidak memiliki dimensi serta  $\vec{H}$  adalah kuat medan magnet dalam A/m. Nilai  $\chi_m$  adalah parameter dasar yang digunakan dalam metode magnet. Nilai suseptibilitas batuan semakin besar jika dalam batuan tersebut dijumpai banyak mineral yang bersifat magnet. Litologi (karakteristik) dan kandungan mineral batuan adalah faktor yang mempengaruhi harga suseptibilitas suatu bahan [10].

Induksi magnetik adalah kuat medan magnet disuatu titik disebabkan oleh arus listrik yang mengalir dalam suatu penghantar dan menembus suatu bidang. Induksi magnet dapat juga disebut dengan garis-garis induksi atau garis-garis gaya. Vektor medan magnet dapat dihubungkan pada garis-garis gaya dengan cara yaitu, garis singgung pada sebuah garis induksi pada setiap titik memberikan arah B dititik tersebut [11].

Metode Quincke digunakan untuk menentukan suseptibilitas magnetik bahan diamagnetik atau zat paramagnetik dalam bentuk cairan atau larutan encer. Metode ini didasarkan pada gaya yang dialami oleh bahan bermagnet di medan magnet yang tidak seragam, ketika suatu objek diletakan diantara dua medan magnet yang terinduksi maka medan magnet yang terinduksi akan mempengaruhi objek tersebut. Momen magnetik dapat diukur dengan metode yang melibatkan pengukuran gaya yang diberikan pada cairan oleh medan magnet tidak homogen atau metode induksi dimana tegangan di induksi dalam sirkuit listrik diukur dengan memvariasikan momen magnetik. Metode Gouy menjelaskan bahwa Gaya F pada sampel negatif dari gradient perubahan kepadatan energi ketika sampel ditempatkan adalah,

$$F = \frac{d}{dx} \left[ \frac{1}{2} \mu_0 (\mu_r - \mu_{ra}) H^2 \right]$$

$$= \mu_0 (\chi -) \frac{d}{dx} \quad (2)$$

Gaya yang bekerja pada bagian area A dengan panjang dx adalah fAdx, sehingga gaya total F pada cairan adalah,

$$F = A \int f dx = \frac{A \mu_0}{2} (\chi - \chi_a) (H^2 - H_0^2) \quad (3)$$

dimana integral diambil dari seluruh cairan. Kerapatan cairan dipengaruhi oleh tekanan yang diberikan pada area A karena perbedaan ketinggian h antara permukaan cairan di dua lengan pipa meniscus U, sehingga persamaan diatas ditulis menjadi,

$$F = Ah(\rho - \rho_a) g \quad (4)$$

$$\chi = \chi_a + \frac{2}{\mu_0} g(\rho - \rho_a) \frac{h}{H^2 - H_0^2} \quad (5)$$

Secara eksperimen persamaan (5) setara dengan,

$$\chi_m = \frac{2\rho g \Delta h}{\mu_0 H^2} = \chi_m = \frac{2\rho g \Delta h}{B^2} \quad (6)$$

Persamaan (6) biasa juga dituliskan dalam bentuk

$$\chi_m = 2\rho g \cdot \frac{\Delta h}{B^2} \quad (7)$$

Besaran  $\frac{\Delta h}{B^2}$  merupakan kemiringan (slope). Persamaan ini menunjukkan bahwa dengan menentukan ketinggian cairan terhadap fungsi induksi magnetik, maka suseptibilitas magnetiknya dapat ditentukan langsung dari kemiringan grafik garis lurus [12].

Setelah didapatkan nilai suseptibilitas dari sampel maka selanjutnya dilakukan pembuatan kontur suseptibilitas magnetik dengan menggunakan software “surfer” yang telah di instal di laptop yang digunakan. Software “surfer” merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi yang berdasarkan pada grid. Perangkat lunak ini melakukan

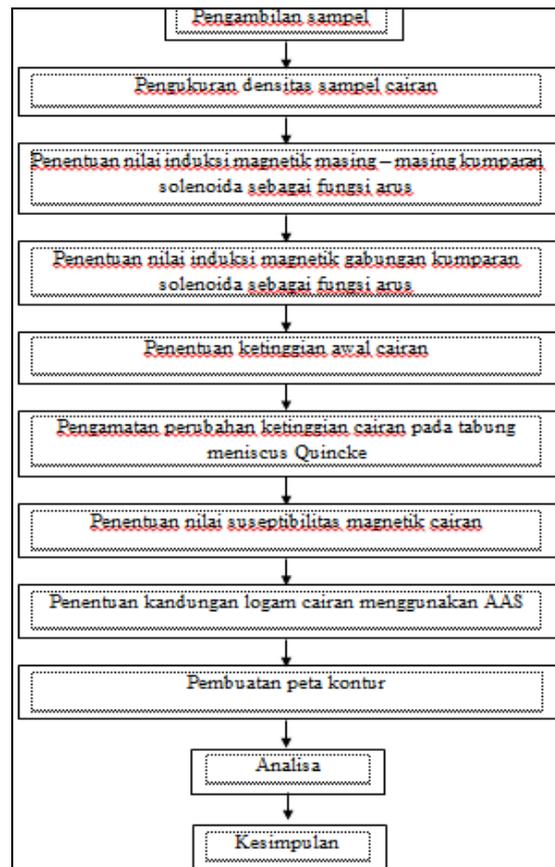
plotting data tabung XYZ tak beraturan menjadi lembar titik-titik segi empat (grid) yang beraturan. Dimana grid merupakan serangkaian garis vertikal dan horizontal yang dalam “surfer” berbentuk segi empat dan digunakan sebagai dasar pembentukan kontur dan permukaan tiga dimensi.

## METODE PENELITIAN



Gambar 1. Titik lokasi pengambilan sampel.

Langkah-langkah penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Langkah-Langkah Penelitian.

Tempat pengambilan sampel air gambut dilakukan di Kelurahan Tuah Madani Kecamatan Tampan Pekanbaru. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari hingga Mei 2020 di Laboratorium Fisika Instrumentasi dan Kemagnetan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau dan penentuan kandungan logam di Dinas Pekerjaan Umum (PU) Pekanbaru Jalan Jenderal Sudirman, Kota Pekanbaru, Riau.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Cairan Terhadap Pengaruh Induksi Magnetik sebagai Fungsi Arus yang Digunakan dalam Menentukan Nilai Suseptibilitas Magnetik Cairan

Hasil pengamatan perubahan ketinggian cairan terhadap pengaruh induksi magnetik

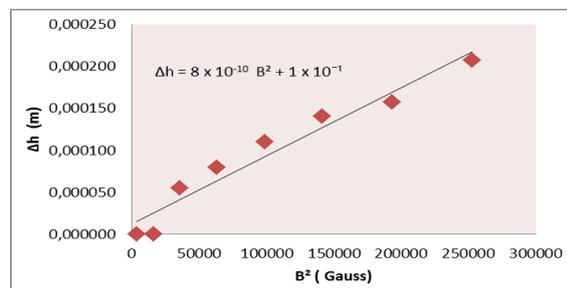
sebagai fungsi arus yang digunakan dalam menentukan nilai suseptibilitas magnetik cairan di titik B1 dilihat pada Gambar 3. Sampel yang ditampilkan pada Tabel merupakan sampel yang hanya diuji kandungan logam berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik nya.

Jika digambarkan grafik perubahan ketinggian cairan ( $\Delta h$ ) sebagai fungsi induksi magnetik kuadrat ( $B^2$ ) sesuai dengan persamaan  $\chi_m = 2\rho g \cdot \frac{\Delta h}{B^2}$  maka akan diperoleh grafik untuk Tabel 1 seperti terlihat pada Gambar 3.

Persamaan linear seperti terlihat pada Gambar 3.  $\Delta h = 8 \times 10^{-10} B^2 + 1 \times 10^{-1}$  memperlihatkan bahwa kemiringan grafiknya adalah  $8 \times 10^{-10}$ , sehingga nilai suseptibilitas magnetik rata-rata untuk titik sampel B1 adalah  $\chi_m = 2\rho g \cdot \text{kemiringan} = 2 \cdot 989.333 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 8 \times 10^{-10} = 1,551 \times 10^{-5}$ .

**Tabel 1.** Hasil pengamatan perubahan ketinggian cairan titik (B1) terhadap induksi magnetik sebagai fungsi arus yang digunakan.

Arus I (A)	Induksi Magnetik B (Gauss)	Induksi Magnetik $B^2$ ( $10^3$ Gauss)	Ketinggian Awal Cairan $h_0$ ( $10^{-5}$ m)	Ketinggian Cairan $h_a$ ( $10^{-5}$ m)	Perubahan Ketinggian Cairan $\Delta h$ ( $10^{-5}$ m)
0,5	63,76	4,065	3,5	3,5	0,0
1,0	126,81	16,080	3,5	3,5	0,0
1,5	189,40	35,872	3,5	8,2	5,5
2,0	252,17	63,589	3,5	11,8	8,0
2,5	314,10	98,658	3,5	14,5	11,0
3,0	375,95	141,338	3,5	17,3	14,0
3,5	439,55	193,204	3,5	20,5	15,7
4,0	502,91	252,918	3,5	23,7	20,7



**Gambar 3.** Hasil pengamatan perubahan ketinggian cairan terhadap induksi magnetik sebagai fungsi arus yang digunakan.

Madani Kecamatan Tampan Pekanbaru dengan menggunakan AAS dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 2.

**Tabel 2.** Kadar logam pada sampel.

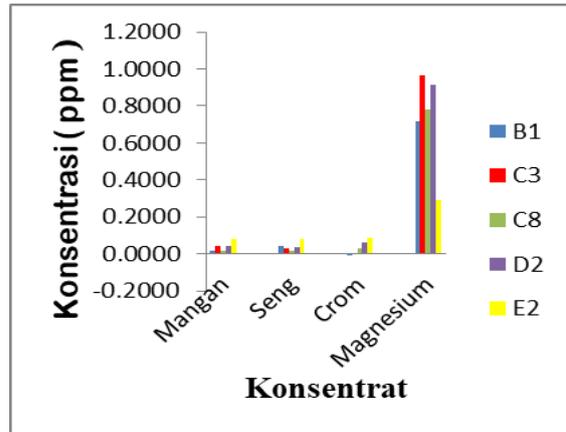
Titik	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cr (ppm)	Mg (ppm)
B1	0,0170	0,0456	-0,0099	0,7180
C3	0,0400	0,0284	0,0049	0,9674
C8	0,0145	0,0170	0,0271	0,7793
D2	0,0448	0,0378	0,0592	0,9133
E2	0,0824	0,0838	0,0839	0,2902

### Hasil Penentuan Kandungan Logam pada Cairan Menggunakan AAS

Hasil pengamatan kandungan logam pada sampel cairan air gambut di Kelurahan Tuah

Hasil uji AAS pada tabel 1 dan Gambar 3 menampilkan grafik data kandungan logam sampel pada titik B1, C3, C8, D2, dan E2 dari masing-masing sampel di Kelurahan Tuah

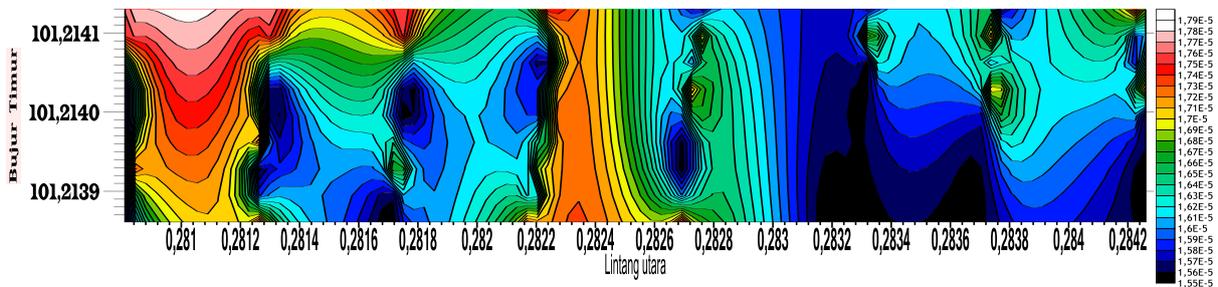
Madani Kecamatan Tampan Pekanbaru. Tingkat konsentrasi Mangan tertinggi terletak pada titik E2 sebesar 0,0824 ppm dan konsentrasi terendah terletak pada titik C8 sebesar 0,0145 ppm. Tingkat konsentrasi Seng tertinggi terletak pada titik E2 sebesar 0,0838 ppm dan konsentrasi terendah terletak pada titik C8 sebesar 0,0170 ppm. Tingkat konsentrasi Crom tertinggi terletak pada titik E2 sebesar 0,0839 ppm dan konsentrasi terendah terletak pada titik B1 sebesar -0,0099 ppm. Tingkat konsentrasi Magnesium tertinggi terletak pada titik C3 sebesar 0,9674 ppm dan konsentrasi terendah terletak pada titik E2 sebesar 0,9133 ppm. Berdasarkan nilai ambang batas standar unsur-unsur Mn, Zn, Cr dan Mg pada sampel air gambut ini masih di kategorikan aman karena belum melebihi ambang batas standar sehingga layak untuk berada dilingkungan dan tidak mencemari lingkungan.



**Gambar 4.** Hasil pengamatan kandungan logam cairan menggunakan AAS.

### Analisa Pemetaan Suseptibilitas Magnetik

Pemetaan nilai suseptibilitas magnetik sampel di Kelurahan Tuah Madani Kecamatan Tampan Pekanbaru dari masing-masing sampel dapat dilihat pada peta kontur pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Peta nilai suseptibilitas magnetik.

Gambar 6 menampilkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik sampel tertinggi dengan nilai  $1,760 \times 10^{-5}$  tepatnya pada koordinat  $0^{\circ}28'4,23''$  LU dan  $101^{\circ}21'41,30''$  BT diperoleh dengan skema warna kuning tepatnya pada koordinat  $0^{\circ}28'3,72''$  LU dan  $101^{\circ}21'39,91''$  BT dan nilai suseptibilitas magnetik sampel terendah dengan nilai  $1,551 \times 10^{-5}$  tepatnya pada koordinat  $0^{\circ}28'3,69''$  LU dan  $101^{\circ}21'39,08''$  BT dengan skema warna hitam. Peta suseptibilitas magnetik sampel memiliki garis kontur yang relatif banyak dengan jarak antara kedua garis kontur (kontur interval) yang relatif rapat (kecil).

Perbedaan nilai suseptibilitas magnetik pada masing-masing sampel disebabkan oleh

beberapa faktor antara lain perbedaan perubahan ketinggian cairan masing-masing sampel yang diakibatkan oleh induksi magnetik sebagai fungsi arus yang digunakan, sehingga mengakibatkan perbedaan kemiringan plot grafik masing-masing sampel dan mempengaruhi nilai suseptibilitas masing-masing sampel. Semakin besar kemiringan plot grafik masing-masing sampel semakin besar nilai suseptibilitas magnetiknya. Perbedaan densitas masing-masing sampel juga salah satu penyebab perbedaan nilai suseptibilitas magnetik masing-masing sampel, dimana semakin besar densitas maka semakin besar nilai suseptibilitas magnetiknya.

## KESIMPULAN

Nilai induksi magnetik solenoida bertambah secara linier ketika arus yang diberikan semakin besar, hal ini sesuai dengan teori. Nilai suseptibilitas magnetik sampel tertinggi berada pada rentang nilai  $1,551 \times 10^{-5}$  sampai  $1,760 \times 10^{-5}$ . Berdasarkan uji AAS, kandungan logam Mn, Zn, Cr, dan Mg yang terkandung dalam sampel, yang paling banyak terkandung dalam sampel yaitu unsur Mg. Berdasarkan nilai ambang batas standar unsur-unsur Mn, Zn, Cr dan Mg pada sampel air gambut ini masih di kategorikan aman karena belum melebihi ambang batas standar sehingga layak untuk berada dilingkungan dan tidak mencemari lingkungan. Hasil perhitungan suseptibilitas magnetik dan uji AAS menunjukkan bahwa air gambut yang diteliti bersifat paramagnetik.

## REFERENSI

1. Nurdin, S. (2011). Analisis perubahan kadar air dan kuat geser tanah gambut lalombi akibat pengaruh temperatur dan waktu pemanasan. *SMARTek*, **9**(2).
2. Fitriani, R., Muhammad, J., & Rini, A. S. (2020). Investigation of the distribution of aquifers and groundwater quality in the Village of Rimbo Panjang, Kampar District. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 8–15.
3. Pertiwi, M., Muhammad, J., Farma, R., & Saktioto, S. (2020). Analysis of shallow well depth prediction: A study of temporal variation of GRACE satellite data in Tampan District-Pekanbaru, Indonesia. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 27–36.
4. Saputra, A., Candra, W., Soerbakti, Y., Syahputra, R. F., Defrianto, D., & Saktioto, S. (2019). Studi awal grading buah sawit dengan bantuan injeksi tegangan listrik searah. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **16**(2), 103–106.
5. Dearing, J. A., Dann, R. J. L., Hay, K., Lees, J. A., Loveland, P. J., Maher, B. A., & O'grady, K. (1996). Frequency-dependent susceptibility measurements of environmental materials. *Geophysical Journal International*, **124**(1), 228–240.
6. Thompson, R. & Oldfield F. (1986). *Environmental Magnetism*. London: Allen and Unwin.
7. Vahyra, V. & Salomo, S. (2020). Analisa suseptibilitas magnetik dan kandungan logam berat akibat polutan kendaraan bermotor di beberapa ruas jalan Kota Pekanbaru. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(3), 114–119.
8. Handerson, W. & Sinuraya, S. (2020). Analisa sifat magnetik dan identifikasi kandungan pasir sungai Kampar Provinsi Riau. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(2), 92–96.
9. Jang, B. H., Kwon, S., & Kang, J. H. (2019). Measurement of the magnetic susceptibility of subtle paramagnetic solutions using the diamagnetic repulsion of polymer microparticles. *Lab on a Chip*, **19**(14), 2356–2361.
10. Jiles, D. (2015). *Introduction to magnetism and magnetic materials*. CRC press.
11. Halliday, D. & Resnick, R. (1998). *Fisika Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
12. Uyeda, S., Fuller, M. D., Belshe, J. C., & Girdler, R. W. (1963). Anisotropy of magnetic susceptibility of rocks and minerals. *Journal of Geophysical Research*, **68**(1), 279–291.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## SEBARAN AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI DIPOLE-DIPOLE

**Resma Silvia\*, Usman Malik**

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [resmasilviasr64@gmail.com](mailto:resmasilviasr64@gmail.com)

### ABSTRACT

*This research has been worked in the Graha Mustamindo Permai 3 Housing area, Rimba Panjang Village, Tambang District. This research been thorough to calculate the value of measured rock resistivity in Graha Mustamindo Permai 3 Housing and analyze rock layer types through rock resistivity values at Sepakat street, Rimba Panjang, Riau. The method using in this research is geoelectric resistivity of the Dipole-dipole configuration, two lanes with the same length of 100 meters are used and spacing between electrodes is 7 meters. The data obtained were processed using Res2Dinv software version 3.54.44. The data result that obtained show two differences trajectories in Rimba Panjang Village has varying resistivity, namely in the first lane around 1.595  $\Omega\text{m}$  to 2,762  $\Omega\text{m}$  and in the second lane 1.594  $\Omega\text{m}$  to 5,879  $\Omega\text{m}$ . Groundwater potential in the first and second lanes is quite large and is thought to be in a free aquifer so that it is easy to drill.*

**Keywords:** Graundwater, Geoelectric Method, Configuration Dipole-Dipole, Software Res2Dinv version 3.54.44.

### ABSTRAK

*Telah dilakukan penelitian di daerah Perumahan Graha Mustamindo Permai 3 Desa Rimba Panjang Kecamatan Tambang. Penelitian ini dilakukan untuk menghitung besar nilai resistivitas batuan yang terukur di Perumahan Graha Mustamindo Permai 3 dan menganalisa jenis lapisan batuan melalui nilai resistivitas batuan di Jalan Sepakat, Rimba Panjang, Riau. Metode yang digunakan adalah metode geolistrik resistivitas konfigurasi Dipole-dipole, digunakan sebanyak 2 lintasan dengan panjang lintasan yang sama yaitu 100 meter dan spasi antar elektroda sejauh 7 meter. Data yang didapat diolah menggunakan software Res2Dinv versi 3.54.44. Memperoleh hasil yang menunjukkan bahwa dari kedua lintasan yang berbeda di Desa Rimba Panjang memiliki resistivitas yang bervariasi yaitu pada lintasan pertama sekitar 1,595  $\Omega\text{m}$  sampai dengan 2.762  $\Omega\text{m}$  dan pada lintasan kedua 1,594  $\Omega\text{m}$  sampai dengan 5.879  $\Omega\text{m}$ . Potensi air tanah pada lintasan pertama dan lintasan kedua cukup besar dan diduga berada pada akuifer bebas sehingga mudah untuk dibor.*

**Kata kunci:** Air Tanah, Metode Geolistrik, Konfigurasi Dipole-Dipole, Software Res2Dinv versi 3.54.44.

*Diterima 25-08-2020 | Disetujui 28-01-2021 | Dipublikasi 31-03-2021*

### PENDAHULUAN

Manusia sangat bergantung pada sumber daya alam yaitu air. Dipermukaan bumi jumlah air lebih banyak dibanding daratan, namun tidak semua air dipermukaan aman untuk dikonsumsi. Air tidak hanya dapat ditemukan pada permukaan bumi saja namun juga terdapat dibawah permukaan bumi. Air dipermukaan bumi terdiri dari air sungai, laut,

danau dan lain sebagainya, sedangkan air dibawah permukaan bumi disebut air tanah. Air tanah bisa digunakan ketika air dipermukaan sudah tidak bisa lagi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Kepadatan penduduk dari tahun ke tahun berkembang pesat sehingga kebutuhan air bersih juga semakin meningkat sedangkan ketersediaan air bersih berkurang [1,2].

Air tanah terdistribusi lebih luas dibanding air permukaan karena air tanah mengisi seluruh pori-pori batuan dan tanah dibawah permukaan bumi [3]. Air tanah berada di dalam lapisan tanah yang disebut lapisan akuifer yang bisa diketahui keberadaannya dengan metode geofisika diantaranya metode geolistrik tahanan jenis [4].

Penelitian dilakukan di Perumahan Graha Mustamindi Permai 3, Rimba Panjang, Riau. Perumahan ini merupakan perumahan yang baru dibangun sehingga masyarakat disana membutuhkan gambaran keadaan bawah tanah dalam menentukan keberadaan air bawah tanah untuk dilakukan pengeboran. Maka penelitian ini berguna untuk masyarakat di daerah perumahan tersebut. Adapun tujuan penelitian ini dilakukan yaitu untuk menghitung besar nilai resistivitas batuan yang terukur di Perumahan Graha Mustamindo Permai 3 sehingga di peroleh peta sebaran air tanah dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas Konfigurasi Dipole-dipole. Serta menganalisa jenis lapisan batuan melalui nilai resistivitas batuan di Jalan Sepakat, Rimba Panjang, Riau.

Konfigurasi pada metode geolistrik resistivitas terdiri dari Wenner, Schlumberger, Pole-pole, Dipole-dipole, dan konfigurasi gabungan seperti Wenner-Schlumberger, dan pole-dipole [5-8]. Metode geolistrik merupakan metode yang memanfaatkan arus untuk mengetahui keadaan bawah permukaan bumi dan menentukan resistivitas di bawah permukaan [9]. Metode geolistrik tahanan jenis dibagi menjadi dua berdasarkan tujuan penyelidikannya yaitu *mapping* dan *sounding*. Penyelidikan *Mapping* memberikan informasi lapisan bawah permukaan secara horizontal. Dan penyelidikan *sounding* memberikan informasi detail pada kedalaman dan karakteristik air bawah permukaan [10].

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi dipole-dipole untuk menentukan

sebaran air tanah yang melibatkan penentuan arus listrik (I) dan tegangan beda potensial ( $\Delta V$ ) yang diinjeksikan kedalam tanah. Adapun Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah logam elektroda, *Resistivity meter*, kabel, GPS (*Global Position System*), meteran, aki, komputer, palu besi, *software Res2Dinv*, dan buku tabel pengukuran. Penelitian dilakukan dengan mengukur panjang lintasan yang akan diteliti, kemudian menancapkan elektroda arus dan elektroda potensial yang dihubungkan ke alat resistivimeter dan aki. Setelah elektroda-elektroda terhubung ke alat resistivimeter maka catat nilai arus (I) dan beda potensial (V) yang tertera pada alat tersebut. Pada penelitian ini menggunakan konfigurasi dipole-dipole dimana pasangan elektroda potensialnya yang bergeser sejauh spasi yang telah ditentukan. Kemudian data yang didapat dilapangan diinterpretasikan menggunakan *software Res2Dinv* versi 3.54.44.

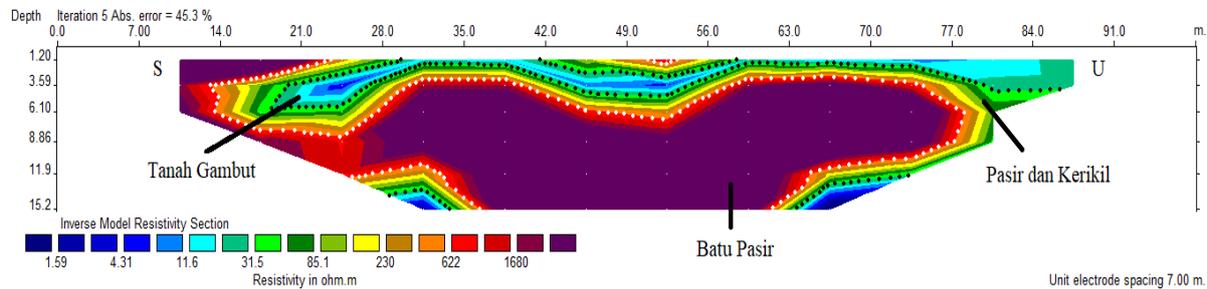
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Panjang lintasan pengukuran adalah 100 meter dengan kedalaman  $\pm 15,2$  meter dibawah permukaan tanah. Jarak spasi antar elektroda yang digunakan sebesar 7 meter. Lintasan penelitian pertama terletak pada titik koordinat S  $0^{\circ}27'21,073''$  dan E  $101^{\circ}20'37,967''$ . Setelah diolah menggunakan *software Res2Dinv* dan menghasilkan gambar penampang seperti Gambar 1.

Lapisan pertama memiliki interval resistivitas berkisar  $1,595 \Omega m$  sampai  $622 \Omega m$  (warna biru tua sampai oren) diduga merupakan lapisan pasir, kerikil, dan tanah gambut yang terdapat pada kedalaman  $\pm (1,2 - 6,2)$  m dan juga terdapat pada kedalaman  $\pm (10,8 - 15,2)$  m di bawah permukaan tanah. Lapisan ini diduga mengandung air tanah karena pasir dan kerikil memiliki porositas yang tinggi sehingga mampu menampung air. Dan tanah gambut yang memiliki interval resistivitas  $(1,59 - 31,5) \Omega m$  (warna biru tua sampai toska tua) yang hanya terdapat sedikit pada daerah penelitian pada kedalaman  $\pm (2 -$

4,5) m atau setebal 2,5 m dibawah permukaan tanah, kemungkinan disebabkan oleh penimbunan saat proses pembangunan perumahan tersebut. Lapisan kedua memiliki interval resistivitas berkisar (1.022 – 2.762)  $\Omega\text{m}$  (warna merah sampai ungu tua) diduga

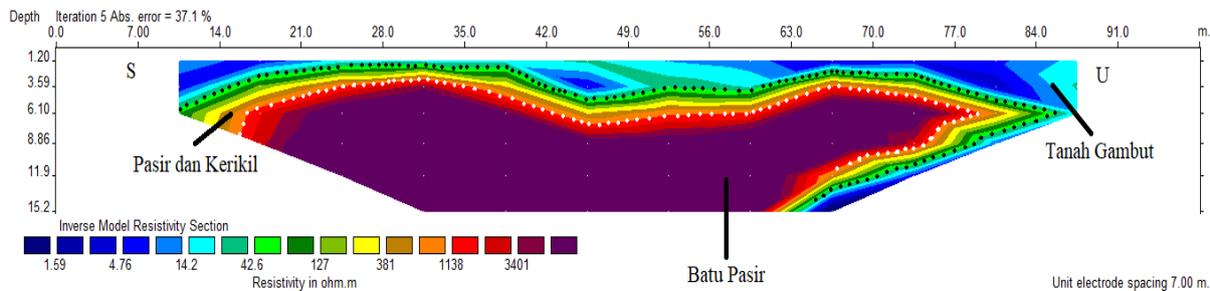
merupakan lapisan batu pasir yang terdapat pada kedalaman  $\pm$  (6,3 – 15,2) m menyebar dari selatan menuju utara. Lapisan ini juga merupakan lapisan yang mengandung air tanah karena memiliki porositas yang cukup besar.



**Gambar 1.** Penampang resistivitas lintasan 1.

Pengukuran dilakukan dengan panjang lintasan 100 meter dengan kedalaman 15,2 meter di bawah permukaan tanah. Jarak spasi antar elektroda yang digunakan sebesar 7 meter. Lintasan ini terletak pada koordinat S

$0^{\circ}27'23,865''$  dan E  $101^{\circ}20'35,632''$ . Data lapangan yang diperoleh diolah dengan *software Res2Dinv* dan menghasilkan gambar penampang bawah permukaan seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Penampang resistivitas lintasan 2.

Lapisan pertama memiliki interval resistivitas berkisar (1,595 – 31,5)  $\Omega\text{m}$  (warna biru tua sampai toska tua) diduga merupakan lapisan tanah gambut pada kedalaman sekitar  $\pm$  (1,2 – 4,8) m di bawah permukaan tanah menyebar dari selatan menuju utara. Lapisan kedua memiliki interval resistivitas berkisar (73,6 – 658)  $\Omega\text{m}$  (warna hijau muda sampai oren) diduga merupakan lapisan pasir dan kerikil yang terdapat pada kedalaman  $\pm$  (5 – 6,5) m di bawah permukaan tanah. Lapisan ini merupakan lapisan yang mengandung air tanah karena memiliki porositas yang tinggi. Lapisan ketiga memiliki interval resistivitas berkisar (1.138 – 5.879)  $\Omega\text{m}$  (warna oren sampai ungu tua) diduga merupakan lapisan batu pasir yang

terdapat pada kedalaman sekitar  $\pm$  (6,7 – 15,2) m dibawah permukaan. Lapisan ini juga merupakan lapisan yang mengandung air tanah. Inversi yang dilakukan menggunakan *Res2Dinv* menampilkan model penampang resistivitas 2D pada lintasan pengukuran. Kedalaman yang bisa terpetakan dengan panjang lintasan 100 meter adalah 15,2 meter di bawah permukaan tanah. Penampang yang dihasilkan kemudian diinterpretasi untuk mengetahui sebaran air tanah di lokasi pengukuran. Dari penampang-penampang tersebut dapat dilakukan penafsiran jenis lapisan batuan penyusun pada setiap titik pengukuran berdasarkan sebaran kesamaan nilai resistivitasnya.

Daerah Rimba Panjang memiliki keadaan tanah yang bergambut dangkal. Namun setelah dilakukan penelitian tidak semua daerah yang diteliti bertanah gambut. Daerah lintasan 1 mengandung lapisan gambut hanya sedikit disebabkan oleh penimbunan. Sedangkan pada lintasan 2, daerah tersebut memiliki lapisan gambut disepanjang permukaan lintasan yang disebabkan daerah lintasan 2 bukan daerah timbunan.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas Konfigurasi Dipole-dipole di Perumahan Graha Mustamindo Permai 3, Desa Rimba Panjang, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar dapat disimpulkan bahwa air tanah didaerah tersebut mempunyai nilai resistivitas berkisar antara (51,8 – 5.879)  $\Omega$ m pada kedalaman  $\pm$  4,5 meter dibawah permukaan tanah yang menyebar sepanjang  $\pm$  70 meter dari arah selatan ke arah utara dengan ketebalan  $\pm$  10,7 meter. Berdasarkan nilai resistivitas lapisan penyusun akuifer pada lintasan 1 dan lintasan 2 diduga merupakan campuran dari pasir dan kerikil dalam air tawar, dan air dalam akuifer alluvial yang diduga berasal dari endapan sedimen yang terbawa oleh arus sungai dan terkumpul dalam jangka waktu yang lama.

## REFERENSI

- Fitriani, R., Muhammad, J., & Rini, A. S. (2020). Investigation of the distribution of aquifers and groundwater quality in the Village of Rimbo Panjang, Kampar District. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 8–15.
- Pertiwi, M., Muhammad, J., Farma, R., & Saktioto, S. (2020). Analysis of shallow well depth prediction: A study of temporal variation of GRACE satellite data in Tampan District-Pekanbaru, Indonesia. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 27–36.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics: Second Editon*. USA: Cambridge University Press.
- Sedana, D. & Tanauma, A. (2015). Pemetaan akuifer air tanah di jalan ringroad kelurahan malendeng dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis. *Jurnal ilmiah sains*, **15**(1), 33–37.
- Nurshafni, E., Farid, F., Samsidar, S., & Handayani, L. (2019). pemetaan air tanah pada lahan kering di RT 05 Desa Muaro Pijoan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **16**(1), 40–45.
- Sapitri, T. E. & Malik, U. (2020). Identifikasi air tanah di Perumahan Graha Mustamindo Permai 3 menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(3), 150–154.
- Ikhsan, M., Farid, F., Samsidar, S., & Handayani, L. (2018). penentuan struktur tanah sebagai dasar uji kelayakan kekuatan bangunan perumahan di Muaro Jambi menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(2), 139–145.
- Siregar, D. I., Juandi, M., & Edisar, M. (2018). Penyelidikan kebocoran pipa bawah tanah menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner-Schlumberger berdasarkan model fisis skala laboratorium. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(1), 1–5.
- Singh K. B., Lokhande R. D., & Prakash A. (2004). Multielectrode resisitivy imaging technique for the study of coal seam. *Jurnal of Scientific and Industrial Research*, **63**, 927–930.
- Ezeh, C. C. & Ugwu, G. Z. (2010). Geoelectrical sounding for estimating groundwater potential in Nsukka LGA Enugu State, Nigeria. *International Journal of Physical Sciences*, **5**(5), 415–420.



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

# INTERPRETASI LAPISAN BAWAH PERMUKAAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DAN GEOKIMIA: STUDI KASUS TPA MUARA FAJAR RUMBAI

Alifia Putri Yasmin\*<sup>1</sup>, Juandi M\*<sup>2</sup>

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: <sup>1</sup>alifiaputriyasmin99@gmail.com; <sup>2</sup>juandi@lecturer.unri.ac.id

## ABSTRACT

*The need for water daily is a big problem for people living around Muara Fajar Final Processing Place (TPA) – Rumbai. This study aims to identify the depth of subsurface structures around the Muara Fajar landfill area using the Schlumberger configuration dielectric method and determine the water quality in the community wells around the landfill site. The data obtained in the acquisition process are used to calculate the apparent resistivity value at each measurement point and analyzed quantitatively and qualitatively. Then proceed with the inversion process using the progress program so that obtained resistivity value and layer thickness at each point of measurement. The results of measurement inline 1 get a range of resistivity values ranging from 961.19 – 2.10  $\Omega$ m and line 2 of 109.31 – 31.15  $\Omega$ m. Underground water taken is residents well water in the research area as many as 5 sample points using GPS. This underground water sample will be tested with parameters such as pH, TDS, Conductivity, Salinity, and Turbidity. Underground water cannot be consumed from the results of the water quality test with the parameters mentioned at the beginning if referring to the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia because the pH obtained in all underground water samples is < 6.5 or acidic, the value of the conductivity exceeds the quality standard, and high dominant salinity value. As for the TDS and Turbidity parameters, the values are by the quality standard.*

**Keywords:** Subsurface, Geoelectrics, Schlumberger Configuration, Water Quality.

## ABSTRAK

*Kebutuhan air menjadi masalah utama bagi warga sekitar daerah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Muara Fajar Rumbai Pekanbaru. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan daerah sekitar TPA Muara Fajar dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger dan menentukan kualitas air pada sumur warga di sekitar TPA tersebut. Hasil data yang didapat pada proses penelitian berfungsi untuk menghitung nilai resistivitas semu pada setiap lintasan pengukuran dan dianalisa baik secara kuantitatif dan kualitatif. Pengolahan data menggunakan Software Progress v3.0 sehingga didapatkan nilai resistivitas dan ketebalan lapisan pada setiap lintasan pengukuran. Hasil pengukuran pada lintasan 1 mendapatkan rentang nilai resistivitas berkisar 961,19 – 2,10  $\Omega$ m dan lintasan 2 pada 109,31 – 31,15  $\Omega$ m. Air bawah tanah yang diambil adalah air sumur warga pada daerah penelitian sebanyak 5 titik sampel menggunakan GPS. Sampel air bawah tanah ini akan diuji dengan parameter seperti pH, TDS, Konduktivitas, Salinitas, dan Kekeruhan. Air bawah tanah belum dapat dikonsumsi dari hasil uji kualitas air dengan parameter-parameter yang telah disebutkan sebelumnya jika merujuk dari Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia dikarenakan pH yang didapat pada semua sampel air bawah tanah bernilai < 6,5 atau bersifat asam, nilai konduktivitas yang melebihi standart baku mutu, dan nilai salinitas yang dominan tinggi. Sementara untuk parameter TDS dan Kekeruhan memiliki nilai sesuai dengan standart baku mutu.*

**Kata kunci:** Lapisan Bawah Permukaan, Geolistrik, Konfigurasi Schlumberger, Kualitas Air.

Diterima 03-09-2020 | Disetujui 31-01-2021 | Dipublikasi 31-03-2021

## PENDAHULUAN

Pencemaran Aktivitas fungsional Tempat pembuangan akhir (TPA) telah menimbulkan limbah berupa limbah cair, padat, gas, debu, dan kebisingan. Menurut warga sekitar, keberadaan TPA Muara Fajar telah menimbulkan beberapa masalah seperti kebisingan dan juga air sumur gali yang tercemari oleh limbah cair. Proses pengolahan sampah di TPA Muara Fajar Pekanbaru berlangsung secara rutin setiap harinya, yang artinya lindi juga dihasilkan secara kontiniu. Air permukaan dan juga air hujan yang berada disekitar penampungan lindi dan penimbunan sampah TPA akan mengalami proses perembesan ke dalam lapisan bawah tanah dan sebagian lainnya akan mengalir di permukaan. Air yang terkena dampak dari rembesan tersebut akan mengakibatkan gangguan kesehatan dan kenyamanan bagi konsumen [1].

TPA Muara Fajar Pekanbaru mulai beroperasi sejak tahun 1985 dengan luas areal efektif  $\pm 8,6$  hektar, dan dapat menampung sampah  $1.722 \text{ m}^3/\text{hari}$ . TPA Muara Fajar Pekanbaru mengolah 90% sampah dengan sistem *Open Dumping* atau sistem terbuka, dan 10% dengan *Controlled Landfill* atau sistem timbun terkendali [2]. Kedua sistem tersebut mempercepat proses diuraikannya sampah oleh mikroba tanah dan memproduksi air lindi. Air hujan yang melintasi air lindi meresap dan mengalir kelapisan tanah bagian bawah, sehingga air bawah tanah lebih mudah tercemar [3].

Air lindi merupakan sumber pencemaran air bawah tanah dan air permukaan. Akibatnya mempengaruhi sifat fisik, kimia, dan mikrobiota air. Sehingga mengakibatkan karakteristik air menurun [4]. Kualitas air yang menurun akibat dari akumulasi lindi mengakibatkan tercemarnya air tanah di sekitar TPA, seperti sumur penduduk sebagai asal dari air baku (air untuk masak, minum, mandi, dan mencuci). Akan tetapi, masyarakat sekitar TPA Muara Fajar sudah mengolah sumur mereka dengan cara membetonnya, atau yang biasa kita dengar dengan sebutan sumur cincin. Hal

tersebut meminimalisir proses rembesan baik saat hujan maupun rembesan biasa.

Sumur yang dibuat masyarakat sekitar TPA belum menjamin bahwa air yang mereka gunakan memiliki nilai kualitas yang baik. Air yang tercemar tidak dapat dinilai hanya melalui permukaan luar. Pentingnya penyelidikan permukaan tanah memberikan gambaran mengenai lokasi keberadaan air tersebut [5]. Metode geolistrik merupakan salah satu metode yang digunakan untuk penyelidikan air tanah.

Geolistrik merupakan metode pendeteksi sifat aliran listrik di dalam bumi yang di eksplorasi dari permukaan [6]. Metode ini terdiri dari pengukuran arus listrik, potensial, dan medan elektromagnetik yang terjadi, baik secara injeksi arus ke bawah permukaan maupun secara alamiah [7]. Metode geolistrik merupakan metode yang memiliki hasil yang cukup baik sehingga sering digunakan [8,9]. Perbedaan jenis material memiliki tahanan jenis yang berbeda pula. Salah satu metode geolistrik yang sering digunakan pada prediksi keadaan geologi dan pengukuran aliran listrik adalah metode resistivitas atau tahanan jenis [10,11].

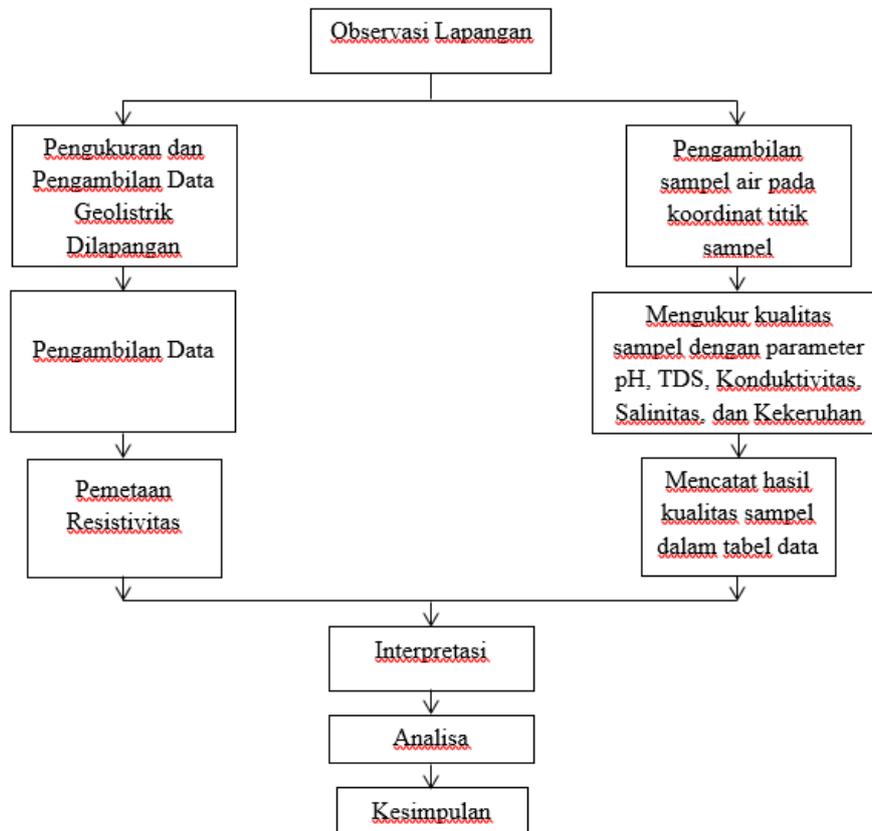
Metode resistivitas atau metode tahanan jenis memanfaatkan perbedaan nilai resistivitas pada setiap lapisannya baik nilai resistivitas batuan maupun resistivitas tanah bawah permukaan untuk mendeteksi struktur geologi atau struktur batuan di bawah permukaan. Jenis batuan yang ada menentukan taraf permeabilitas aquifer [12]. Hal tersebut yang akan mengetahui zat pencemar yang masuk kedalam air bawah tanah dan kualitasnya semakin berkurang. Dengan adanya hal demikian, penulis ingin melakukan penelitian dengan tujuan :

1. Menghitung nilai resistivitas dan menganalisa litologi lapisan bawah permukaan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger di TPA Muara Fajar, Rumbai, Pekanbaru.
2. Menentukan kualitas air berdasarkan kandungan pH, TDS, konduktivitas, salinitas, dan kekeruhan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini membahas mengenai proses pengolahan data geolistrik resistivitas menggunakan perangkat lunak atau *software Progress v3.0* sehingga didapatkan penampang resistivitas yang mempresentasikan lapisan bawah permukaan. Metode geolistrik

konfigurasi Schlumberger berguna untuk menganalisis lapisan bawah permukaan yang dihasilkan. Selanjutnya pada penelitian ini dibahas mengenai kualitas air dengan mengambil 5 sampel air sumur warga pada titik koordinat yang berbeda dan akan di uji parameter pH, TDS, konduktivitas, salinitas, dan kekeruhan.



Gambar 1. Susunan metode penelitian.

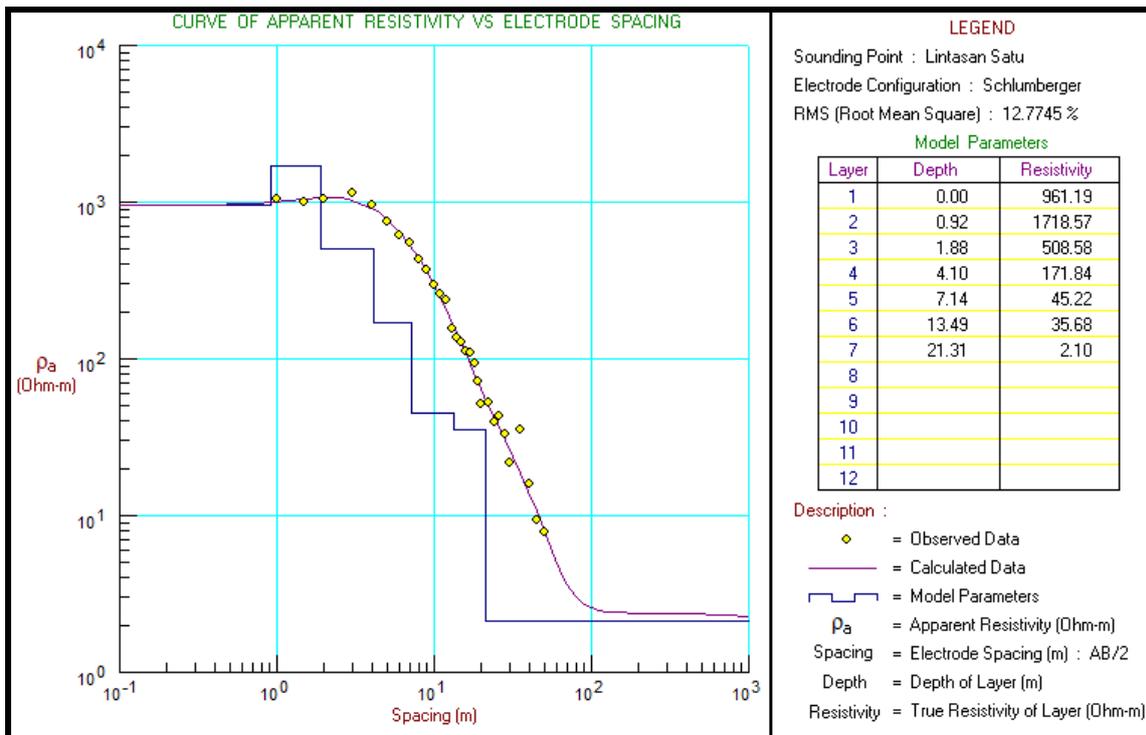
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lapisan bawah permukaan serta untuk mengetahui kualitas air tanah.

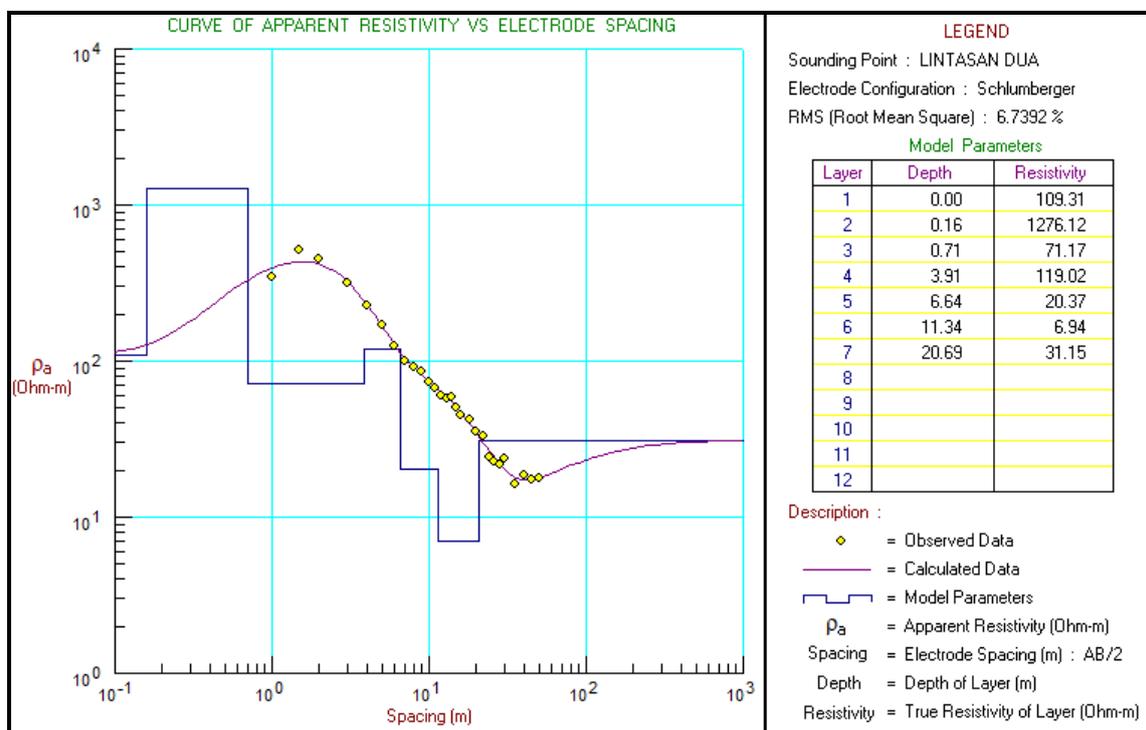
### Interpretasi Data Resistivitas dan Litologi Lintasan 1

Hasil perhitungan dan pengolahan data dengan *software progress* untuk metode schlumberger diperoleh nilai RMS-error sebesar 12,77% dengan kedalaman maksimal 32 m. Nilai resistivitas lapisan bawah permukaan berkisar dari 961,19 – 2,10  $\Omega\text{m}$ . Lapisan

pertama dengan nilai resistivitas 961,19  $\Omega\text{m}$  dari permukaan hingga kedalaman 0,92 m diinterpretasikan sebagai lapisan pasir dan kerikil, lapisan kedua dengan nilai resistivitas 1718,57  $\Omega\text{m}$  pada kedalaman 0,92 – 1,88 m diinterpretasikan sebagai batu pasir. Lapisan ketiga dengan nilai resistivitas 508,58  $\Omega\text{m}$  dan 171,84  $\Omega\text{m}$  pada kedalaman 1,88 – 7,14 m diinterpretasikan merupakan lapisan pasir. Lapisan keempat merupakan lapisan lempung berpasir dengan nilai resistivitas 45,22  $\Omega\text{m}$  dan 35,68  $\Omega\text{m}$  pada kedalaman 7,14 – 21,31 m, dan lapisan terakhir dengan nilai resistivitas 2,10  $\Omega\text{m}$  pada kedalaman 21,31 – 32 m diinterpretasikan sebagai batuan permeabel.



Gambar 2. Resistivitas litologi lintasan 1.



Gambar 3. Resistivitas litologi lintasan 2.

### Interpretasi Data Resistivitas dan Litologi Lintasan 2

Hasil perhitungan dan pengolahan data dengan *software progress* untuk metode schlumberger diperoleh nilai RMS-error sebesar

6,7392% dengan kedalaman maksimal 31 m. Harga resistivitas lapisan tanah di lintasan kedua ini berkisar antara 109,31 – 31,15 Ωm. Lapisan tanah pertama di lokasi pengukuran dengan nilai resistivitas 109,31 Ωm dan 1276,12 Ωm pada kedalaman 0 – 0,71 m

diinterpretasikan sebagai lapisan tanah penutup. Lapisan kedua dengan nilai resistivitas 71,17  $\Omega$ m diinterpretasikan sebagai lapisan lempung pada kedalaman 0,71 – 3,91 m. Lapisan selanjutnya adalah lapisan pasir dan kerikil dengan nilai resistivitas 119,02  $\Omega$ m pada kedalaman 3,91 – 6,64 m. Lapisan keempat dengan nilai resistivitas 20,37  $\Omega$ m dan 6,94  $\Omega$ m diinterpretasikan sebagai lapisan lempung berpasir pada kedalaman 6,64 – 20,69 m, dan lapisan terakhir dengan nilai resistivitas 31,15  $\Omega$ m diinterpretasikan sebagai batuan permeabel pada kedalaman 20,69 – 31 m.

### Analisa pH, TDS, Konduktivitas, Salinitas, dan Kekeruhan

Standart Baku Mutu Parameter pH air normalnya berkisar 6,5 – 8,5 dan TDS maksimal 1000 mg/l, konduktivitas (0,02 – 12,5) mS/cm, salinitas  $0,5 > x > 40$  ppt, dan kekeruhan maksimal 25 NTU. Hasil uji sampel air berdasarkan 5 parameter tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil uji sampel air.

No	pH	TDS	Cond	Salt	Turb
1	4.56	11	11	11	0.28
2	5.62	71	122	60	0.12
3	3.57	274	390	261	1.63
4	5.6	27	41	20	0.73
5	6.31	52	73	32	3.91

Pengukuran sampel air menghasilkan pH pada semua sampel bersifat asam ( $\text{pH} < 6,5$ ). Air yang bersifat asam memiliki kadar pH yang rendah dan berakibat kepada kesehatan makhluk hidup yang mengonsumsinya. Pipa saluran air yang berbahan logam juga akan mengalami korosi dan akibatnya air yang melintasi pipa tersebut akan menyimpan logam terlarut.

Tabel 1 memperlihatkan nilai rata-rata hasil pengukuran zat padat terlarut pada sumur warga di sekitar TPA Muara Fajar yang paling tinggi yaitu 274 mg/l dan terendah 11 mg/l. Sesuai dengan Permenkes Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 bahwa kadar maksimum nilai TDS untuk air bersih adalah

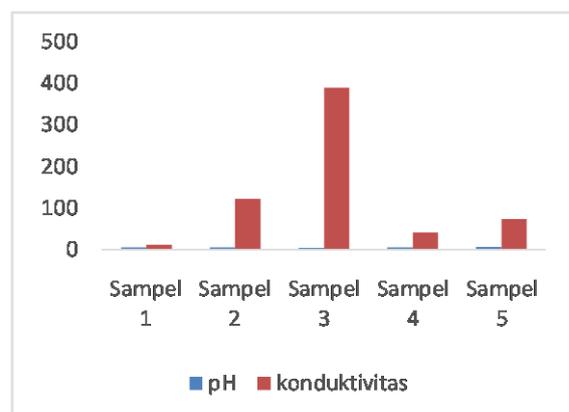
1000 mg/l, maka air yang berada pada sumur warga masih tergolong layak untuk digunakan.

Nilai konduktivitas yang didapat dari hasil penelitian ini berada jauh diatas standart baku mutu maksimum konduktivitas air bersih. Standart baku mutu konduktivitas maksimum untuk air bersih adalah 12,5 mS/cm dan nilai standart minimumnya adalah 0,02 mS/cm. Kandungan ion anorganik (TDS) dalam air mempengaruhi nilai konduktivitas. Semakin bersih air maka nilai konduktivitas akan semakin rendah dan semakin bersih air maka kualitas air akan semakin meningkat. Kedua analogi tersebut merupakan kriteria pengukuran nilai konduktivitas untuk mengidentifikasi kualitas air.

Menurut Purwanti *et al.*, (2006), klasifikasi tingkat salinitas air tanah terbagi atas air tawar dengan nilai salinitas  $< 0,5$  ppt, air payau dengan nilai salinitas berkisar antara 0,5 – 30 ppt, air asin memiliki nilai salinitas 30 – 50 ppt dan air sangat asin atau air laut memiliki salinitas  $> 40$  ppt. Berdasarkan klasifikasi tersebut, maka air sumur warga pada sampel 1 dan 4 termasuk ke dalam air payau, sampel 5 termasuk kedalam air asin, sampel 2 dan 3 termasuk kedalam air sangat asin.

Hasil yang diperoleh untuk tingkat kekeruhan sumur masyarakat di sekitar TPA Muara Fajar tergolong layak digunakan karena nilai hasil pengukuran jauh di bawah standart baku mutu yang telah ditetapkan.

### Hubungan Konduktivitas dengan pH

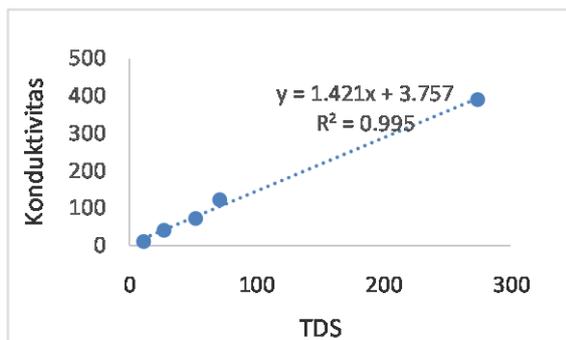


**Gambar 4.** Grafik hubungan konduktivitas dengan pH.

Nilai korelasi antara konduktivitas dan pH menunjukkan bahwa hubungannya cukup kuat dan berlawanan arah. Semakin kecil nilai pH, semakin besar nilai konduktivitasnya. pH yang bersifat terlalu asam mengandung proses pembusukan dan hasil fermentasi bahan-bahan organik serta ion yang dapat menghantarkan listrik. Oleh karena itu, semakin asam air akan semakin mudah proses konduktivitas terjadi.

### Hubungan Konduktivitas dengan TDS

Gambar 5 menjelaskan bahwa nilai konduktivitas listrik memiliki hubungan yang linier dengan TDS. Meningkatnya TDS beriringan dengan meningkatnya nilai konduktivitas. Hayashi (2004) telah melangsungkan penelitian yang membuktikan adanya hubungan antara konduktivitas listrik dengan TDS [13]. Konduktivitas dengan TDS mempunyai hubungan yang cukup kompleks, tergantung pada bahan penyusun kimia dan kemampuan ion dalam larutan tersebut.

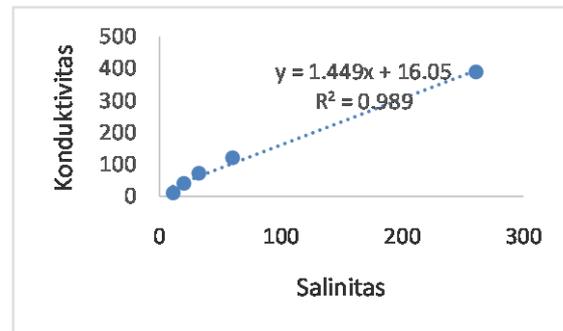


**Gambar 5.** Grafik hubungan konduktivitas dengan TDS.

### Hubungan Konduktivitas dengan Salinitas

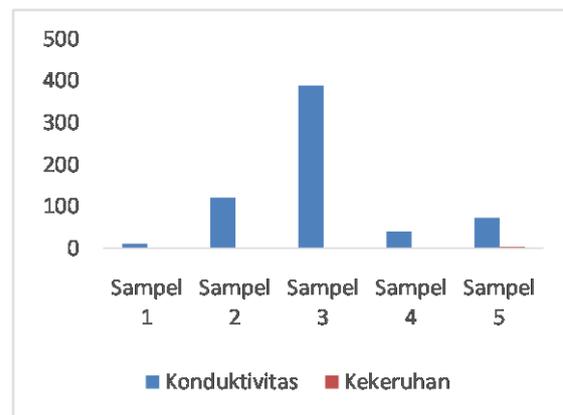
Konduktivitas terhadap salinitas memiliki hubungan linier positif, yang artinya semakin tinggi nilai konduktivitas maka nilai salinitas semakin tinggi pula. Nilai salinitas menjelaskan jumlah kandungan garam dalam suatu larutan, yang berarti semakin tinggi nilai salinitas akan semakin besar pula garam yang terkandung di dalamnya. Besarnya konduktivitas pada suatu perairan menunjukkan bahwa perairan tersebut memiliki sifat kelistrikan, jadi

semakin tinggi nilai konduktivitas maka semakin tinggi pula kadar garamnya.



**Gambar 6.** Grafik hubungan konduktivitas dengan Salinitas.

### Hubungan Konduktivitas dengan Kekeruhan



**Gambar 7.** Grafik hubungan konduktivitas dengan kekeruhan.

Penyebab kekeruhan yang sering terjadi disebabkan karena tingginya debit limbah bahan organik dan non-organik yang terlarut dan tersuspensi. Tingginya padatan tersuspensi akan selalu berbanding lurus dengan tingkat kekeruhan, akan tetapi kekeruhan tidak selalu berakibat dari tingginya padatan terlarut. Untuk beberapa kasus, kekeruhan yang terjadi pada perairan menjelaskan adanya kandungan TDS perairan yang tinggi. Semakin tinggi nilai TDS yang terkandung dalam air maka semakin keruh pula perairan dan mengakibatkan adanya hubungan yang berbanding lurus dengan konduktivitas listrik. Akan tetapi beberapa kasus lainnya tidak terjadi hal yang demikian. Perairan keruh tidak memiliki nilai TDS yang tinggi dan hubungannya berbanding terbalik

dengan konduktivitas listrik. Dari uraian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa kekeruhan tidak memiliki hubungan yang cukup jelas dengan konduktivitas listrik.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran resistivitas di sekitar TPA Muara Fajar, Rumbai, Pekanbaru, untuk lintasan 1 nilai resistivitas lapisan tanah berkisar antara  $961,19 \Omega\text{m} - 2,10 \Omega\text{m}$  dengan kedalaman maksimal 32 m, dan untuk lintasan 2 nilai resistivitas lapisan tanah berkisar  $109,31 \Omega\text{m} - 31,15 \Omega\text{m}$  dengan kedalaman maksimal 31 m. Sedangkan untuk litologi lapisan yaitu kerikil, pasir, dan lempung. Kualitas air pada sumur warga di sekitar TPA Muara Fajar tergolong tidak layak untuk digunakan. Hal tersebut disebabkan karena adanya dari beberapa parameter pengujian yang tidak sinkron dengan standart baku mutu yang telah ditetapkan.

## REFERENSI

1. Azwar, A. H. (1996). Reliabilitas dan validitas. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
2. Departemen Kesehatan RI. (2004). Pengkajian kuantitatif rumah tangga sehat dengan metode survey cepat seri 1. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.
3. Slamet, J. S. (1994). Kesehatan lingkungan. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
4. Juandi, M. (2009). Analisa pencemaran air tanah berdasarkan metode geolistrik studi kasus tempat pembuangan akhir sampah Muara Fajar Kecamatan Rumbai. *Jurnal Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau*.
5. Juandi, M. (2011). penyelidikan pola sebaran limbah deterjen bawah permukaan tanah dengan aplikasi geolistrik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 5(1).
6. Juandi, M., Malik, U., & Leonardo, M. (2018). Analisa tingkat pencemaran air bawah tanah dengan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 15(1), 23–27.
7. Sapitri, T. E. & Malik, U. (2020). Identifikasi Air Tanah di Perumahan Graha Mustamindo Permai 3 Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 17(3), 150–154.
8. Susoso, A., Juandi, M., Dewi, R., & Malik, U. (2019). Interpretasi akuifer dangkal dan dalam dengan menggunakan metode invers smoothness-constraint least squares data geolistrik konfigurasi Schlumberger di PLTU Tenayan Raya. *Aptek*, 11(2), 130–137.
9. Fitriani, R., Muhammad, J., & Rini, A. S. (2020). Investigation of the distribution of aquifers and groundwater quality in the village of Rimbo Panjang, Kampar District. *Science, Technology & Communication Journal*, 1(1), 8–15.
10. Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). Applied geophysics: Second editon. USA: Cambridge University Press.
11. Pertiwi, M., Muhammad, J., Farma, R., & Saktioto, S. (2020). analysis of shallow well depth prediction: A study of temporal variation of GRACE satellite data in Tampan District-Pekanbaru, Indonesia. *Science, Technology & Communication Journal*, 1(1), 27–36.
12. Juandi, M. (2009). Analisis pencemaran limbah berdasarkan nilai resistivitas. *Journal of Environmental Science*, 1(4), 36–45.
13. Hayashi, M. (2004). Temperature-electrical conductivity relation of water for environmental monitoring and geophysical data inversion. *Environmental monitoring and assessment*, 96(1), 119–128.



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## PENENTUAN NILAI SUSEPTIBILITAS DAN UKURAN PARTIKEL MAGNETIK PASIR PATAI KATA PARIAMAN SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN METODE BALL MILLING

Annisa Alhasna Kurnia\*, Antonius Surbakti

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [annisa.kurnia382@gmail.com](mailto:annisa.kurnia382@gmail.com)

### ABSTRACT

*Determination of magnetic properties and magnetic particle size of sand from Kata Pariaman Beach, West Sumatera have been carried out using Pasco Magnetic Probe and scanning electron microscope (SEM) method. Sand samples that have been dried beforehand are then synthesized using two stage ball milling, namely 40 hours first stage, and second stage as a function of 10, 20, 30, and 40 hours with an iron ball with a diameter of 1.5 cm. The results showed that the value of magnetic susceptibility and mass susceptibility increases as milling time increases. The magnetic and mass susceptibility values obtained included iron oxide particles such as Magnetite  $Fe_3O_4$ , hematite and maghemite with a value interval of 20,000 to 110,000. The results of the x-ray fluorescence (XRF) test showed the composition of Fe and Ti increased after ball milling, while other elements such as Si decrease. The results of the study particle size by SEM had a small size with increasing ball milling time from 10, 20, 30, and 40 hours.*

**Keywords:** Sand Beach, Magnetic Susceptibility, Mass Susceptibility, Ball Milling.

### ABSTRAK

*Penentuan tentang sifat magnetik dan ukuran partikel magnetik pasir Pantai Kata Pariaman, Sumatera barat telah dilakukan menggunakan Probe Magnetik Pasco dan metode scanning electron microscope (SEM). Sampel pasir yang telah dikeringkan terlebih dahulu kemudian disintesis menggunakan ball milling dua tahap yaitu tahap pertama 40 jam, dan tahap kedua sebagai fungsi waktu 10, 20, 30, dan 40 jam dengan bola besi berdiameter 1,5 cm. Hasil penelitian menunjukkan nilai suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa meningkat dengan bertambahnya waktu ball milling. Nilai suseptibilitas magnetik dan massa yang diperoleh termasuk partikel oksida besi seperti Magnetite  $Fe_3O_4$ , hematite dan maghemite dengan interval nilai 20.000 sampai dengan 110.000. Hasil uji x-ray fluorescence (XRF) menunjukkan komposisi Fe dan Ti meningkat setelah ball milling, sementara elemen lainnya seperti Si mengalami penurunan. Hasil penelitian ukuran partikel oleh SEM memiliki ukuran yang kecil dengan bertambahnya waktu ball milling dari 10, 20, 30, dan 40 jam.*

**Kata kunci:** Pasir Pantai, Suseptibilitas Magnetik, Suseptibilitas Massa, Ball Milling.

Diterima 08-09-2020 | Disetujui 31-01-2021 | Dipublikasi 31-03-2021

### PENDAHULUAN

Pasir pantai merupakan pasir yang diambil dari tepian pantai, pasir ini umumnya memiliki karakteristik butiran yang halus dan bulat, susunan besar butiran yang seragam serta mengandung garam-garam [1]. Pasir besi memiliki fase magnetik seperti magnetite ( $Fe_3O_4$ ) hematite ( $\alpha-Fe_2O_3$ ), maghemite ( $\gamma-Fe_2O_3$ ). Partikel  $Fe_3O_4$  dalam ukuran nanometer

memeiliki nilai magnetisasi saturasi yang tinggi dan koersifitas yang rendah dan tidak dipengaruhi oleh medan magnet dari luar. Oksida besi merupakan suatu bahan yang dapat diaplikasikan seperti pigmen industri [2], dan prekursor film tipis [3]. Partikel oksida besi di era baru seperti sekarang ini telah digunakan untuk tujuan lingkungan [4,5], target pengiriman obat [6], dan media penyimpan data [7]. Metode untuk mendapatkan ukuran partikel

magnetik diantaranya: kopresipitasi [8], dan *ball milling* [9]. Metode *ball milling* merupakan salah satu metode yang baik dari berbagai bahan dan kesederhanaannya, serta ramah lingkungan dalam level skala industri [10,11]. Sampel pasir Pantai Kata Pariaman, Sumatera Barat yang disintesis menggunakan *ball milling* dengan tujuan memperoleh partikel magnetite sebelum diolah menjadi suatu produk [12]. Pengukuran nilai induksi magnetik menggunakan Probe Magnetic Pasco dan *scanning electron microscope* (SEM), serta komposisi partikel magnetik menggunakan *X-ray fluorescence* (XRF).

## METODE PENELITIAN

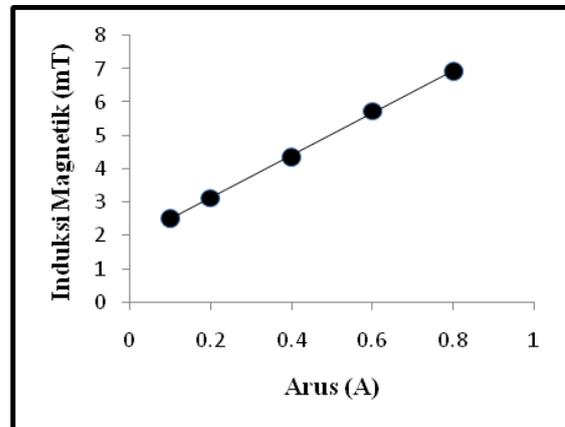
Sampel berupa pasir diambil dari Pantai Kata Pariaman, Sumatera Barat. Sampel diambil untuk 5 titik lokasi dengan metode zigzag dimana untuk satu lokasi ada 4 titik pengambilan sampel yaitu titik 1, 2, 3, 4, masing-masing titik diambil 1,5 kilogram pasir pantai, maka total jumlah sampel yang diambil sebanyak 30 kilogram. Sampel dikeringkan dibawah sinar matahari dengan tujuan agar sampel benar-benar kering. Sampel yang telah melewati proses pengeringan, dimasukkan kedalam *iron sand separator* (ISS) untuk memisahkan elemen magnetik dan non magnetik yang akan menghasilkan konsentrat 1, hal ini dilakukan hanya 1 kali proses. Hasil konsentrat ini selanjutnya diproses dengan metode *ball milling* selama 40 jam dengan menggunakan bola bersi berdiameter 1,5 cm, dengan tujuan menghancurkan konsentrat tersebut. Produk *ball milling* tersebut dipisahkan antara elemen magnetik dan non magnetik diperoleh dengan magnet kuat Niodinium Iron Boron (NdFeB). Partikel magnetik ini akan didapat konsentrat 2, masing-masing 2A, 2B, 2C, 2D, 2E. Konsentrat 2 selanjutnya digabung menjadi satu sampel, kemudian sampel dibagi menjadi 4 bagian yang sama untuk *ball milling* lanjutan (dua tahap) sebagai fungsi waktu yaitu 10, 20, 30, dan 40 jam dengan menggunakan bola besi berdiameter 1,5 cm. Produk ini dinamakan

konsentrat 3 diukur nilai induksi magnetik, suseptibilitas magnetik dan massanya serta karakterisasi menggunakan XRF dan SEM.

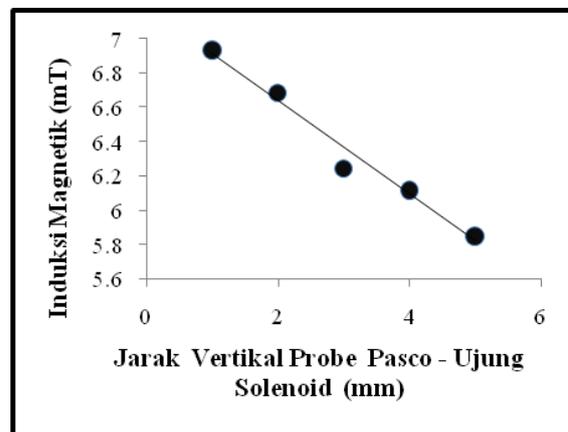
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengukuran Induksi Magnetik

Pengukuran induksi magnetik solenoid tanpa inti dilakukan sebagai fungsi arus dan fungsi jarak. Pengukuran induksi magnetik solenoid tanpa inti sebagai fungsi arus yang diberikan 0,1 A, 0,2 A, 0,4 A, 0,6 A, 0,8 A dengan jarak tetap 1 mm dan pengukuran induksi magnetik solenoid tanpa inti sebagai fungsi jarak yang diberikan 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm dan arus tetap 0,8 A.



**Gambar 1.** Grafik hubungan induksi magnetik solenoid sebagai fungsi arus pada jarak tetap 1 mm dari ujung tengah solenoid.

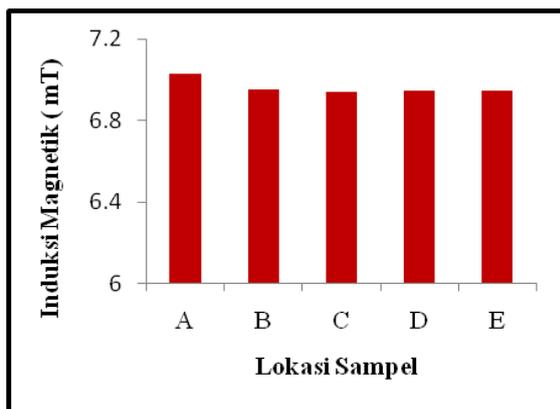


**Gambar 2.** Grafik hubungan antara induksi magnetik solenoid tanpa inti sebagai fungsi jarak pada arus tetap 0,8 A.

Gambar 1 menampilkan nilai induksi magnetik yang meningkat, hal ini pengukuran antara ujung Probe Magnetic Pasco dan ujung solenoid yang mengakibatkan besar arus yang dialirkan dari solenoid semakin besar, dapat dikatakan bahwa arus listrik berbanding lurus dengan nilai induksi magnetik solenoid, dan besar fluks magnetik yang ditimbulkannya [13].

Gambar 2 menampilkan induksi magnetik menurun secara linear yang terjadi karena nilai induksi berbanding terbalik dengan jarak, dimana jarak solenoid terhadap alat sensor Probe Magnetic Pasco yang jauh akan menimbulkan induksi magnetik yang semakin kecil kerapatan fluks magnetnya. Induksi magnetik yang terbentuk diluar solenoid lebih lemah, sehingga memiliki garis-garis gaya magnet membentuk lingkaran tertutup [13].

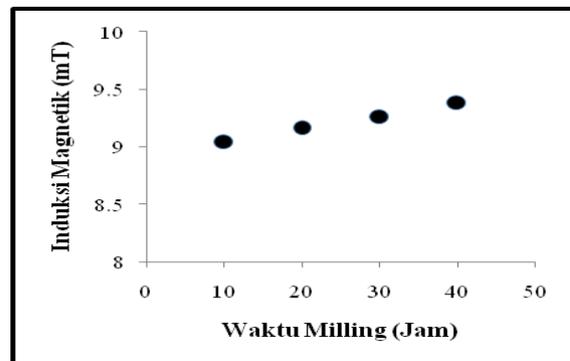
Pengukuran induksi magnetik solenoid dengan inti pasir pantai sebelum dilakukan pemisahan dengan Iron Sand Separator pada arus 0,8 A dan jarak 1 mm diberikan melalui grafik pada Gambar 3 berikut ini.



**Gambar 3.** Grafik arus listrik terhadap induksi magnetik solenoid rata-rata pasir Pantai sebelum pemisahan menggunakan ISS dengan arus 0,8 A untuk jarak 1 mm.

Gambar 3 menunjukkan nilai induksi magnetik untuk setiap lokasi menunjukkan interval 6,939 mT sampai 7,026 mT, hal ini disebabkan kandungan partikel magnetik setiap sampel masih dalam keadaan murni. Solenoid yang terisi pasir didalam inti selenoid memiliki kuat medan magnet yang lebih besar, hal ini disebabkan karena pasir besi telah terinduksi menjadi magnet atau telah termagnetisasi [14].

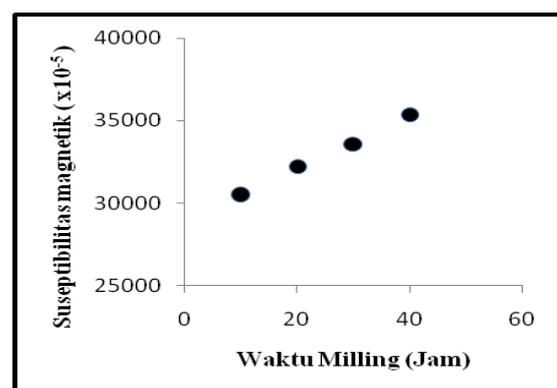
Sampel pasir A, B, C, D, E digabung untuk dihaluskan menggunakan *ball milling* selama 40 jam, hasil konsentrat ini memiliki ukuran partikel yang lebih besar, maka digunakan *ball milling* lanjutan (*ball milling* dua Tahap) sebagai fungsi waktu 10 sampai 40 jam dengan bola besi berdiameter 1,5 cm. Nilai induksi magnetik berdasarkan fungsi waktu *milling* diberikan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik hubungan antara induksi magnetik total dengan waktu *ball milling* dua tahap pada arus 0,8 A.

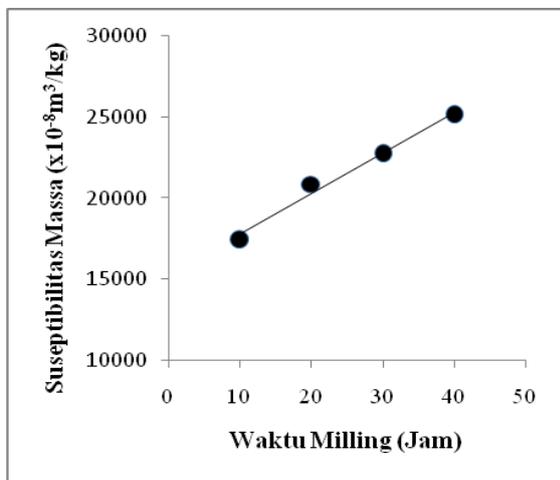
Grafik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil pengukuran yang didapatkan untuk induksi magnetik yang dihasilkan mengalami kenaikan disetiap waktu *milling*, dan hasil konsentrat yang didapatkan memiliki massa hanya sedikit, hal ini disebabkan partikel tersebut telah mengalami konglomerasi, dimana partikel-partikel yang ada didalam konsentrat sudah menjadi satu bagian.

### Suseptibilitas Magnetik dan Massa



**Gambar 5.** Grafik hubungan nilai suseptibilitas magnetik setelah proses *ball milling* dua tahap dengan arus 0,8 A.

Nilai suseptibilitas magnetik diperoleh berdasarkan nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti ( $B_0$ ) dan dengan inti ( $B_T$ ) berupa pasir pantai. Grafik nilai suseptibilitas magnetik dari produk *ball milling* dua tahap sebagai fungsi waktu *milling* ditampilkan pada Gambar 5. Grafik pada Gambar 5 menunjukkan nilai suseptibilitas magnetik meningkat seiring dengan bertambahnya waktu *milling*. Nilai suseptibilitas tertinggi adalah  $35371,30 \times 10^{-5}$  nilai ini diperoleh untuk waktu *milling* paling lama yaitu 40 jam, sedangkan untuk waktu 30 jam, 20 jam, dan 10 jam berturut-turut adalah  $33583,27 \times 10^{-5}$ ,  $32227,82 \times 10^{-5}$ ,  $30468,63 \times 10^{-5}$ . Berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik dari produk *ball milling* tersebut memiliki sifat ilminite ( $FeTiO_3$ ; Antiferromagnetik) dengan rentang nilai suseptibilias magnetik ( $220$  sampai  $380.000$ )  $\times 10^{-5}$  [15].

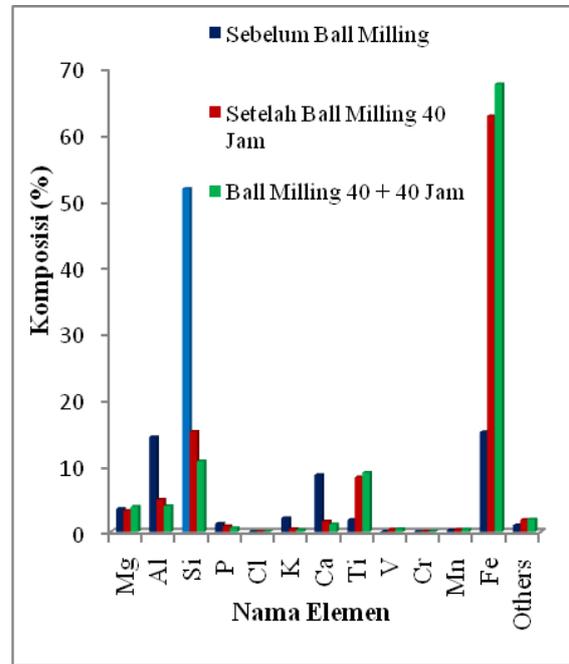


**Gambar 6.** Grafik hubungan nilai suseptibilitas massa sampel sebagai fungsi waktu *milling*.

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas massa meningkat secara linear seiring dengan penambahan waktu *milling*. Nilai suseptibilitas massa sampel untuk waktu 40 jam memiliki nilai tertinggi yaitu  $25121,67 \times 10^{-8} m^3/kg$  dibandingkan dengan konsentrat 30, 20 dan 10 jam. Nilai suseptibilitas massa untuk konsentrat 3 berada pada interval oxide besi yaitu partikel magnetite ( $Fe_3O_4$ ) dengan rentang nilai ( $20000$  sampai  $110000$ )  $10^{-8} m^3/kg$  [15].

## Karakterisasi Menggunakan XRF

Identifikasi komposisi dari pasir Pantai Kata berupa sampel pasir sebelum *ball milling*, setelah *ball milling* 40 jam, dan *ball milling* dua tahap (40 + 40 jam).

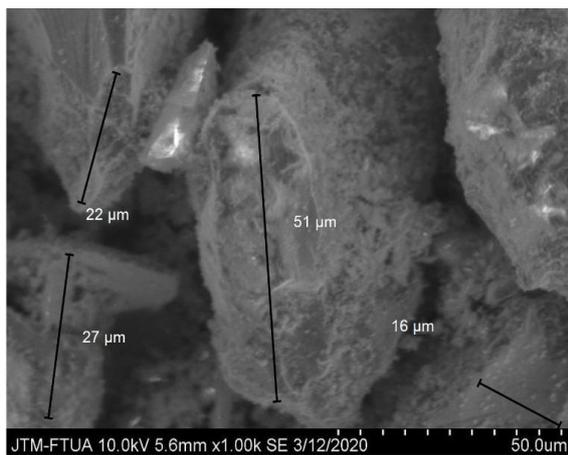


**Gambar 7.** Grafik elemen pada pasir Pantai Kata sebelum, sesudah *ball milling* dan *ball milling* 40 + 40 Jam.

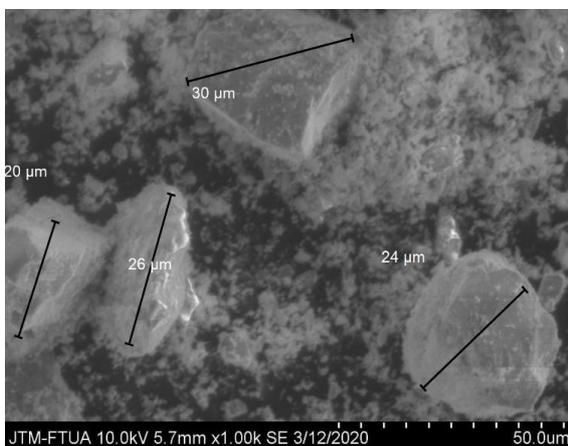
Grafik Gambar 7 menunjukkan elemen Fe mengalami peningkatan yang signifikan sebelum *ball milling* 15,095%, setelah *ball milling* 40 jam nilai konsentrasinya 62,829%, untuk *ball milling* 40 + 40 jam yaitu 67,635%. Elemen Ti, V, Mn juga mengalami peningkatan. Elemen Si mengalami penurunan sebelum di *ball millng* memiliki konsentrasi 51,842%, setelah di *ball milling* menjadi 15,153%, dan untuk *ball milling* 40 + 40 jam nilai elemen Si sudah menjadi 10,686%, hal ini disebabkan karena elemen non magnetik Si sudah terpisah dari elemen magnetik tersebut. Proses karakterisasi XRF ini mengalami peningkatan atau penurunan yang disebabkan adanya pengaruh waktu pada *ball milling*, sehingga butiran besi menjadi lebih kecil [10].

## Karakterisasi Menggunakan SEM

Proses pengambilan gambar dengan SEM sangatlah dipengaruhi oleh jenis sampel dan teknik preparasinya, disamping kemampuan operasional dari operatornya. Komponen utama alat SEM ini adalah lensa-lensa elektromagnetik yang berfungsi memfokuskan berkas elektron menjadi sebuah titik kecil [16]. Hasil karakterisasi sampel pasir Pantai Kata yang telah dihancurkan menggunakan *ball milling* dua tahap dengan fungsi waktu 10 dan 40 jam ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



**Gambar 8.** Bentuk citra foto untuk 40 jam + 10 jam ukuran bola 1,5 cm (perbesaran 1000×).



**Gambar 9.** Bentuk citra foto untuk 40 jam + 40 jam ukuran bola 1,5 cm (perbesaran 1000×).

Hasil bentuk citra foto Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan data atau tampilan yang diperoleh adalah data dari permukaan yang diperoleh adalah data dari permukaan yang tebalnya sekitar 20 μm, dan gambar

permukaan yang diperoleh merupakan topografi dengan lekukan, tonjolan ataupun lubang dari permukaan. Tujuan dari permukaan sampel adalah untuk mempelajari bentuk dan ukuran partikel magnetik yang disintesis menggunakan *ball milling*, hal ini terlihat bahwa partikel-partikel yang memiliki bentuk yang tidak beraturan dan ukuran dari partikel juga menampilkan ukuran yang bervariasi.

Ukuran partikel untuk *ball milling* 40 jam + 10 jam memiliki nilai 16 μm sampai 51 μm memiliki variasi yang cukup lebar, dan ukuran partikel untuk *ball milling* 40 jam + 40 jam memiliki nilai 20 μm sampai 30 μm. Maka secara umum dapat dikatakan bahwa ukuran partikel magnetik sampel pasir Pantai Kata menjadi lebih kecil untuk sampel yang disintesis dalam waktu yang lebih lama yaitu dari 40 jam + 10 jam sampai 40 jam + 40 jam dengan ukuran diameter bola besi yang tetap yaitu 1,5 cm.

## KESIMPULAN

Nilai suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa dari pasir Pantai Kata yang disintesis menggunakan *ball milling* dua tahap sebagai fungsi waktu berada dalam interval oksida besi yaitu  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , dan  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Ukuran partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  diamati dengan menggunakan SEM menjadi lebih kecil dan distribusi ukuran yang merata ketika disintesis menggunakan *ball milling* dua tahap sebagai fungsi waktu. Bentuk dari partikel magnetite hasil *ball milling* dua tahap menampilkan bentuk yang tidak beraturan dan ukuran yang bervariasi.

## REFERENSI

1. Dumyati, A. (2015). Analisis penggunaan pasir Pantai Sampur sebagai agregat halus terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Fropil*, **3**, 1–13.
2. Escobar, D. M., Arroyave, C., Calderón, J., Margarit, I., & Mattos, O. (2007). Paintings pigmented with doped magnetite: Preliminary evaluation of anticorrosive properties. *Revista de la*

- Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, **41**, 21–30.
3. Feng, J. Y., Pashley, R. D., & Nicolet, M. A. (1975). Magnetolectric properties of magnetite thin films. *Journal of Physics C: Solid State Physics*, **8**(7), 1010–1022.
  4. Bakardjieva, S., Stengl, V., Subrt, J., Houskova, V., & Kalenda, P. (2007). Photocatalytic efficiency of iron oxides: degradation of 4-chlorophenol. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, **68**(5-6), 721–724.
  5. Hidayat, T., Dewi, R., & Hamzah, Y. (2021). Effect of Holding Time on Optical Structure Properties of Ba (Zr<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>) O<sub>3</sub> Thin Film Using Sol-Gel Method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 59-66.
  6. Nasongkla, N., Bey, E., Ren, J., Ai, H., Khemtong, C., Guthi, J. S., Chin, S. F., Sherry, A. D., Boothman, D. A., & Gao, J. (2006). Multifunctional polymeric micelles as cancer-targeted, MRI-ultrasensitive drug delivery systems. *Nano letters*, **6**(11), 2427–2430.
  7. Erwin, & Prayitno, A. (2017). Magnetic Exchange Interaction in Cobalt Samarium Thin Films for High Density Magnetic. *Recording Media ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, **12** (12).
  8. Iwasaki, T., Kosaka, K., Watano, S., Yanagida, T., & Kawai, T. (2010). Novel environmentally friendly synthesis of superparamagnetic magnetite nanoparticles using mechanochemical effect. *Materials Research Bulletin*, **45**(4), 481–485.
  9. Chicinas, I. (2006). Soft magnetic nanocrystalline powders produced by mechanical alloying routes. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, **8**(2), 439-448.
  10. Yulia, W. & Erwin, E. (2019). Analisis sifat magnetik dan struktur partikel pasir besi Pantai Arta Pariaman Sumatera Barat menggunakan ball milling. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **16**(2), 107–112.
  11. Vahyra, V. & Salomo, S. (2020). Analisa suseptibilitas magnetik dan kandungan logam berat akibat polutan kendaraan bermotor di beberapa ruas jalan Kota Pekanbaru. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(3), 114–119.
  12. Tipler, P. A. 1998. Fisika untuk sains dan teknik. Jakarta: Erlangga.
  13. Widiyanto, E., Kardiman, & Fauji, N. (2018). Karakterisasi pasir besi alam Pantai Samudra Baru dan pemanfaatannya sebagai filler pada sistem penyaring elektromagnetik. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, **2**, 15–20.
  14. Hunt, C. P., Moskowitz, B. M., Banerjee, S. K. (1995). Magnetic Properties of rocks and minerals. Washington: American Geophysical Union.
  15. Harahap, V., & Harahap, M. H. (2013). Pengaruh karakteristik Pasir Merah Labuhan Batu Selatan terhadap sifat mekanik (uji SEM, difraksi sinar x, uji dampak) dari beton. *EINSTEIN (e-Journal)*, **1**(2).
  16. Saputrina, T. T., Iwantono, I., Awitdrus, A., & Umar, A. A. (2020). Performances of dye-sensitized solar cell (DSSC) with working electrode of aluminum-doped ZnO nanorods. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 1–7.



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

# PEMETAAN SEBARAN MATA AIR PANAS DI DAERAH OBJEK WISATA DESA PAWAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI WENNER

Fadli Abdillah\*, Usman Malik

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [fadli.abdillah3154@student.unri.ac.id](mailto:fadli.abdillah3154@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Geothermal is one of the many natural resources that provides benefits to human such as using hot spring as a natural tourism spot. Hot spring in Pawan Village need to be researched to explore the presence of Hydrothermal. In this study, the distribution of hydrothermal that occur based on the resistivity of subsurface rocks resulting from geophysical exploration using resistivity geoelectric method with Wenner configuration. The result of this exploration were processed using Res2Dinv software to view soil layer data based on resistivity and points containe hot water aquifers. The resistivity values on the underground layer srtructure model is  $\leq 10$  Ohm.meter on each trajectory. The constituent layers of each track consist of hot water, clay, sand interlocking with clay, gravel sand and gravel.*

**Keywords:** Hydrothermal, Wenner, Resistivity, Res2Dinv.

## ABSTRAK

*Panas bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang banyak memberikan manfaat untuk manusia salah satu contohnya berupa pemanfaatan air panas sebagai tempat wisata alam. Objek wisata air panas yang berada di Desa Pawan perlu dilakukan penelitian untuk mengeksplorasi keberadaan air panas. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran mata air panas yang terjadi berdasarkan resistivitas batuan bawah permukaan hasil eksplorasi geofisika dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi Wenner. Hasil eksplorasi ini diolah menggunakan Software Res2Dinv untuk melihat data lapisan tanah berdasarkan resistivitasnya dan titik-titik yang terdapat akuifer air panas. Nilai resistivitas pada sebaran air panas yang diperoleh berdasarkan model struktur lapisan bawah tanah adalah  $\leq 10$  Ohm.meter pada setiap lintasannya. Lapisan penyusun setiap lintasan terdiri dari air panas, lempung, pasir berselingan dengan lempung, pasir kerikil, dan batu kerikil.*

**Kata kunci:** Air Panas, Wenner, Resistivitas, Res2Dinv.

Diterima 23-09-2020 / Disetujui 03-02-2021 / Dipublikasi 31-03-2021

## PENDAHULUAN

Menipisnya cadangan minyak bumi dan gas (migas) menjadi salah satu penyebab terjadinya krisis energi diseluruh dunia yang diakibatkan oleh penggunaan dan eksplorasi sumber daya migas secara kontinue. Migas merupakan salah satu sumber energi yang memungkinkan bahwa suatu saat akan habis. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi berupa penggunaan sumber-sumber energi alternatif non-fosil untuk mengurangi penggunaan migas agar dapat

digunakan dimasa yang akan mendatang. Salah satu energi alternatif yang menyimpan potensi terhadap pemanfaatan sumber daya nasional adalah energi panas bumi (*geothermal*).

Sistem panas bumi dideskripsikan seperti fenomena yang terjadi di kerak bumi teratas karena konveksi fluida. Sistem tersebut terbentuk di bawah permukaan dengan indikasi munculnya mata air di permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran mata air panas menggunakan metode geolistrik

tahanan jenis konfigurasi Wenner di daerah objek wisata Desa Pawan.

## TINJAUAN PUSTAKA

*Geothermal* merupakan salah satu penggunaan energi air dan uap panas dari sumber daya alam yang berada pada reservoir bumi dalam pemanasan air karena pembentukan batuan padas di permukaan bawah bumi [1]. Berdasarkan besar temperaturnya, sistem panas bumi dibagi menjadi tiga golongan yaitu *reservoir* bertemperature tinggi ( $\geq 225^\circ\text{C}$ ), *reservoir* bertemperature sedang ( $125^\circ\text{C}$ - $225^\circ\text{C}$ ), dan *reservoir* bertemperature rendah ( $\leq 125^\circ\text{C}$ ) [2]. Energi panas bumi memiliki beberapa kelebihan yaitu *indigeneous*, *renewable*, ekonomis, dan ramah lingkungan sehingga menjadikan energi ini menjadi energi alternatif yang sangat tepat [3].

Proses terjadinya energi panas bumi adalah adanya pergerakan gesekan antara lempeng-lempeng pada lapisan litosfer. Gesekan tersebut mengakibatkan ujung dari setiap lempeng hancur atau meleleh dan akibat gaya gesek tersebut menghasilkan panas dengan temperature yang sangat tinggi. Energi panas mengalami perpindahan dari sumber panas ke sekelilingnya akibat adanya gaya gravitasi yang terjadi secara konveksi atau konduksi [4].

**Tabel 1.** Resistivitas Batuan [6].

Material	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )
Air panas	1 – 10
Lempung	1 – 300
Pasir dan Kerikil	100 – 3000
Batu pasir	200 – 8000
Kerikil	100 – 600
Pasir	1 – 1000

Resistivitas adalah besaran fisika yang menyatakan tinggi rendahnya resistansi bagi arus listrik dari suatu material. Metode resistivitas merupakan metode yang dapat menganalisis kondisi di permukaan bawah bumi dengan memperhatikan sifat aliran listrik menurut perbedaan resistivitas material. Konsep metode tersebut adalah melewati

arus listrik ke permukaan bawah bumi dengan dua elektroda arus yang diinjeksikan di tanah. Nilai resistivitas dihitung berdasarkan beda potensial yang diperoleh dari dua elektroda potensial [5]. Penentuan batuan dari hasil tahanan jenis dapat dilihat pada Tabel 1.

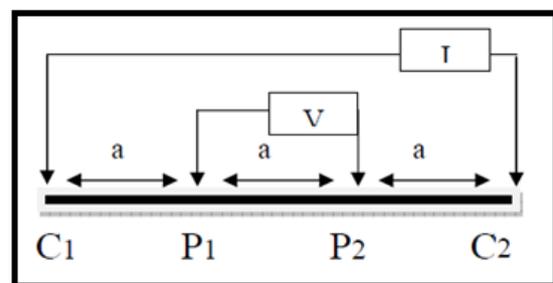
Metode resistivitas mempelajari tentang keadaan di permukaan bawah bumi dengan menganalisa sifat arus listrik yang dialirkan kedalam bumi melalui dua elektroda arus dan dua elektroda potensial [5]. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui resistivitas adalah sebagai berikut:

$$P = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Dimana K (faktir geometri):

$$K = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2)$$

Metode resistivitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah konfigurasi Wenner. Konfigurasi Wenner merupakan konfigurasi dimana susunan jarak spasi antara elektroda arus dan elektroda potensial (a) sama panjang [7]. Prosedur Wenner suatu tahanan jenis *mapping* terdapat empat elektroda konfigurasi dengan spasi sama panjang yang dipindahkan dengan jarak tetap secara keseluruhan [8].



**Gambar 1.** Susunan elektroda konfigurasi Wenner [8].

## METODE PENELITIAN

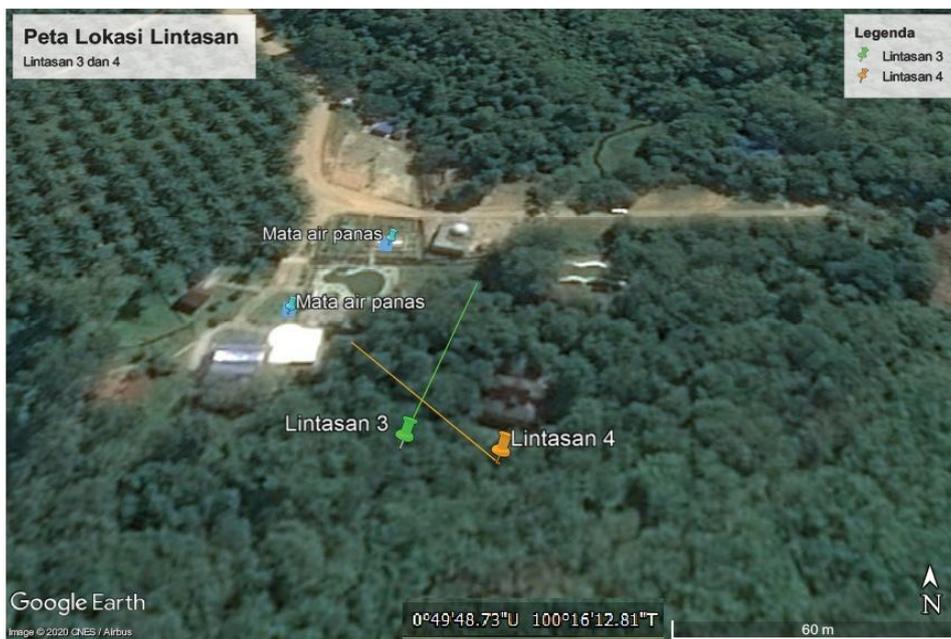
Data untuk menganalisa hasil penelitian mencakup karakteristik geografis, geologi, dan klimatologi daerah penelitian. Gambar 2 menjelaskan lokasi penelitian pada daerah

objek wisata air panas Desa Pawan, Kecamatan Rambah, Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau. Alat yang digunakan dalam

penelitian ini adalah resistivimeter, GPS, dan untuk pengolahan data menggunakan *software* Res2Dinv, Microsoft Excel, dan Notepad.



(a)



(b)

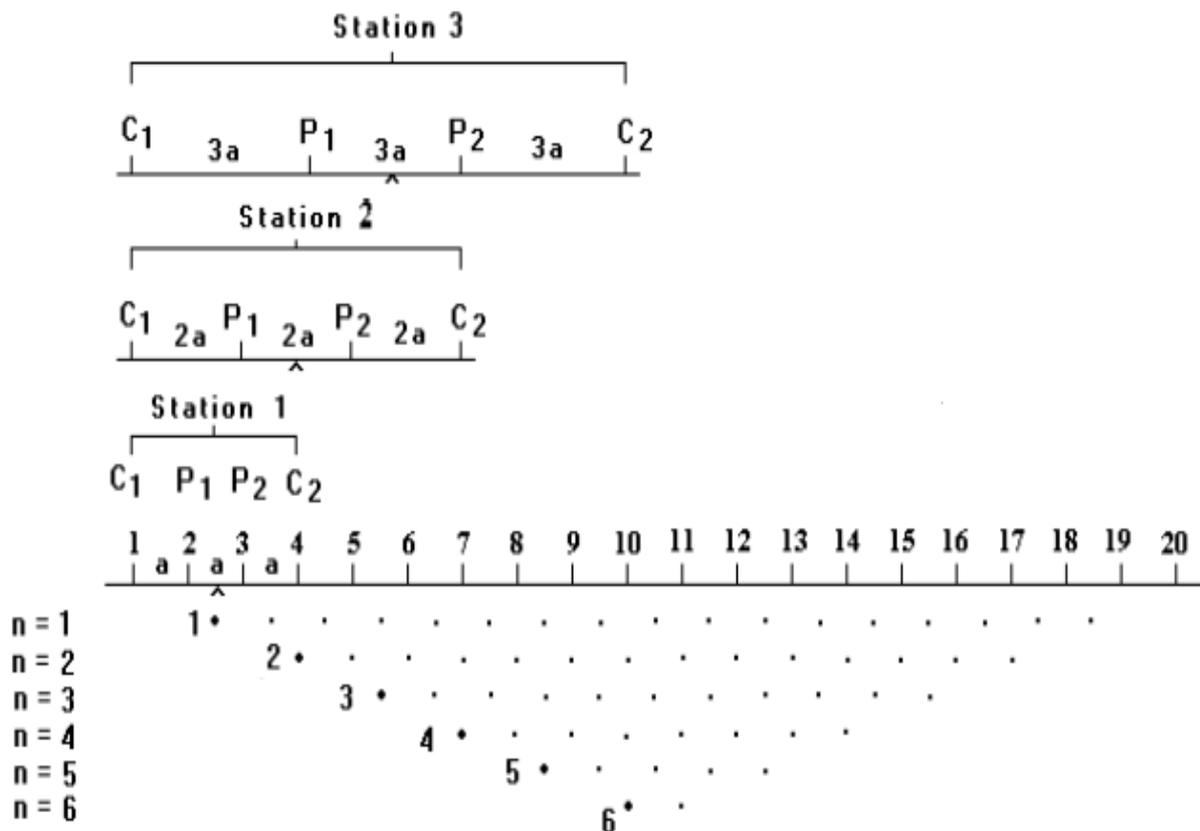
**Gambar 2.** Interface google earth peta lokasi penelitian lintasan (a) 1, 2 (b) 3, dan 4.

Perbatasan wilayah Desa Pawan dideskripsikan sebagai berikut :

1. Berbatasan dengan Kelurahan Pasir Pengaraian di sebelah Utara.
2. Berbatasan dengan Desa Sialang Jaya di sebelah Selatan.
3. Berbatasan dengan Desa Koto tinggi di sebelah Timur.
4. Berbatasan dengan Desa Rambah Tengah Barat di sebelah Barat.

Metode geolistrik tahanan jenis dengan menggunakan konfigurasi Wenner memiliki keunggulan dalam ketelitian pembacaan potensial oleh elektroda potensial daripada metode geolistrik tahanan jenis lainnya. Penyelidikan

resistivitas konfigurasi Wenner dilakukan pada posisi horizontal sehingga juga dapat disebut dengan metode resistivitas *mapping*. Cara pengukuran elektroda dengan menggunakan konfigurasi Wenner dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Pengukuran elektroda dengan menggunakan konfigurasi Wenner.

Gambar 3 menjelaskan tentang prosedur penelitian. Langkah pertama mengukur panjang lintasan yang akan diteliti dengan cara menentukan titik awal dari panjang lintasan sebagai titik acuan dimulainya pengukuran. Atur jarak spasi ( $a$ ) elektroda yaitu jarak elektroda potensial ( $P_1P_2$ ) dan elektroda arus ( $C_1C_2$ ). Kemudian injeksikan kedua elektroda arus dan kedua elektroda potensial ditanah. Hubungkanlah kabel-kabel pada elektroda arus dan elektroda potensial pada alat resistivimeter sedangkan resistivimeter dihubungkan ke aki atau sumber tegangan, kemudian catat arus listrik yang mengalir dan beda

potensial. Selanjutnya pindahkan masing-masing elektroda pada titik-titik yang telah ditentukan hingga pada akhir lintasan, lakukan langkah seperti sebelumnya dan catat hasilnya. Lakukan langkah-langkah tersebut untuk nilai  $n$  yang berbeda.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

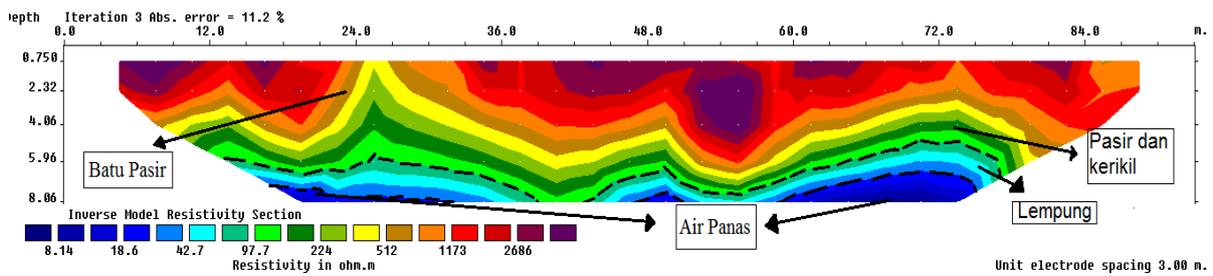
Data hasil pengukuran di lapangan kemudian diproses melalui metode *optimasi least-square non-linear* yang terdapat pada *software Res2Dinv*. Data hasil pengolahan tersebut berupa tampilan 2D yang menggambarkan nilai resistivitas di bawah permukaan bumi.

### Lintasan 1

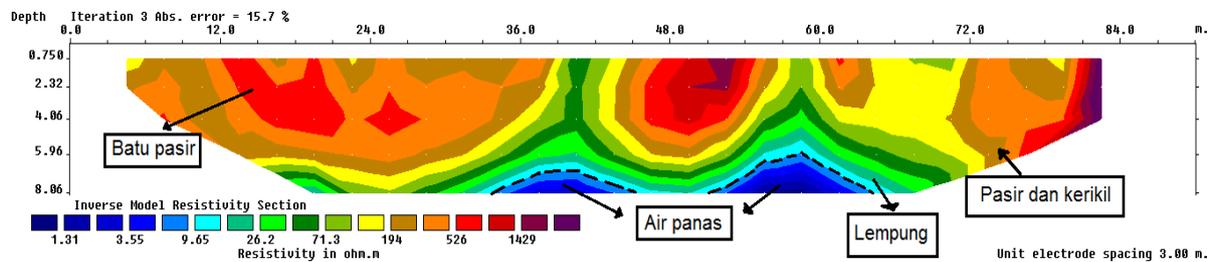
Berdasarkan interpretasi pada Gambar 4 terlihat bahwa air panas terdapat pada dua bagian, bagian pertama terletak pada kedalaman 6 meter – 8,6 meter di bawah permukaan dan terletak pada jarak elektroda ke 60 meter – 75 meter sedangkan bagian kedua berada pada kedalaman 7 meter – 8,6 meter dibawah permukaan dan terletak pada jarak elektroda ke 0 meter – 30 meter.

### Lintasan 2

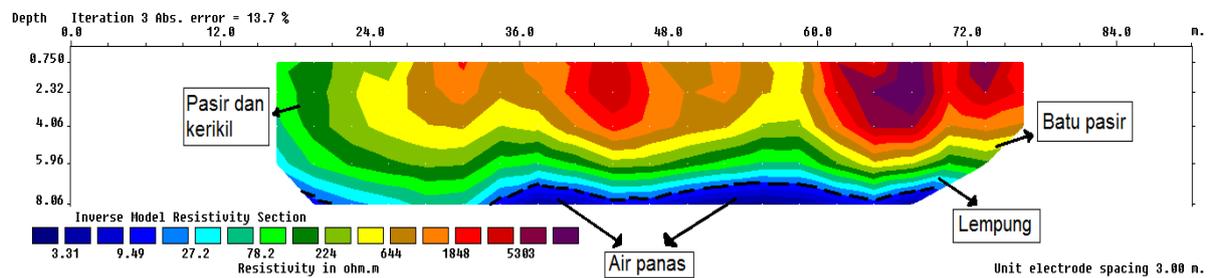
Berdasarkan hasil interpretasi pada Gambar 5, terlihat bahwa air panas terdapat pada dua bagian, bagian pertama terletak pada kedalaman 6 meter – 8,6 meter di bawah permukaan tanah dan terletak pada jarak elektroda ke 54 meter – 60 meter sedangkan bagian kedua terletak pada kedalaman 7 meter – 8,6 meter dibawah permukaan dan terletak pada jarak elektroda ke 33 meter – 42 meter.



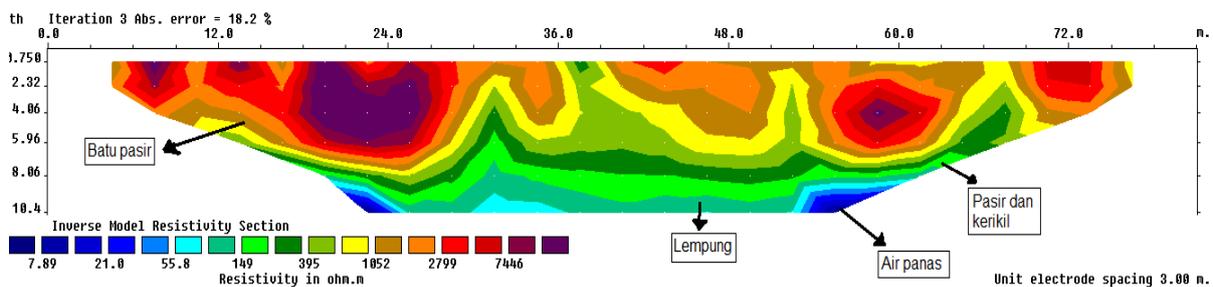
Gambar 4. Penampang resistivitas lintasan 1.



Gambar 5. Penampang resistivitas lintasan 2.



Gambar 6. Penampang resistivitas lintasan 3.



Gambar 7. Penampang resistivitas lintasan 4.

### Lintasan 3

Berdasarkan hasil interpretasi pada Gambar 6, terlihat bahwa air panas terletak pada kedalaman 6,5 meter – 8,6 meter dibawah permukaan dan terletak pada jarak elektroda ke 33 meter – 72 meter.

### Lintasan 4

Berdasarkan hasil interpretasi pada Gambar 7, terlihat bahwa air panas terdapat dua bagian, bagian pertama terletak pada kedalaman 8,5 meter – 10,4 meter di bawah permukaan dan terletak pada jarak elektroda ke 18 meter – 24 meter sedangkan bagian kedua terletak pada kedalaman 8 meter – 10,4 meter di bawah permukaan dan terletak pada jarak elektroda ke 54 meter – 63 meter.

Secara umum batuan penyusun yang ada di lokasi penelitian adalah lempung, pasir berselingan dengan lempung, pasir, kerikil dan batu pasir. Pada setiap lintasan terdapat potensi air panas dengan nilai resistivitas 1 ohm.meter – 10 ohm.meter dimana setiap lintasan di dominasi oleh batu pasir.

### KESIMPULAN

Berdasarkan nilai tahanan jenis dan keadaan geologi, hasil penelitian diidentifikasi terdapat 4 jenis lapisan batuan permukaan didaerah Desa Pawan, Rokan Hulu, yaitu lempung, pasir berselingan dengan lempung, pasir dan kerikil, dan batu pasir. Jenis akuifer yang di temukan di lokasi penelitian diinterpretasi sebagai jalur mata air panas dengan rentangan nilai tahanan jenis 1,31 ohm.meter – 10 ohm.meter yang di temukan pada lintasan 1, 2, 3, dan 4. Keberadaan air panas pada lintasan 1 terletak pada kedalaman 6 meter dan 7 meter. Lintasan 2 sebaran air terletak pada kedalaman 6 meter dan 7 meter. Lintasan 3 sebaran air terletak pada

kedalaman 6,5 meter, dan pada lintasan 4 sebaran air terletak pada kedalaman 8,5 meter dan 8 meter.

### REFERENSI

1. Winarsih, F. P. (2014). Identifikasi litologi daerah manifestasi panas bumi Parangwedang Kabupaten Bantul DIY dengan metode magnetik. *Skripsi. UIN Sunan Kalijaga*.
2. Hochstein, M. P. & Browne, P. R. (2000). Surface manifestations of geothermal systems with volcanic heat sources. *Encyclopedia Of Volcanoes*, **1**, 835–855.
3. Setyaningsih, W. (2011). Potensi lapangan Panasbumi Gedongsongo sebagai sumber energi alternatif dan penunjang perekonomian daerah. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, **8**(1), 11–20.
4. Suhartono, N. (2014). Pola sistim panas dan jenis geothermal dalam estimasi cadangan daerah Kamojang. *MTG*, **5**(2).
5. Andriyani, S. & Ramelan, A. H. (2012). Metode geolistrik imaging konfigurasi dipole-dipole digunakan untuk penelusuran sistem sungai bawah tanah pada kawasan Karst di Pacitan, Jawa Timur. *Ekosains*, **2**(1).
6. Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics: Second Edition*. USA: Cambridge University Press.
7. Wijaya, A. S. (2015). Aplikasi metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner untuk menentukan struktur tanah di halaman belakang SCC ITS Surabaya. *Jurnal Fisika Indonesia*, **19**(55).
8. Sharma, P. V. (1997). *Environmental And Engineering Geophysics*. Cambridge University Press.
9. Putri, C. S. & Malik, U. (2020). Analisa kedalaman air panas menggunakan metode geolistrik konfigurasi

- Schlumberger di objek wisata air panas Pawan. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(2), 87–91.
10. Sapitri, T. E., & Malik, U. (2020). Identifikasi air tanah di Perumahan Graha Mustamindo Permai 3 menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(3), 150–154.
  11. Fitriani, R., Muhammad, J., & Rini, A. S. (2020). Investigation of the distribution of aquifers and groundwater quality in the Village of Rimbo Panjang, Kampar District. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 8–15.
  12. Pertiwi, M., Muhammad, J., Farma, R., & Saktioto, S. (2020). Analysis of shallow well depth prediction: A study of temporal variation of GRACE satellite data in Tampan District-Pekanbaru, Indonesia. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 27–36.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## PENENTUAN NILAI SUSEPTIBILITAS DAN UKURAN PARTIKEL MAGNETIK PASIR ALAM LOGAS KABUPATEN KUANTAN SINGINGI MENGGUNAKAN VARIASI UKURAN BALL MILLING

Azura Royka\*, Erwin Amiruddin

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [azura.royka0392@student.unri.ac.id](mailto:azura.royka0392@student.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*Magnetic properties and morphology of natural sand has been carried out in Logas Village, Kuantan Singingi Regency have been determined. Iron sand samples were processed using iron sand separator (ISS) prior to ball milling for separating between magnetic and non magnetic particles. The product of ISS was milled for 90 hours using ball milling first step method with milling ball size of 1.5 cm. The magnetic and non-magnetic particles of ball milling products were separated using Neodymium Iron Boron (NdFeB) magnet. The product of ball milling first step then was milled for another 30 hours with milling ball size of 0.5 cm and 0.7 cm. The susceptibility and mass susceptibility were determined based on magnetic induction of a selenoid measured using Probe Magnetic Pasco PS-2162. The composition of Logas natural sand was measured using x-ray fluorescence spectroscopy (XRF). The morphology of the magnetic particles are determined using scanning electron microscope (SEM). The results showed that the particle size of natural sand for 90 hours + 30 hours milling displays the particle sizes from 100  $\mu\text{m}$  to 800  $\mu\text{m}$ . As for the particle size of the samples synthesized with 90 hours + 30 hours for 0.7 cm milling ball size, the particles are almost evenly distributed, which is about 5  $\mu\text{m}$  to 100  $\mu\text{m}$ . The content of Fe and Ti in the sample has increased while for Si has decreased. Mass susceptibility increases with increasing ball milling time and ball milling size.*

**Keywords:** Natural Sand, Magnetic Susceptibility, Mass Susceptibility, Morphology, Ball Milling.

### ABSTRAK

*Telah dilakukan penelitian tentang sifat magnetik dan morfologi dari pasir alam Desa Logas Kabupaten Kuantan Singingi. Sampel pasir alam dipisahkan menggunakan iron sand separator (ISS) sebelum dilakukannya proses penghancuran menggunakan ball milling dengan waktu 90 jam dengan ukuran bola milling 1,5 cm. Kemudian dilakukan ball milling lanjutan selama 30 jam dengan ukuran bola yang diperkecil 0,5 cm dan 0,7 cm. Untuk pemisahan partikel magnetik dan non-magnetik pada hasil ball milling menggunakan magnet batang Neodymium Iron Boron (NdFeB). Sifat magnetik, suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa ditentukan berdasarkan nilai induksi magnetik selenoid yang diukur dengan menggunakan sensor Probe Magnetik Pasco PS-2162. Sedangkan untuk mengetahui komposisi dari pasir alam digunakan x-ray fluorescence spectroscopy (XRF). Ukuran dan bentuk partikel magnetik ditentukan menggunakan scanning electron microscope (SEM). Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa ukuran partikel pasir alam setelah di ball milling selama 90 jam + 30 jam dengan ukuran bola milling berdiameter 0,5 cm menampilkan partikel dengan ukuran partikel 100  $\mu\text{m}$  sampai 800  $\mu\text{m}$ . Sedangkan untuk ukuran partikel sampel yang disintesis dengan waktu 90 jam + 30 jam untuk ukuran bola milling 0,7 cm menampilkan partikel dengan ukuran yang hampir merata yaitu sekitar 5  $\mu\text{m}$  sampai dengan 100  $\mu\text{m}$ . Kandungan Fe dan Ti mengalami peningkatan sedangkan untuk Si mengalami penurunan setelah di ball milling. Suseptibilitas magnetik dan massa meningkat seiring bertambahnya waktu ball milling dan ukuran bola milling.*

**Kata kunci:** Pasir Alam, Suseptibilitas Magnetik, Suseptibilitas Massa, Morfologi, Ball Milling.

Diterima 13-09-2020 / Disetujui 03-02-2021 / Dipublikasi 31-03-2021

## PENDAHULUAN

Pasir alam adalah pasir yang diperoleh langsung dari alam dan langsung dapat digunakan sebagai bahan konstruksi tanpa perlu pengolahan terlebih dahulu. Pasir alam dapat berupa pasir gunung atau pasir sungai. Pasir besi terdapat kandungan mineral seperti magnetik seperti magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), maghemite ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) [1]. Mineral-mineral tersebut yang dapat dikembangkan untuk bahan industri, antara lain magnetik digunakan untuk bahan dasar tinta kering (*toner*) dan *printer laser*, maghemit adalah bahan utama untuk pita kaset. Mineral tersebut dapat di aplikasikan sebagai pewarna serta campuran (*filter*) untuk cat bahan dasar industri magnet permanen [2].

Pada penelitian ini, pasir besi akan diproses dengan iron sand separator untuk memisahkan antara partikel magnetik dan non magnetik kemudian di-*ball milling* selama 90 jam dengan ukuran bola 1,5 cm kemudian *ball milling* lanjutan variasi ukuran *ball milling* yaitu 0,5 cm dan 0,7 cm dengan waktu 30 jam, untuk mengidentifikasi elemen elemen yang terkandung dalam konsentrat menggunakan alat *x-ray fluorescence spectrometry* (XRF) dan ukuran partikel magnetiknya di ukur menggunakan alat *scanning electron microscopy* (SEM).

## METODE PENELITIAN

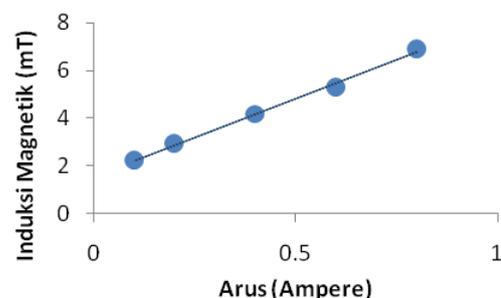
Sampel berupa pasir alam diambil dari logas kabupaten kuantan singingi. Sampel diambil untuk 5 titik lokasi A, B, C, D dan E dengan metode zigzag dimana untuk satu lokasi ada 4 titik pengambilan sampel yaitu titik A1, A2, A3, A4, masing-masing titik diambil 10 kilogram pasir alam, maka total jumlah sampel yang diambil sebanyak 200 kilogram. Sampel dikeringkan dibawah sinar matahari dengan tujuan agar sampel benar-benar kering. Sampel yang telah melewati proses pengeringan, dimasukkan kedalam *iron sand separator* (ISS) untuk memisahkan elemen magnetik dan non magnetik yang akan menghasilkan konsentrat

1, hal ini dilakukan hanya 1 kali proses. Hasil konsentrat ini selanjutnya diproses dengan metode *ball milling* selama 90 jam dengan menggunakan bolaber diameter 1,5 cm, dengan tujuan menghancurkan konsentrat 1 tersebut. Produk *ball milling* tersebut dipisahkan antara elemen magnetik dan non magnetik menggunakan magnet kuat Niodinium Iron Boron (NdFeB). Partikel magnetik ini akan didapat konsentrat 2. Kemudian konsentrat 2 dilakukan multi step atau *ball milling* lanjutan dengan konsentrat 2 dibagi menjadi 2 bagian yang sama sebagai fungsi ukuran bola yaitu 0,5 cm dan 0,7 cm dengan menggunakan waktu 30 jam. Produk ini dinamakan konsentrat 3 selanjutnya diukur nilai induksi magnetik, suseptibilitas magnetik dan massanya serta dilakukan karakterisasi menggunakan XRF dan SEM.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengukuran Induksi Magnetik

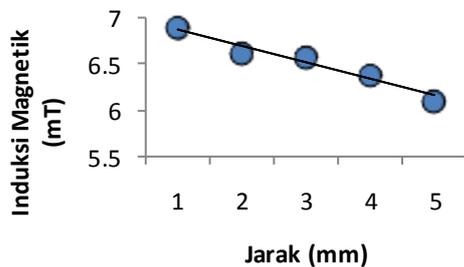
Pengukuran induksi magnetik solenoid tanpa inti dilakukan sebagai fungsi arus dan fungsi jarak. Pengukuran induksi magnetik solenoid tanpa inti sebagai fungsi arus yang diberikan 0,1 A, 0,2 A, 0,4 A, 0,6 A, 0,8 A dengan jarak tetap 1 mm dan pengukuran induksi magnetik solenoid tanpa inti sebagai fungsi jarak yang diberikan 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm dan arus tetap 0,8 A.



**Gambar 1.** Grafik hubungan induksi magnetik solenoid sebagai fungsi arus pada jarak tetap 1 mm dari ujung tengah solenoid.

Grafik 1 menampilkan nilai induksi magnetik yang meningkat, hal ini pengukuran antara ujung Probe Magnetic Pasco PS-2162

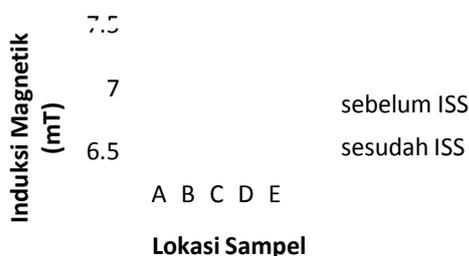
dan ujung solenoid yang mengakibatkan besar arus yang dialirkan dari solenoid semakin besar, dapat dikatakan bahwa arus listrik berbanding lurus dengan nilai induksi magnetik solenoid, dan besarnya fluks magnetik yang ditimbulkannya [3].



**Gambar 2.** Grafik hubungan antara induksi magnetik solenoid tanpa inti sebagai fungsi jarak pada arus tetap 0,8 A.

Grafik 2 menampilkan induksi magnetik menurun secara linear yang terjadi karena nilai induksi berbanding terbalik dengan jarak, dimana jarak solenoid terhadap alat sensor Probe Magnetic Pasco PS-2162 yang jauh akan menimbulkan induksi magnetik yang semakin kecil kerapatan fluks magnetiknya. Induksi magnetik yang terbentuk diluar solenoid lebih lemah, sehingga memiliki garis-garis gaya magnetik berbentuk lingkaran tertutup [3].

Pengukuran induksi magnetik solenoid dengan inti pasir pantai sebelum dilakukan pemisahan dan sesudah pemisahan dengan Iron Sand Separator pada arus 0,8 A dan jarak 1 mm diberikan melalui grafik seperti pada Gambar 3.

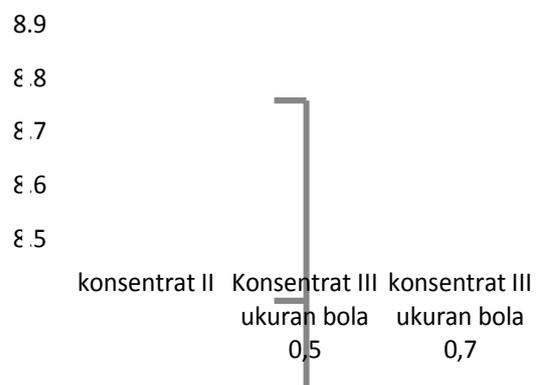


**Gambar 3.** Grafik induksi magnetik rata – rata pasir alam sebelum dan sesudah pemisahan menggunakan ISS dengan jarak 1 mm untuk arus 0,8A.

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai induksi magnetik sampel pasir alam untuk disetiap titik

memiliki nilai yang bervariasi yaitu antara 6,905 mT sampai 6,998 mT. Perbedaan nilai induksi magnetik dari sampel-sampel ini mengidentifikasi adanya perbedaan jumlah elemen magnetik yang terkandung dalam sampel tersebut dan semakin tinggi nilai kandungan elemen magnetik dalam sampel, maka semakin tinggi nilai suseptibilitas yang dimiliki. Sampel masih dalam keadaan murni. Solenoid yang terisi pasir didalam inti solenoid memiliki kuat medan magnet yang lebih besar, hal ini disebabkan karena pasir besi telah terinduksi menjadi magnet atau telah termagnetisasi [4].

Sampel pasir A, B, C, D, E digabung untuk dihaluskan menggunakan *ball milling* selama 90 jam dengan ukuran bola 1,5 cm, hasil konsentrat ini memiliki ukuran partikel yang lebih besar, maka digunakan *ball milling* lanjutan (*ball milling* dua Tahap) sebagai fungsi ukuran bola 0,5 cm dan 0,7 cm dengan waktu 30 jam.



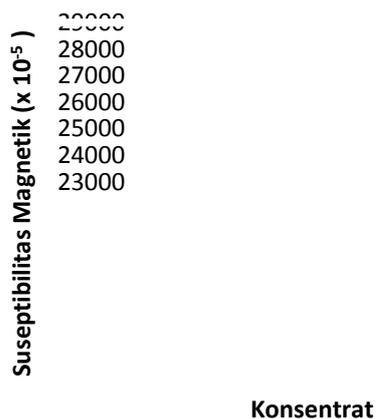
**Gambar 4.** Grafik nilai induksi magnetik sampel sebagai fungsi ukuran bola milling pada arus 0,8A.

Grafik pada Gambar 4 menunjukkan bahwasalahasil pengukuran yang didapatkan untuk induksi magnetik yang dihasilkan mengalami kenaikan disetiap bertambahnya ukuran bola *milling*, bola baja dengan ukuran yang besar membuat partikel akan semakin kecil. Besarnya ukuran bola baja mengakibatkan energi tumbukan yang terjadi di dalam tabung juga semakin besar. Energi tumbukan yang besar dari bola dengan diameter 0,7 cm membuat partikel magnetik mendapatkan momentum

yang lebih besar dibandingkan dengan bola *milling* dengan diameter 0,5 cm jadi sehingga lebih banyak fraksi partikel yang pecah.

### Suseptibilitas Magnetik dan Massa

Nilai suseptibilitas magnetik diperoleh berdasarkan nilai induksi magnetik solenoid tanpa inti ( $B_0$ ) dan dengan inti ( $B_T$ ) berupa pasir alam logas [5,6]. Grafik nilai suseptibilitas magnetik dari produk *ball milling* dua tahap sebagai fungsi waktu *milling* seperti pada Gambar 5.

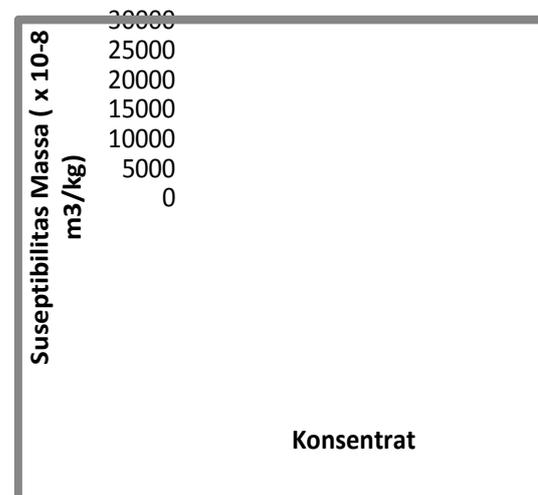


**Gambar 5.** Grafik nilai suseptibilitas magnetik konsentrat II dan III.

Grafik pada Gambar 5 nilai suseptibilitas massa untuk konsentrat III ukuran bola 0,5 dan 0,7 mengalami peningkatan disebabkan oleh ukuran bola *milling*. Karena bola *milling* dengan ukuran yang besar membuat partikel akan semakin kecil. Nilai suseptibilitas massa ini berada dalam interval nilai suseptibilitas massa oksida besi [7]. Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat II dan multistep/konsentrat III mengalami peningkatan. Peningkatan nilai suseptibilitas magnetik antara konsentrat II dan Konsentrat III terjadi karena perbedaan waktu *milling*, dimana konsentrat III memiliki waktu penghancuran yang cukup lama dibandingkan konsentrat II.

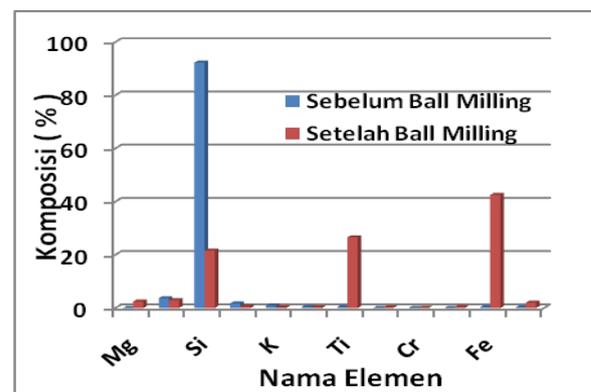
Gambar 6 memperlihatkan bahwa suseptibilitas massa mengalami dari konsentrat III mengalami peningkatan ketika ukuran diameter bola diperbesar dari 0,5 dan 0,7 cm

dengan nilai  $23514,79 \times 10^{-8}$  kg/m; dan  $27997,94 \times 10^{-8}$  kg/m. Nilai suseptibilitas massa untuk konsentrat III jauh lebih besar dari nilai konsentrat II. Besarnya nilai suseptibilitas massa konsentrat III dibandingkan dengan nilai suseptibilitas massa konsentrat II disebabkan oleh makin banyaknya jumlah partikel magnetik yang terkandung dalam sampel konsentrat III tersebut [8,9].



**Gambar 6.** Grafik Nilai Suseptibilitas Massa Konsentrat II dan Konsentrat III.

### Karakterisasi Menggunakan XRF



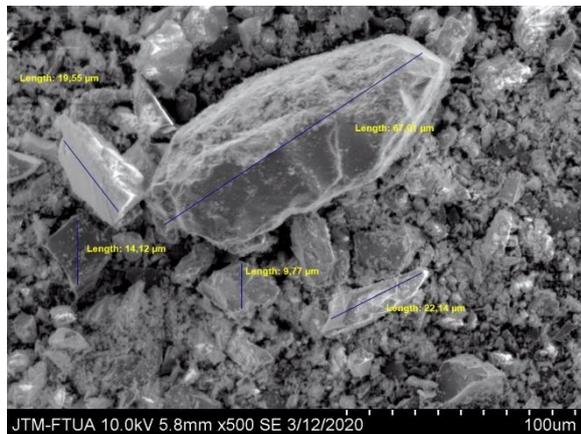
**Gambar 7.** Grafik komposisi elemen pada pasir alam logas sebelum dan sesudah di *ball milling*.

Identifikasi komposisi dari pasir alam logas dilakukan dengan menggunakan XRF. Identifikasi ini bertujuan untuk menentukan komposisi di dalam sampel pasir alam Logas Kabupaten Kuantan Singingi. Hasil identifikasi kandungan elemen, senyawa dan oksida yang

diperoleh dari hasil pengukuran sampel Gambar 7.

Grafik pada Gambar 7 menunjukkan elemen mengalami penambahan komposisi yaitu elemen Fe yaitu dari 0,371% menjadi 42,546%. Penambahan komposisi pada elemen ini menunjukkan bahwa akibat *ball milling* pada pasir alam menyebabkan bongkahan pasir alam yang terdiri dari beberapa elemen magnetik dan non magnetik sudah terpisah dan elemen yang mengandung unsur magnetik akan tertarik oleh magnet NdFeB sedangkan Si mengalami pengurangan yang terjadi setelah di *ball milling* yaitu dari 92,264% menjadi 21,605%, sedangkan penurunan komposisi pada elemen lain disebabkan karena elemen tersebut merupakan pengotor yang sudah terpisah dari bongkahan pasir yang tidak dapat tertarik lagi oleh magnet NdFeB [10].

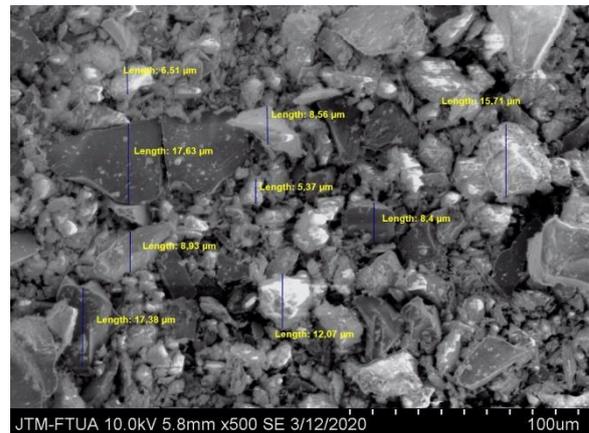
### Karakterisasi Menggunakan SEM



**Gambar 8.** Hasil SEM untuk sampel hasil *ball milling* 90 + 30 jam ukuran bola 0,5 untuk pembesaran 500×.

Morfologi dari sampel pasir alam desa logas setelah di *ball milling* selama 90 jam kemudian di *ball milling* lanjutan (*ball milling* 2 tahap) dengan bola *milling* yang berbeda yaitu 0,5 cm dan 0,7 cm dianalisa berdasarkan foto permukaan sampel menggunakan SEM, Foto permukaan sampel menggunakan SEM sampel pasir alam Desa Logas Kabupaten Kuansing Propinsi Riau setelah di sintesis dengan metode *ball milling* selama 90 jam dengan menggunakan ukuran bola *milling* 1,5 cm dan

selama 30 jam dengan menggunakan bola yang berbeda ukurannya yaitu 0,5 cm dan 0,7 cm dengan pembesaran 500× ditampilkan pada gambar 8 dan gambar 9.



**Gambar 9.** Hasil SEM untuk sampel hasil *ball milling* 90 + 30 jam ukuran bola 0,7 untuk pembesaran 500×.

Ukuran partikel untuk *ball milling* Hasil SEM untuk sampel hasil *ball milling* 90 + 30 jam ukuran bola 0,5 memiliki variasi yang cukup lebar antara 9 µm sampai 67 µm. Ukuran partikel yang disintesis dengan menggunakan metode *ball milling* untuk waktu 90 + 30 jam dengan ukuran bola *milling* berdiameter 0,7 cm menampilkan partikel dengan ukuran yang hampir merata yaitu sekitar 5 µm sampai dengan 17 µm. Ukuran partikel ini lebih kecil dibandingkan dengan ukuran partikel sampel yang disintesis dengan dengan waktu 90 jam + 30 jam untuk ukuran bola *milling* 0,5 cm. Maka secara umum dapat dikatakan bahwa ukuran partikel magnetik sampel pasir alam logas menjadi lebih kecil ketika ukuran diameter bola *milling* meningkat dari 0,5 cm menjadi 0,7 cm [11,12].

### KESIMPULAN

Morfologi dari sampel di *ball milling* selama 90 jam + 30 jam dengan bola *milling* berdiameter 0,5 cm menampilkan partikel dengan ukuran lebih besar dibandingkan dengan menggunakan bola *milling* dengan ukuran 0,7 cm. Komposisi Fe yang terkandung dalam pasir alam yang berasal dari Desa Logas, Kabupaten Kuantan

Singingi setelah di *ball milling* 2 tahap (selama 90 jam + 30 jam) mengalami peningkatan dari 0,371% menjadi 42,546%. Peningkatan komposisi ini disebabkan oleh terpisahnya partikel magnetik dan non magnetik akibat proses *ball milling*. Nilai suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas massa meningkat dengan bertambahnya waktu *ball milling*. Nilai suseptibilitas massa yang diperoleh dari masing-masing sampel berada dalam interval  $(46 - 80000) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , yang berarti nilai suseptibilitas massa dari masing-masing sampel berada dalam interval oksida besi.

## REFERENSI

1. Yulianto, A., Bijaksana, S., & Loeksmanto, W. (2002). Karakterisasi magnetik dari pasir besi Cilacap. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, **5**(0527).
2. Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmanto, W., & Kurnia, D. (2019). Produksi Hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dari pasir besi: Pemanfaatan potensi alam sebagai bahan industri berbasis sifat kemagnetan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **5**(1), 51–54.
3. Tipler, P. A. (1998). Fisika untuk Sains dan Teknik. Erlangga : Jakarta.
4. Widiyanto, E., Kardiman, K., & Fauji, N. (2018). Karakterisasi pasir besi alam Pantai Samudera Baru dan pemanfaatannya sebagai filler pada sistem penyaring elektromagnetik. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, **2**(1), 15–20.
5. Vahyra, V. & Salomo, S. (2020). Analisa suseptibilitas magnetik dan kandungan logam berat akibat polutan kendaraan bermotor di beberapa ruas jalan Kota Pekanbaru. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(3), 114–119.
6. Puspita, P. V. & Erwin, E. (2020). Pemetaan nilai suseptibilitas magnetik pasir Pantai Gandorih Pariaman Sumatera Barat. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(1), 35–40.
7. Hunt, C. P., Moskowitz, B. M., & Banerjee, S. K. (1995). *Magnetic Properties of Rocks and Minerals*. Washington: American Geophysical Union.
8. Novalia, I. & Erwin, E. (2020). Kajian suseptibilitas magnetik pasir besi pantai arta sebagai fungsi jarak dari tepi laut. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(1), 19–23.
9. Rangkuti, M. Z. I., Salomo, S., & Malik, U. (2020). Perbandingan nilai suseptibilitas magnetik air laut menggunakan metode quincke di Pantai Sumatera Bagian Tengah. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(1), 41–45.
10. Silaban, David M., Erwin., Yanuar., Usman, Malik. 2017. Sifat Magnetik dan Mikrostruktur Endapan Pasir Besi Pantai Kata Pariaman Sumatera Barat. *Prosiding Fisika Nasional Universitas Riau*. 142-145.
11. Saputrina, T. T., Iwantono, I., Awitdrus, A., & Umar, A. A. (2020). Performances of dye-sensitized solar cell (DSSC) with working electrode of aluminum-doped ZnO nanorods. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 1–7.
12. Hidayat, T., Dewi, R., & Hamzah, Y. (2021). Effect of holding time on optical structure properties of Ba (Zr<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub> thin film using sol-gel method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 59–66.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

# ANALISIS PENGARUH SUHU UDARA, CURAH HUJAN, KELEMBABAN UDARA DAN KECEPATAN ANGIN TERHADAP ARAH PENYEBARAN DAN AKUMULASI *PARTICULATE MATTER* ( $PM_{10}$ ): STUDI KASUS KOTA PEKANBARU

Muhaniroh\*, Riad Syech

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [muhaniroh5697@student.unri.ac.id](mailto:muhaniroh5697@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

Forest fires in Riau Province are the biggest contributor to air pollution that spreads to the urban area of Pekanbaru.  $PM_{10}$  is one of the most dangerous elements contained in forest fire smoke. This study aims to map areas that have accumulated the spread of  $PM_{10}$  in the city of Pekanbaru. This research has been carried out using a data interpretation methodology using data on the value of  $PM_{10}$ , rainfall, air temperature, humidity, wind direction and wind speed in the form of monthly data from 2015 – 2019. Data processing is carried out using Microsoft office excel 2017, SPSS, surfer 17, google earth pro. The result of the analysis there is a significant effect of weather parameters on  $PM_{10}$ . Wind speed has a strong influence on the spread of  $PM_{10}$ . Mapping of wind distribution patterns and distribution patterns of  $PM_{10}$  in sub-district Limapuluh every year and the wind direction according to the wrplot flower chart always goes to sub-direction Limapuluh.

**Keywords:** Particulate Matter ( $PM_{10}$ ), Accumulation, Physical Factors, Deployment, Influence.

## ABSTRAK

Kebakaran hutan di Provinsi Riau merupakan penyumbang pencemaran udara terbesar yang menyebar hingga ke daerah perkotaan Pekanbaru.  $PM_{10}$  merupakan salah unsur yang sangat berbahaya yang terkandung dalam asap kebakaran hutan. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan daerah yang mengalami akumulasi penyebaran  $PM_{10}$  di Kota Pekanbaru. Penelitian ini telah dilakukan dengan menggunakan metodologi interpretasi data dengan menggunakan data nilai  $PM_{10}$ , curah hujan, suhu udara, kelembaban udara, arah angin dan kecepatan angin berupa data bulanan dari rentang Tahun 2015 sampai Tahun 2019. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan Microsoft office excel 2010, SPSS, wrplot 17, surfer 17, google earth pro. Hasil analisis adanya pengaruh signifikan parameter cuaca terhadap  $PM_{10}$ . Kecepatan angin memiliki pengaruh kuat terhadap penyebaran  $PM_{10}$ . Pemetaan pola sebaran angin dan pola sebaran  $PM_{10}$  pada Tahun 2015 – 2019 menunjukkan selalu terjadinya akumulasi  $PM_{10}$  di Kecamatan Limapuluh setiap tahunnya dan arah angin menurut grafik bunga wrplot selalu menuju Kecamatan Limapuluh.

**Kata kunci:** Particulate Matter ( $PM_{10}$ ), Akumulasi, Faktor Fisis, Pengaruh, Penyebaran.

Diterima 15-09-2020 | Disetujui 06-02-2021 | Dipublikasi 31-03-2021

## PENDAHULUAN

Udara merupakan faktor penting dalam kehidupan makhluk hidup yang perlu untuk dipelihara kualitasnya. Perubahan kualitas udara pada umumnya disebabkan oleh pencemaran udara yang tidak terkendalikan. Hampir seluruh kegiatan manusia

menyebabkan penurunan kualitas udara seperti peningkatan pembangunan fisik kota, berdirinya pusat-pusat industri dan melonjaknya produksi kendaraan bermotor yang menghasilkan zat-zat berbahaya seperti timbal (Pb), *particulate matter* ( $PM_{10}$ ), nitrogen dioksida ( $NO_2$ ) dan karbon monoksida (CO). Penurunan kualitas udara juga dapat

disebabkan oleh berbagai kegiatan alam seperti kebakaran hutan, gunung meletus, debu meteorit dan pancaran garam dari laut [1].

Kebakaran hutan merupakan penyumbang pencemaran udara terbesar di Provinsi Riau yang mengalami penyebaran hingga ke daerah perkotaan Pekanbaru bahkan sampai ke Negara tetangga Singapura, daratan utama Malaysia dan Sumatera berupa kabut asap [2,3].

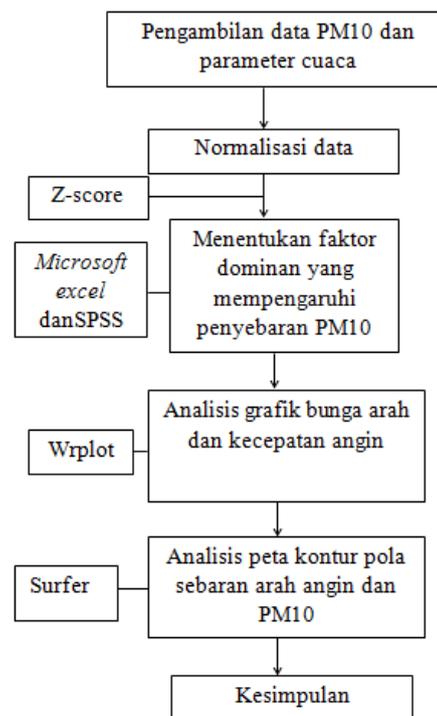
Penyebaran dan akumulasi kabut asap ini dipengaruhi oleh keadaan meteorologi seperti suhu udara, curah hujan, kelembaban udara dan kecepatan angin [4]. Kabut asap hasil kebakaran hutan berdampak menghalangi pemandangan hingga menyebabkan pemanasan iklim global. Kabut asap secara umum terdiri dari beberapa gas seperti CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, PM<sub>10</sub> dan unsur-unsur lainnya [5]. PM<sub>10</sub> merupakan padatan atau cairan yang berbahaya yang akan menetap di atmosfer dalam waktu yang relatif lama. Meningkatnya kadar PM<sub>10</sub> di atmosfer dapat merusak saluran pernapasan manusia hingga menyebabkan kematian [6].

Kota Pekanbaru berada pada garis lintang dan garis bujur 0°25' LU – 0°45' LU dan 101°14' BT – 101°34' BT merupakan Kota yang padat penduduk di Provinsi Riau. Kota Pekanbaru memiliki topografi yang landai dan bergelombang dengan ketinggian berkisar 5 – 50 m di atas permukaan laut memungkinkan penyebaran PM<sub>10</sub> yang merata di seluruh Kota karena angin bergerak tanpa hambatan [7].

Peningkatan jumlah angka kebakaran hutan di Provinsi Riau dan peningkatan pembangunan fisik Kota Pekanbaru menyebabkan tingginya angka pencemaran udara di Kota Pekanbaru, oleh sebab itu analisis pengaruh suhu, curah hujan, kelembaban udara dan kecepatan angin terhadap arah penyebaran dan akumulasi PM<sub>10</sub> studi kasus Kota Pekanbaru perlu untuk dilakukan untuk mengendalikan pencemaran udara di daerah yang mengalami akumulasi PM<sub>10</sub> di Kota Pekanbaru.

## METODE PENELITIAN

Metode interpretasi data digunakan dengan diagram alur penelitian seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian.

Prosedur penelitian yang dilakukan diawali dengan pengambilan data dengan bantuan satelit, antena, dan deteksi ultrasound [8-10] berupa data sekunder dilakukan di BMKG Kota Pekanbaru berupa data nilai konsentrasi PM<sub>10</sub>, curah hujan, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan arah angin dari Tahun 2015 – 2019 berupa data rata-rata perbulan.

Data sekunder dari BMKG Kota Pekanbaru dinormalisasi dengan metode z-score yang selanjutnya diolah menggunakan *Microsoft office excel 2010* dan dianalisis dengan uji regresi linear berganda. Analisis arah sebaran angin dan kecepatan angin diolah dengan *wrplot*. Pola sebaran angin dan pola sebaran PM<sub>10</sub> diolah menggunakan *surfer 17*.

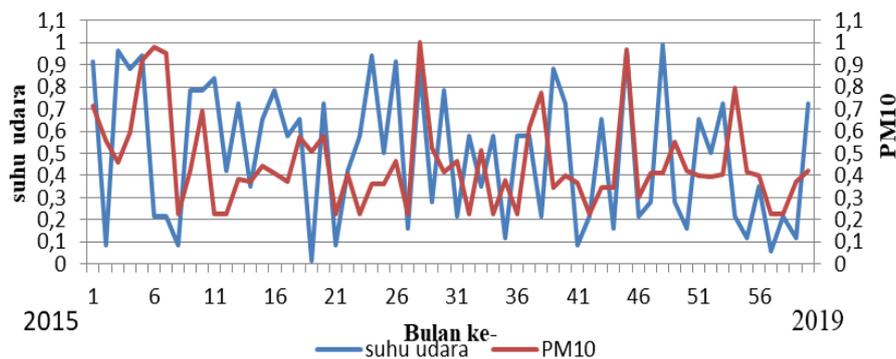
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor dominan yang mempengaruhi peningkatan atau penurunan penyebaran PM<sub>10</sub> di Kota Pekanbaru dianalisis melalui grafik hubungan parameter cuaca berupa suhu udara, kelembaban udara, curah hujan, kecepatan angin dan arah angin dengan PM<sub>10</sub> dan akumulasi PM<sub>10</sub> dianalisis menggunakan grafik bunga dan peta pola arah sebaran angin dan pola sebaran PM<sub>10</sub>.

## Hubungan Kosentrasi PM10 dengan Parameter Cuaca

Data kosentrasi PM10 dan parameter cuaca yang bersumber dari BMKG Kota Pekanbaru

dinormalisasi, yang selanjutnya diolah menggunakan *microsoft office excel* sehingga menghasilkan grafik 1 hubungan kosentrasi PM10 dan parameter cuaca terhadap waktu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

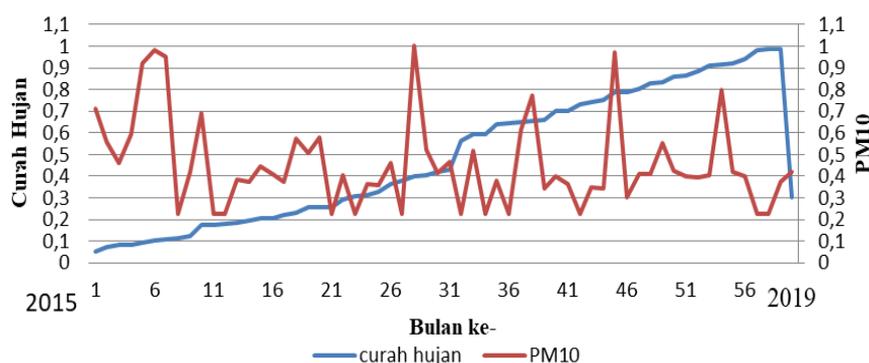


**Gambar 2.** Grafik hubungan  $PM_{10}$  dan suhu udara terhadap waktu.

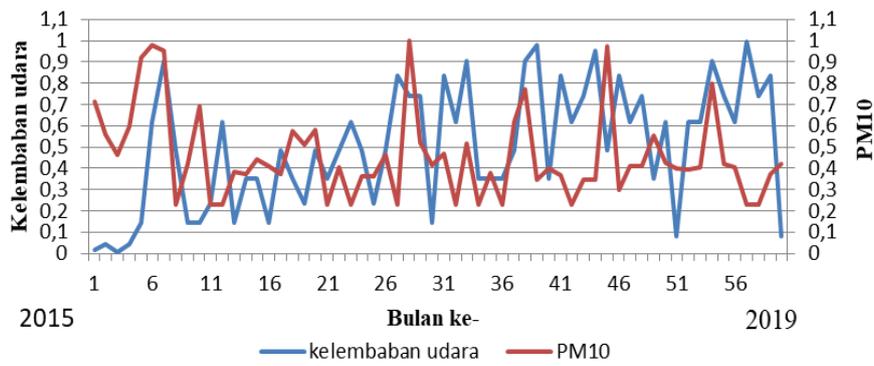
Gambar 2 grafik hubungan  $PM_{10}$  dan suhu udara terhadap waktu menunjukkan bahwa konsentrasi  $PM_{10}$  mengalami peningkatan ketika suhu udara rendah dan konsentrasi  $PM_{10}$  mengalami penurunan ketika suhu udara tinggi. Peningkatan Suhu udara menyebabkan densitas udara di sekitar permukaan bumi menjadi lebih rendah daripada udara di atasnya yang menyebabkan pergerakan antar molekul  $PM_{10}$  menjadi lebih renggang dan terjadinya aliran konveksi ke atas permukaan bumi yang membawa berbagai gas polutan  $PM_{10}$  yang menyebabkan konsentrasi  $PM_{10}$  menjadi rendah dan mengalami perpindahan ke daerah yang memiliki tekanan udara yang lebih rendah. Penurunan Suhu udara menyebabkan densitas udara yang dekat permukaan bumi sama dengan densitas yang berada di atasnya menyebabkan pergerakan antar molekul  $PM_{10}$  menjadi lebih rapat dan aliran konveksi udara

yang bergerak lebih lambat sehingga konsentrasi  $PM_{10}$  mengalami peningkatan.  $PM_{10}$  yang mengalami perpindahan di daerah pencemar akan mengalami penurunan [11,6].

Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi  $PM_{10}$  mengalami peningkatan ketika intensitas curah hujan rendah dan konsentrasi  $PM_{10}$  mengalami penurunan ketika intensitas curah hujan tinggi. Molekul  $PM_{10}$  di atmosfer dapat dipecahkan oleh curah hujan yang tinggi sehingga  $PM_{10}$  mengalami akumulasi di daerah sumber pencemaran, yang menyebabkan rendahnya penyebaran  $PM_{10}$  ke daerah sekitar sumber pencemar. Rendahnya intensitas curah hujan menyebabkan molekul  $PM_{10}$  terangkat ke permukaan atmosfer yang akan mengalami perpindahan menuju daerah yang bertekanan rendah sehingga terjadinya penyebaran  $PM_{10}$  menuju daerah di sekitar sumber pencemar.



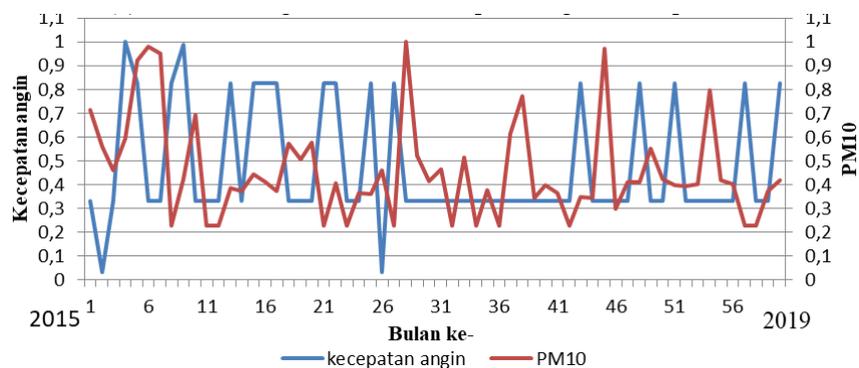
**Gambar 3** Grafik hubungan  $PM_{10}$  dan curah hujan terhadap waktu.



**Gambar 4.** Grafik hubungan  $PM_{10}$  dan kelembaban udara terhadap waktu.

Gambar 4 menunjukkan bahwa peningkatan kadar  $PM_{10}$  ketika terjadinya kenaikan kelembaban udara. Kelembaban udara bernilai tinggi dapat menyebabkan terjadinya dispersi udara menjadi lebih lambat karena banyaknya uap air di udara akan menyebabkan aliran udara melambat secara horizontal maupun vertikal sehingga kadar  $PM_{10}$  akan mengalami

peningkatan. Penurunan kadar  $PM_{10}$  terjadi ketika kelembaban udara mengalami penurunan. Rendahnya kelembaban udara terjadi karena uap air yang dikandung udara jumlahnya sedikit, yang menyebabkan dispersi udara menjadi sangat cepat karena udara bergerak tanpa terhambat maka  $PM_{10}$  menjadi rendah karena mengalami perpindahan [11,6].



**Gambar 5.** Grafik hubungan  $PM_{10}$  dan kecepatan angin terhadap waktu.

Gambar 5 menunjukkan bahwa konsentrasi  $PM_{10}$  meningkat pada saat kecepatan angin mengalami penurunan dan terjadinya terakumulasi  $PM_{10}$  di stasiun pemantau yang mengakibatkan berkurangnya  $PM_{10}$  yang mengalami perpindahan. Konsentrasi  $PM_{10}$  mengalami penurunan pada saat kecepatan angin kencang atau tinggi. Kecepatan angin yang tinggi menyebabkan kadar  $PM_{10}$  bergerak dan menyebar menjauhi stasiun pemantau menuju daerah yang bertekanan rendah [11,6].

### Uji Hubungan Kosentrasi $PM_{10}$ dengan Parameter Cuaca

Hubungan konsentrasi  $PM_{10}$  dengan parameter cuaca dianalisis dengan uji regresi

linear berganda. Data statistik deskriptif dari kosentrasi  $PM_{10}$  dan parameter cuaca dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Statistik deskriptif kosentrasi  $PM_{10}$  dan parameter cuaca.

Parameter	Rata-rata	Standar deviasi	N
$PM_{10}$	61,7150	82,50554	60
Curah hujan	248,3650	200,61527	60
Suhu udara	27,3983	0,50907	60
Kelembaban udara	81,1333	2,93700	60
Kecepatan angin	6,3167	0,72467	60

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi  $PM_{10}$  dari Tahun 2015 – 2019 sebesar  $61,7150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , berdasarkan hasil perhitungan berada pada indeks 56 dan menurut data indeks ISPU berdasarkan Keputusan

Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 Tahun 1997 Tanggal 21 November 1997 tentang perhitungan dan pelaporan serta informasi Indeks standar pencemaran udara Kota Pekanbaru berada dalam katagori sedang dengan indeks warna biru dengan penjelasan, tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan akan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika udara. Tabel 1 menunjukkan bahwa standar deviasi kecepatan angin mendekati 0 dan mendekati nilai rata-ratanya. Pengujian regresi linear berganda yang dilakukan diperoleh uji secara parsial seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Analisis Regresi Linear Berganda.

Variabel	Koef. regresi	Sig	Toleransi	VIF
PM <sub>10</sub>	-1332,2	0,12	-	-
Curah Hujan	-0,24	0,69	0,797	1,26
Suhu udara	44,406	0,08	0,732	1,37
Kelembaban udara	3,344	0,42	0,785	1,27
Kecepatan angin	-13,940	0,37	-0,087	-0,01

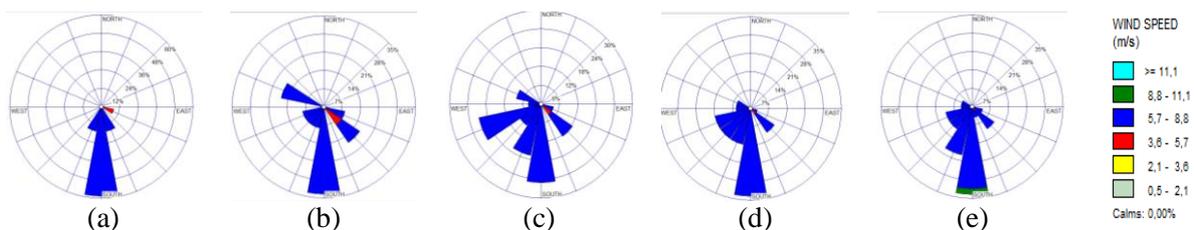
Berdasarkan Tabel 2 diatas diperoleh persamaan regresi linear berganda sebagai berikut:

$$Y = -1332 + (-0,2)X_1 + 44X_2 + 3X_3 + (14)X_4 + e \quad (1)$$

Berdasarkan tabel hasil analisis regresi linear diperoleh Fhitung sebesar 1,213 dengan menggunakan tingkat keyakinan 95% atau  $\alpha = 5\%$ ,  $df = 4$ , maka akan diperoleh Ftabel sebesar 2,5396 dengan demikian  $F_{hitung} = 1,213 < F_{tabel} = 2,5396$ , maka dapat disimpulkan  $H_0$  ditolak yaitu ada pengaruh signifikan parameter cuaca terhadap kosentrasi PM<sub>10</sub> secara bersama-sama.

### Arah Sebaran Angin dan Kecepatan Angin

Arah penyebaran angin dan kecepatan angin dianalisis menggunakan grafik bunga (*wind rose*) output dari *wrplot*. Grafik bunga penyebaran angin dan kecepatan angin dari Tahun 2015 – 2019 seperti pada Gambar 6.



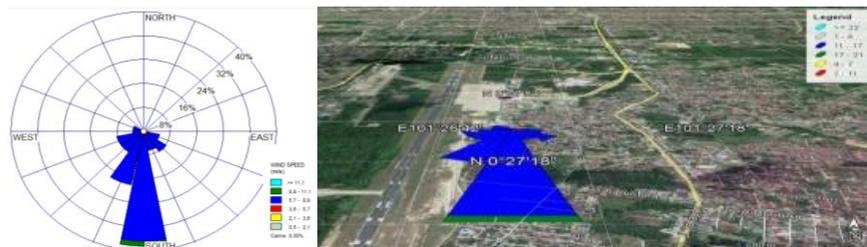
**Gambar 6.** Grafik bunga arah penyebaran angin dan kecepatan angin: (a) 2015; (b) 2016; (c) 2017; (d) 2018; dan (e) 2019.

Gambar 6 (a) grafik bunga 2015 menunjukkan bahwa arah angin dominan dari arah Selatan dengan persentase 34%, hal ini daerah Selatan dari BMKG berada pada keadaan angin sepoi segar yang artinya pohon kecil mulai bergoyang dan timbul gelombang kecil pada perairan pedalaman. Kecepatan angin terbanyak 5,7 – 8,8 m/s dengan persentase 91,7% yang menunjukkan daerah warna biru yang terjadi pada daerah Selatan BMKG Kota Pekanbaru. Gambar 6 (b) grafik bunga 2016 menunjukkan bahwa arah angin dominan dari arah Selatan dengan persentase 34%, hal ini daerah Selatan dari BMKG berada pada keadaan angin sepoi segar yang artinya

pohon kecil mulai bergoyang dan timbul gelombang kecil pada perairan pedalaman. Kecepatan angin terbanyak 8,8 – 11,1 m/s dengan persentase 91,7% yang menunjukkan daerah warna biru. Gambar 6 (c) grafik bunga 2017 menunjukkan bahwa arah angin dominan dari arah Barat daya dengan persentase 34%, hal ini daerah Selatan dari BMKG berada pada keadaan angin sepoi segar yang artinya pohon kecil mulai bergoyang dan timbul gelombang kecil pada perairan pedalaman. Kecepatan angin terbanyak 8,8 – 11,1 m/s dengan persentase 100% yang menunjukkan daerah warna biru. Gambar 6 (d) grafik bunga 2018 menunjukkan bahwa arah angin dominan dari

arah Selatan dengan persentase 50%, hal ini daerah Selatan dari BMKG berada pada keadaan angin sepoi segar yang artinya pohon kecil mulai bergoyang dan timbul gelombang kecil pada perairan pedalaman. Kecepatan angin terbanyak 8,8 – 11,1 m/s dengan persentase 100% yang menunjukkan daerah warna hijau. Gambar 6 (e) menunjukkan bahwa arah angin dan kecepatan angin pada Tahun 2019 dominan bergerak dari Selatan dari

BMKG Kota Pekanbaru dengan persentase 33,5%. Kecepatan angin terbanyak atau peningkatan kecepatan angin yaitu sebesar 8,8 – 11,1 m/s atau 31,48 – 38,89 km/jam dengan persentase 8,3% terjadi pada daerah Selatan dari BMKG, dalam hal ini daerah Selatan dari BMKG berada pada keadaan angin sepoi segar yang artinya pohon kecil mulai bergoyang dan timbul gelombang kecil pada perairan pedalaman.

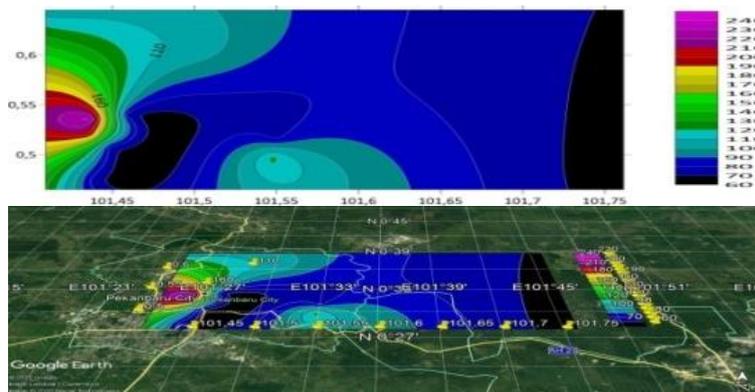


**Gambar 7.** Pemetaan arah dan kecepatan angin pada Tahun 2015 – 2019.

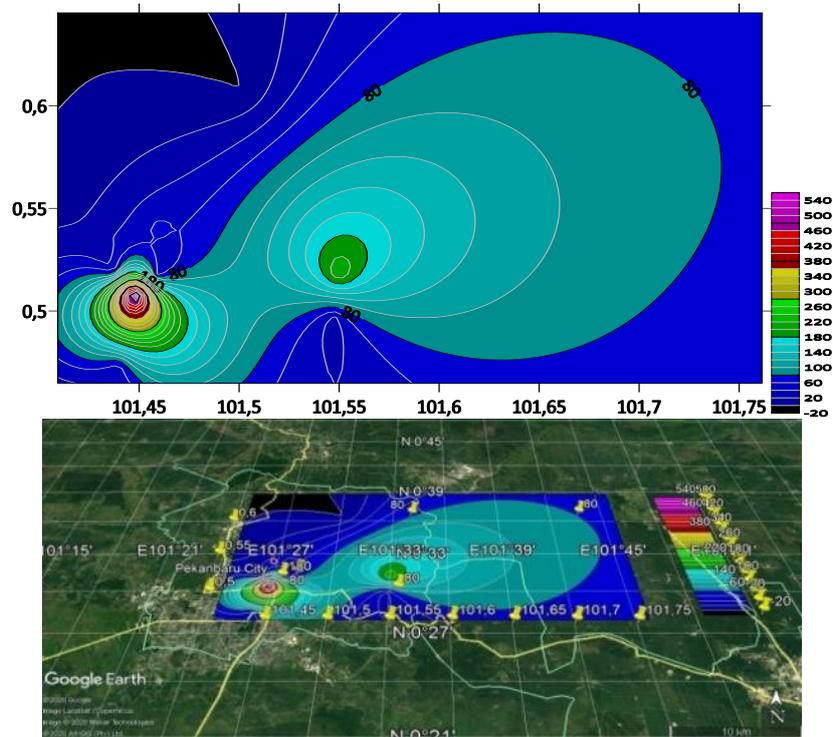
Gambar 7 menunjukkan bahwa arah dan kecepatan angin pada Tahun 2015 – 2019 bergerak dari Selatan menuju arah Timur laut dari BMKG Kota Pekanbaru. Arah angin dominan dari Selatan dengan kecepatan angin 5,7 – 8,8 m/s dan persentase 94,4%. Angin terbanyak terjadi pada daerah Selatan BMKG dengan kecepatan angin 8,8 – 11 m/s atau 31,48 – 38,89 km/jam, dalam hal ini daerah Selatan dari BMKG berada pada keadaan angin sepoi segar yang artinya pohon kecil mulai bergoyang dan timbul gelombang kecil pada perairan pedalaman. Daerah yang berada pada Timur Laut BMKG Kota Pekanbaru adalah Kecamatan Tenayan Raya dan Limapuluh.

### Pola Sebaran Angin dan $PM_{10}$

Gambar 8 menunjukkan bahwa pola sebaran  $PM_{10}$  pada Tahun 2015 bernilai maksimum dan mengalami pengumpulan  $PM_{10}$  pada garis lintang  $0^{\circ}54'$  LU dan garis bujur  $101^{\circ}42'$  BT yaitu  $230 - 240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan mengalami pengumpulan  $PM_{10}$  pada garis lintang  $0^{\circ}49'$  LU dan garis bujur  $101^{\circ}55'$  BT yaitu sebesar  $120 - 130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Garis lintang  $0^{\circ}54'$  LU dan garis bujur  $101^{\circ}42'$  BT menunjukkan Kecamatan Senapelan yang memiliki topografi datar dan garis lintang  $0^{\circ}49'$  LU dan garis bujur  $101^{\circ}55'$  BT menunjukkan Kecamatan Tenayan Raya memiliki topografi landai dan sebagian wilayahnya datar.



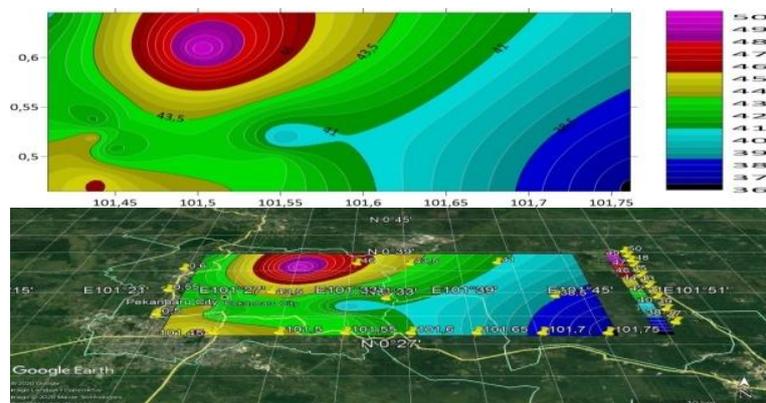
**Gambar 8.** Pemetaan pola sebaran  $PM_{10}$  pada Tahun 2015.



**Gambar 9.** Pemetaan pola sebaran  $PM_{10}$  pada Tahun 2016.

Gambar 9 menunjukkan bahwa pola sebaran kadar  $PM_{10}$  pada Tahun 2016 bernilai maksimum dan terjadi pengumpulan  $PM_{10}$  pada garis lintang  $0^{\circ}54'$  LU dan garis bujur  $101^{\circ}44'$  BT yaitu  $500 - 540 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan terjadi pengumpulan  $PM_{10}$  pada garis lintang  $0^{\circ}53'$  LU dan garis bujur  $101^{\circ}55'$  BT yaitu sebesar  $220 -$

$260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Garis lintang  $0^{\circ}54'$  LU dan garis bujur  $101^{\circ}44'$  BT menunjukkan Kecamatan Lima Puluh yang memiliki topografi datar, garis lintang  $0^{\circ}53'$  LU dan garis bujur  $101^{\circ}55'$  BT menunjukkan Kecamatan Tenayan Raya yang memiliki topografi landai dan sebagian wilayahnya datar.



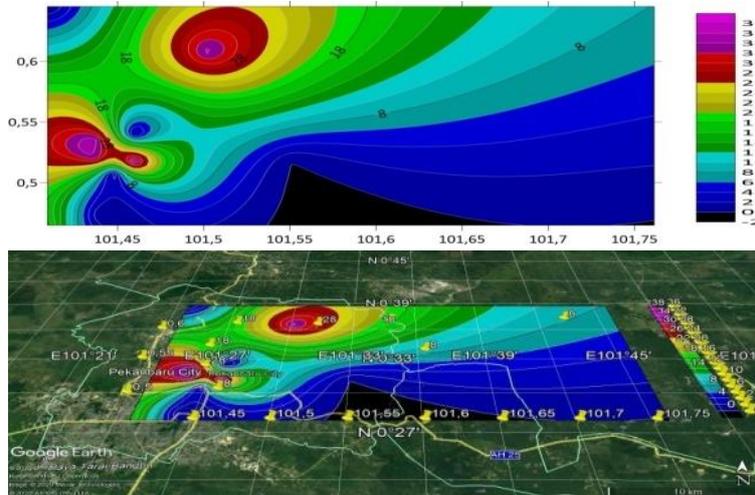
**Gambar 10.** Pemetaan pola sebaran  $PM_{10}$  pada Tahun 2017.

Gambar 10 menunjukkan bahwa pola sebaran  $PM_{10}$  pada Tahun 2017 bernilai maksimum dan mengalami pengumpulan  $PM_{10}$  pada garis lintang  $0^{\circ}61'$  LU dan garis bujur  $101^{\circ}51'$  BT yaitu  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , yang menunjukkan Kecamatan Rumbai Pesisir yang memiliki topografi yang curam. Terjadinya pengumpulan  $PM_{10}$  pada

garis lintang  $0^{\circ}53'$  LU dan garis bujur  $101^{\circ}55'$  BT yaitu sebesar  $40 - 41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , yang menunjukkan Kecamatan Tenayan Raya yang memiliki topografi landai dan sebagian wilayahnya datar. Terjadinya pengumpulan  $PM_{10}$  pada garis lintang  $0^{\circ}52'$  LU dan garis bujur  $101^{\circ}46'$  BT yaitu sebesar  $42 - 43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

yang menunjukkan Kecamatan Sail yang memiliki topografi yang datar. Terjadinya pengumpulan PM<sub>10</sub> pada garis lintang 0°41' LU dan garis bujur 101°44' BT yaitu sebesar 46 – 47 μg/m<sup>3</sup>, yang menunjukkan Kecamatan Tampan yang memiliki topografi yang datar

dan terjadinya pengumpulan PM<sub>10</sub> pada garis lintang 0°54' LU dan garis bujur 101°44' BT yaitu sebesar 42 – 43 μg/m<sup>3</sup>, yang menunjukkan Kecamatan Limapuluh yang memiliki topografi yang datar.



**Gambar 11.** Pemetaan pola sebaran PM<sub>10</sub> pada Tahun 2018.

Gambar 11 menunjukkan bahwa pola sebaran PM<sub>10</sub> pada Tahun 2018 bernilai maksimum dan mengalami pengumpulan PM<sub>10</sub> pada garis lintang 0°52' LU dan garis bujur 101°42' BT yaitu 36 – 38 μg/m<sup>3</sup>, yang menunjukkan Kecamatan Senapelan yang memiliki topografi yang datar. Terjadinya pengumpulan PM<sub>10</sub> pada garis lintang 0°61' LU dan garis bujur 101°50' BT yaitu sebesar 34 – 36 μg/m<sup>3</sup>, yang menunjukkan Kecamatan Rumbai Pesisir yang

memiliki topografi agak curam. Terjadinya pengumpulan PM<sub>10</sub> pada garis lintang 0°52' LU dan garis bujur 101°46' BT yaitu sebesar 26 – 28 μg/m<sup>3</sup>, yang menunjukkan Kecamatan Sail yang memiliki topografi yang datar dan terjadinya pengumpulan PM<sub>10</sub> pada garis lintang 0°54' LU dan garis bujur 101°46' BT yaitu sebesar 4 – 6 μg/m<sup>3</sup>, yang menunjukkan Kecamatan Limapuluh yang memiliki topografi yang datar.



**Gambar 12.** Pemetaan pola sebaran PM<sub>10</sub> pada Tahun 2019.

Gambar 12 menunjukkan bahwa pola sebaran angin terjadi pengumpulan pada garis lintang 0°48' dengan garis bujur 101°55' dan garis lintang 0°54' dengan garis bujur 101°46', dalam hal ini menurut titik koordinat Kecamatan yang ada di Kota Pekanbaru, daerah

tersebut menuju Kecamatan Tenayan Raya dan Limapuluh. Gambar 12 menunjukkan bahwa pola sebaran angin bernilai maksimum pada garis lintang 0°51' dan garis bujur 101°45', daerah tersebut menunjukkan Kecamatan Sail. Terbentuk pola pengumpulan angin pada garis

lintang  $0^{\circ}53'$  dan garis bujur  $101^{\circ}43'$ , menunjukkan daerah Kecamatan Senapelan. Terbentuk pola pengumpulan angin pada garis lintang  $0^{\circ}49'$  dan garis bujur  $101^{\circ}55'$ , yang menunjukkan daerah Kecamatan Tenayan Raya. dan bernilai minimum pada garis lintang  $0^{\circ}54'$  dan garis bujur  $101^{\circ}46'$  dengan nilai 105 – 110 dengan pola berwarna hitam, menunjukkan Kecamatan Limapuluh, hal ini sesuai dengan hasil penelitian

Berdasarkan gambar 8 sampai 12, pola sebaran  $PM_{10}$  dari Tahun 2015 sampai Tahun 2019 menuju ke arah Timur Laut BMKG Kota Pekanbaru, berdasarkan pola sebaran  $PM_{10}$  dari Tahun 2015 – 2019 kadar  $PM_{10}$   $PM_{10}$  terbanyak terjadi pada Tahun 2016 yang terbentuk pola sebaran pada Kecamatan Limapuluh. Wilayah Kecamatan Lima Puluh selalu terjadi pengumpulan atau akumulasi  $PM_{10}$  dari Tahun 2015 – 2019, hal ini di sebabkan oleh arah angin terbanyak dari Tahun 2015 – 2019 menuju daerah Kecamatan Lima Puluh dengan kecepatan angin 31,48 – 38,89 km/jam dan jarak Kecamatan Lima Puluh ke BMKG Kota Pekanbaru sejauh 11,4 km.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis dapat disimpulkan bahwa tinggi rendahnya konsentrasi  $PM_{10}$  dipengaruhi oleh faktor tinggi rendahnya intensitas curah hujan, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin. Kadar  $PM_{10}$  di Kota Madya Pekanbaru. Arah dan kecepatan angin diolah menggunakan *wrplot 17* dan pola sebaran  $PM_{10}$  diolah menggunakan *Surfer 17*. Arah dan kecepatan angin menunjukkan daerah penerima  $PM_{10}$  dan pola sebaran angin menunjukkan daerah yang mengalami akumulasi  $PM_{10}$ ,  $PM_{10}$  pada Tahun 2019 terakumulasi di dua daerah pada Kecamatan LimaPuluh, hal ini disebabkan oleh arah angin dominan menuju kearah Kecamatan LimaPuluh. Arah angin, kecepatan angin, akumulasi  $PM_{10}$  dari Tahun 2015 – 2019 menunjukkan bahwa di Kecamatan Lima Puluh selalu terjadi akumulasi  $PM_{10}$  setiap Tahunnya, hal ini di sebabkan oleh topografi Kecamatan

Lima Puluh yang datar dan angin dominan menuju Kecamatan Lima Puluh setiap tahunnya

## REFERENSI

1. Soedomo, M. (2001). Pencemaran udara. Bandung: Penerbit ITB.
2. Cifor. (2003). Kabut asap. Jakarta: Majalah Gema BNPB.
3. Saktioto, S., Defrianto, D., Syech, R., Syahril, S., & Risanto, J. (2018). Strategi penanggulangan kebakaran pada lahan gambut dengan menggunakan pendekatan eko-teknologi pada masyarakat petani di Desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(2), 156–159.
4. Seprima, M. & Defrianto, D. (2020). Prediksi curah hujan dan kelembaban udara Kota Pekanbaru menggunakan metode Monte Carlo. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(3), 134–138.
5. Yuliana, F., Zulkarnain, Z., & Malasan, H. L. (2019). Penentuan komposisi kimiawi atmosfer dan temperatur efektif pada bintang Vega ( $\alpha$  Lyr) dengan menggunakan metode spektroskopi absorpsi. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **16**(2), 96–102.
6. Syech, R., Malik, U., & Fitriani, R. (2018). Analisis pengaruh partikulat matter  $PM_{10}$  terhadap suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin di daerah kulim kota pekanbaru. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **14**(2), 1032–1036.
7. Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Pemerintah (BAPPEDA) Kota Pekanbaru. (2012). Kondisi geografi Kota Pekanbaru. Pekanbaru: BAPPEDA.
8. Soerbakti, Y., Syahputra, R. F., Saktioto, S., & Gamal, M. D. H. (2020). Investigasi kinerja antena berdasarkan dispersi anomali metamaterial struktur heksagonal split ring resonator. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(2), 74–79.
9. Pertiwi, M., Muhammad, J., Farma, R., & Saktioto, S. (2020). Analysis of shallow

- well depth prediction: A study of temporal variation of GRACE satellite data in Tampan District-Pekanbaru, Indonesia. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 27–36.
10. Febrianti, A., Hamdi, M., & Juandi, M. (2021). Analysis of Non-Destructive Testing Ultrasonic Signal for Detection of Defective Materials Based on the Simulink Matlab Mathematica Computation Method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 46-58.
11. Assabraini, Sugianto, Syech, R. (2013). Konsentrasi *particulate matter* dan faktor yang mempengaruhi keadaan udara di Kota Pekanbaru menggunakan alat ambient dust analyzer. *Jurnal Universitas Riau*.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## PEMBUATAN ELEKTRODA KARBON AKTIF DARI TANDAN KOSONG BUAH AREN DENGAN VARIASI SUHU KARBONISASI

Irma Apriyani\*, Rakhmawati Farma

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [irmaapriyani445@gmail.com](mailto:irmaapriyani445@gmail.com)

### ABSTRACT

*The preparation and characterization of the physical properties of activated carbon electrodes derived from the biomass of empty palm fruit bunches were analyzed by varying the carbonization temperature. Biomass of empty palm fruit bunches is selected as a base material for making carbon electrodes through a pre-carbonization process, chemical activation with KOH 0.5 M activator, carbonization process with variations in temperature 650 °C, 700 °C, 750 °C, and 800 °C under an N<sub>2</sub> gas environment, and activated by CO<sub>2</sub> gas at 900 °C. Reduce of carbon mass by 20.182 % and produce carbon powder. Thermogravimetry show that thermal resistance temperature of 307 °C a carbon powder. The density value of each carbon electrode for carbonization temperature of 650 °C, 700 °C, 750 °C and 800 °C is 0.557 g/cm<sup>3</sup>, 0.622 g/cm<sup>3</sup>, and 0.702 g/cm<sup>3</sup>, respectively. Microstructure analysis shows that amorphous structure for the activated carbon electrodes showed by the presence of the peaks of 2θ around 24° and 44°. The results showed that the temperature of 700 °C is the best carbonization temperature in production of carbon electrodes from TKBA.*

**Keywords:** Electrodes, Activated Carbon, Carbonization Temperature, Empty Palm Fruit Bunches.

### ABSTRAK

*Pembuatan dan karakterisasi sifat fisis elektroda karbon aktif yang berbahan dasar limbah biomassa tandan kosong buah aren telah dianalisis dengan memvariasikan suhu karbonisasi. Biomassa tandan kosong buah aren sebagai bahan dasar pembuatan elektroda karbon melalui proses pra-karbonisasi, aktivasi kimia dengan aktivator KOH 0,5 M, proses karbonisasi dengan variasi suhu 650 °C, 700 °C, 750 °C, dan 800 °C dialiri gas nitrogen dan proses aktivasi fisika pada suhu 900<sup>0</sup>C dialiri gas karbon dioksida. Penyusutan massa karbon sebesar 20,182% dan menghasilkan serbuk karbon. Termogravimetri menunjukkan bahwa suhu tahanan termal serbuk karbon adalah 307<sup>0</sup>C. Nilai densitas dari masing-masing elektroda karbon untuk suhu karbonisasi 650 °C, 700 °C, 750 °C, dan 800 °C adalah 0,832 g/cm<sup>3</sup>, 0,557 g/cm<sup>3</sup>, 0,622 g/cm<sup>3</sup>, dan 0,702 g/cm<sup>3</sup>. Analisis struktur mikro menunjukkan bahwa elektroda karbon bersifat amorf ditunjukkan dengan adanya puncak pada sudut 2θ sekitar 24° dan 44°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu 700 °C merupakan suhu karbonisasi terbaik untuk elektroda karbon dari TKBA.*

**Kata kunci:** Elektroda, Karbon Aktif, Suhu Karbonisasi, Tandan Kosong Buah Aren.

*Diterima 17-09-2020 | Disetujui 06-02-2021 | Dipublikasi 31-03-2021*

### PENDAHULUAN

Energi telah menjadi kebutuhan mendasar bagi masyarakat, salah satunya adalah energi listrik yang menjadi komponen utama dalam kehidupan sehari-hari [1]. Kebutuhan energi masih sangat bergantung kepada energi fosil, jika dipakai terus-menerus bahan bakar fosil akan habis dan tidak akan dapat diciptakan

kembali, terjadinya polusi gas rumah kaca yang meningkatkan radiasi dan memberikan kontribusi pada pemanasan global [2]. Kondisi ini membuat Indonesia mengalami krisis energi nasional, sehingga diperlukan suatu terobosan dan sumber energi lain yang terbarukan, ramah lingkungan, efektif, efisien, dan dapat diterapkan oleh masyarakat luas untuk

menggantikan bahan bakar fosil [3]. Sumber energi terbarukan tersebut yaitu Biomassa yang akan diolah menjadi karbon aktif [4].

Biomassa adalah bahan organik berupa limbah dari produk primernya yang dapat diproduksi secara berulang sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*) [5]. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman berkayu, tanaman berumput, limbah pertanian, limbah hutan dan lain-lain (dalam bentuk ranting, daun kering, cabang mati, biji). Biomassa mengandung selulosa, hemiselulosa, lignin, dan unsur karbon, sehingga biomassa dapat diolah menjadi karbon aktif.

Karbon aktif dikenal sebagai char aktif atau spon padat yang bersifat amorf, senyawa karbon non-grafit [6]. Mereka memiliki banyak *finger print* tanpa formula kimia tertentu [7]. Karbon aktif merupakan material organik dengan kandungan karbon yang tinggi yang mengalami proses karbonisasi dan aktivasi sehingga memiliki luas permukaan yang sangat luas dan memiliki kemampuan daya serap yang baik [8-10]. Karbon aktif banyak digunakan dalam berbagai aplikasi elektrokimia salah satunya adalah sebagai bahan elektroda [11,12]. Hal ini dikarenakan harga yang murah, bahan dasar yang mudah didapat dari berbagai jenis bahan alam, mudah dalam mensintesa, bisa diperoleh dalam bentuk granular (0,2 – 5 mm), bubuk (0,15 – 0,25 mm) dan Pelet (0,8 – 5,0 mm) [13], luas permukaan yang besar dan porinya yang bisa diatur.

Enau atau aren (*Arange Pinnata Merr*) merupakan tumbuhan palmae yang menghasilkan gula merah [14] dan banyak diminati oleh masyarakat Indonesia. Secara umum hampir semua bagian dari pohon aren dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam kebutuhan seperti bagian fisik (akar, batang, daun, ijuk dan lain-lain) maupun hasil produksinya (nira, pati/tepung dan buah) yang memiliki nilai ekonomi dipasaran [15], akan tetapi salah satu bagian dari pohon aren yaitu tandan kosong buah aren (TKBA) terbuang secara percuma dan dianggap menjadi limbah [16]. Salah satu negara penghasil pohon aren

terbesar didunia adalah Indonesia, sehingga dapat meningkatkan produksi limbah TKBA. TKBA berpotensi dijadikan karbon aktif untuk aplikasi elektroda sel superkapasitor karena memiliki kandungan lignoselulosa.

Bahan dasar pembuatan elektroda karbon aktif dari TKBA diperoleh dengan tahapan pra-karbonisasi, aktivasi kimia, karbonisasi dan aktivasi fisika. Tahapan pra-karbonisasi menggunakan oven pada suhu 200 °C selama 1 jam. Aktivator kimia yang digunakan adalah KOH 0,5 M. Tahapan karbonisasi dilakukan dengan mengaliri gas nitrogen dengan suhu yang divariasikan dan tahapan aktivasi fisika dilakukan dengan mengaliri gas CO<sub>2</sub>.

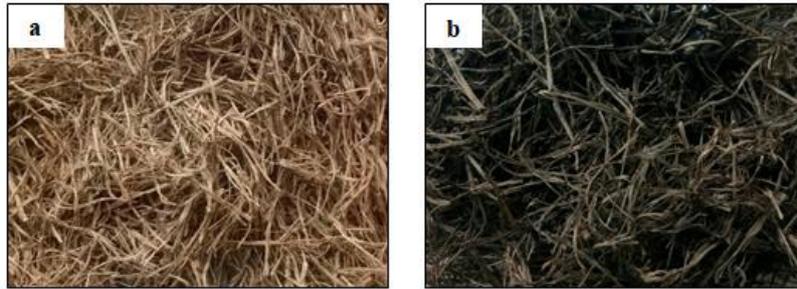
## METODE PENELITIAN

Pembuatan elektroda karbon aktif berbahan dasar limbah biomassa TKBA melalui proses pengeringan sinar matahari hingga biomassa TKBA memiliki massa konstan. Proses pra-karbonisasi menggunakan oven pada suhu 200 °C selama 1 jam dan proses penghalusan dilakukan menggunakan mortar dan *ball milling*. Proses aktivasi kimia menggunakan aktivator kimia KOH 0,5 M. Pencetakan pelet menggunakan *hydraulic prees* dengan tekanan 8 ton ditahan selama 2 menit. Proses karbonisasi dan aktivasi fisika dilakukan secara terintegrasi, proses karbonisasi dilakukan menggunakan suhu 650 °C, 700 °C, 750 °C, dan 800 °C selama 1 jam dialiri gas nitrogen dan proses aktivasi fisika dilakukan menggunakan suhu 900 °C dialiri gas karbon dioksida selama 2,5 jam. Masing-masing sampel kemudian dilakukan pengujian sifat fisika.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penyusutan Massa Karbon

Proses pra-karbonisasi menyebabkan penyusutan massa dan perubahan warna pada tandan kosong buah aren dari warna coklat muda menjadi warna coklat kehitaman seperti terlihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** TKBA (a) sebelum pra-karbonisasi (b) sesudah pra-karbonisasi.

**Tabel 1.** Persentase susut massa pra-karbonisasi.

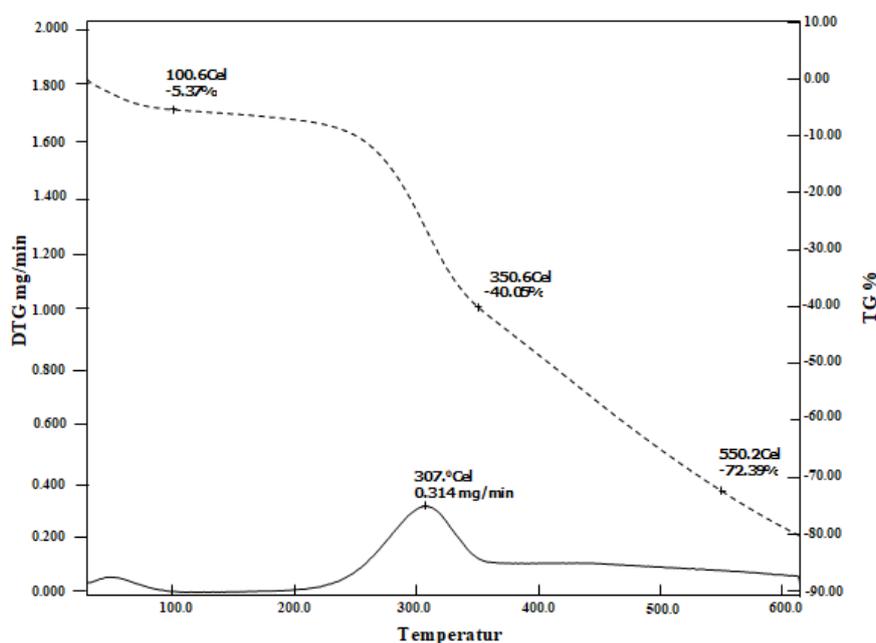
Nomor Pembakaran	Sesudah Pra-Karbonisasi (gr)	Susut Massa (%)
1	23,37	22,10
2	24,85	17,16
3	23,25	22,50
4	24,50	18,40
5	24,31	18,97
6	23,27	22,43
7	23,68	21,06
8	23,61	21,30
9	24,51	18,30
10	24,10	19,60
Rata-rata		20,182

Massa keseluruhan dari biomassa TKBA sebelum dilakukannya proses pra-karbonisasi

yaitu 300 gr dan massa keseluruhan sesudah dilakukan pra-karbonisasi adalah 239,45 gr. Jadi rata-rata persentase susut massa hasil dari pra-karbonisasi pada penelitian ini adalah 20,182%. Hal tersebut terjadi karena biomassa tandan kosong buah aren memulai pemutusan rantai ikatan lignoselulosa (lignin, selulosa dan hemiselulosa) menjadi lebih sederhana dan kadar air yang terkandung di dalam biomassa tandan kosong buah aren berkurang (proses dehidrasi).

### Thermogravimetric Analysis

Thermogravimetric analisis bertujuan untuk menganalisis perilaku dari hemiselulosa, selulosa dan lignin dari biomassa tandan kosong buah aren selama proses dekomposisi.



**Gambar 2.** Thermogravimetric analisis.

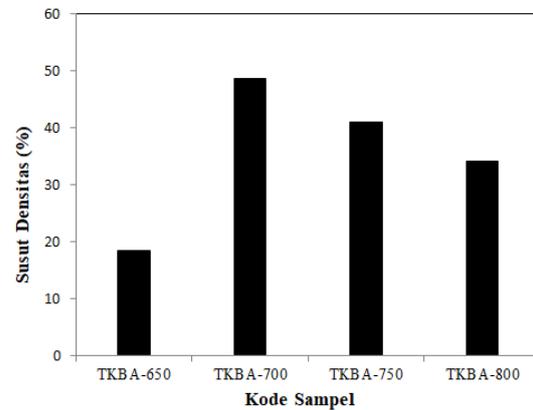
Pada Gambar 2, kurva yang menggunakan garis putus-putus adalah grafik *weight loss* (TG) fungsi waktu terhadap peningkatan temperatur yang menunjukkan bahwa pada suhu 100,6 °C terjadi susut massa 5,37% hal tersebut terjadi karena pelepasan uap air dan penguapan air dari biomassa tandan kosong buah aren (proses dehidrasi). Pada suhu 350,6 °C terjadi susut massa 40,05% hal tersebut terjadi karena dekomposisi zat volatil (hemiselulosa, selulosa dan lignin) secara bersamaan dari biomassa. Pada suhu 550,2 °C terjadi susut massa 72,39% kehilangan massa primer disebabkan oleh penguraian struktur polimer dalam lignin [17].

Kurva yang menggunakan garis lurus adalah kurva laju susut massa atau kurva *differential thermal gravimetry* (DTG) terhadap peningkatan temperatur yang menunjukkan susut massa yang terjadi secara signifikan pada suhu 307 °C dengan kecepatan penguraian sebesar 0,314 mg/min. Pada suhu tersebut penguraian senyawa lignoselulosa (hemiselulosa, selulosa dan lignin) secara bersamaan dan terjadi susut massa dengan persentase yang tinggi. Data DTG memperjelas hasil data dari TG yang menyimpulkan bahwa pada suhu 307 °C merupakan suhu tahanan termal untuk biomassa tandan kosong buah aren, suhu tersebut digunakan untuk suhu tahanan termal pada proses karbonisasi dan aktivasi fisika.

### Hasil Analisis Densitas Elektroda Karbon

Gambar 3 memperlihatkan penyusutan densitas terjadi pada elektroda karbon TKBA-650, TKBA-700, TKBA-750, dan TKBA-800 setelah proses karbonisasi-aktivasi fisika masing-masing sebesar 18,499 gr/cm<sup>3</sup>, 48,759 gr/cm<sup>3</sup>, 40,944 gr/cm<sup>3</sup> dan 34,197 gr/cm<sup>3</sup>. Penyusutan densitas tertinggi elektroda karbon dimiliki oleh TKBA-700 dikarenakan semakin tinggi suhu karbonisasi maka ikatan oksigen, hidrogen dan karbon menjadi lemah, hal tersebut menyebabkan mudahnya gas nitrogen mereduksi oksigen dan hidrogen terlepas dari

karbon (reaksi disosiasi). Reaksi disosiasi tersebut menyebabkan berkurangnya oksigen dan hidrogen dalam elektroda karbon sehingga terjadinya penyusutan massa.

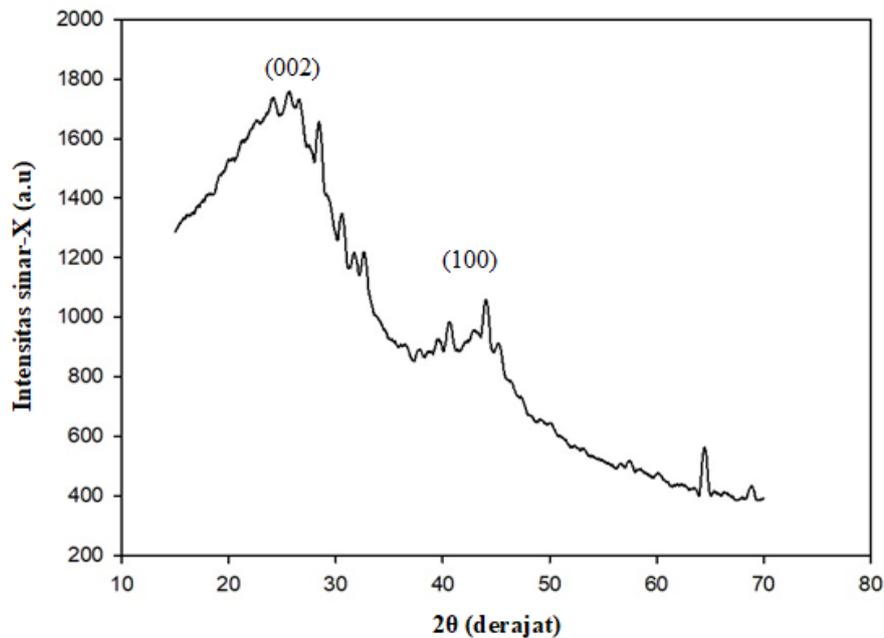


**Gambar 3.** Penyusutan densitas.

Elektroda karbon TKBA-750 dan TKBA-800 menunjukkan penyusutan densitas lebih kecil dibandingkan dengan TKBA-700 dikarenakan suhu karbonisasi semakin tinggi akan merusak elektroda karbon yang disebabkan oleh proses reduksi secara berlebihan [18]. Suhu karbonisasi 700 °C merupakan pemanasan terbaik untuk mendapatkan nilai densitas yang rendah sehingga didapatkan nilai porositas yang tinggi pada elektroda karbon TKBA.

### Analisis Struktur Mikro Elektroda Karbon

Pada Gambar 4, difraktogram sinar-X untuk semua elektroda TKBA menunjukkan pola difraksi yang sama dengan dua puncak landai yang merupakan tipekal bahan karbon, pola tersebut muncul pada sudut difraksi sekitar 2θ sekitar 24° dan 44° yang sesuai dengan orientasi bidang (002) dan (100) [19]. Bidang (002) dan (100) mengindikasikan struktur karbon yang tidak teratur atau semikristalin dengan dua puncak yang landai [20], kesamaan pola difraksi pada setiap elektroda karbon menunjukkan bahwa, semua elektroda karbon dalam bentuk semikristalin.



**Gambar 4.** Pola Difraksi Sinar-X Elektroda Karbon.

## KESIMPULAN

Hasil dan pembahasan menunjukkan suhu karbonisasi 700 °C merupakan suhu terbaik untuk pembuatan elektroda karbon dari tandan kasong buah aren. Suhu tahanan termal serbuk karbon tandan kosong buah aren yaitu 307 °C yang digunakan untuk proses karbonisasi dan aktivasi fisika. Nilai densitas dari masing-masing elektroda karbon untuk suhu karbonisasi 650 °C, 700 °C, 750 °C, dan 800 °C adalah 0,832 g/cm<sup>3</sup>, 0,557 g/cm<sup>3</sup>, 0,622 g/cm<sup>3</sup>, dan 0,702 g/cm<sup>3</sup>. Analisis struktur mikro menunjukkan bahwa elektroda karbon bersifat amorf ditunjukkan dengan adanya puncak pada sudut 2θ sekitar 24° dan 44°.

## REFERENSI

1. Ahmed, S., Ahmed, A., & Rafat, M. (2019). Investigation on activated carbon derived from biomassa butnea monosperma and its application as a high performance supercapacitor Electroda. *Journal of Energy Stronge*, **26**, 1–10.
2. Yin, L., Chen, Y., Zhou, X. L. D., Hou, B., & Cau, B. (2016). 3-dimensional hierarchical porous activated carbon derived from coconut fibers with high-rate performance for symmetric supercapacitors. *Materials and Design*, **111**, 44–50.
3. Wang, Y. & Yang, Y. (2019). superhydrophobic surfaces-based redox-induced electricity from water droplets for self-powered wearable electronics. *Nano Energy*, **56**, 547–554.
4. Awasthi, P. G., Bhattarai, P. D., Maharjan, B., Kim, K., Park, H. C., & Kim, S. C. (2018). synthesis and characterizations of activated carbon from wisteria sinensis seeds biomass for energy stronge applications. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, **24**, 561–756.
5. Sun, G., Qiu, L., Zhu, M., Kang, K., & Guo, X. (2018). Activated carbons prepared by hydrothermal pretreatment and chemical activation of eucommia ulmoides wood for supercapacitors application. *Industrial Crops and Products*, **125**, 41–49.
6. Mayyas, M. & Sahajwalla, V. (2019). Carbon nano-sponge with enhanced electrochemical properties: A new understanding of carbon activation. *Chemistry Engineeringi*, **358**, 980–991.

7. Khan, J. H., Marpaung, F., Young, C., Lin, J., Islam, M.T., Alsheri, S. M., Ahmad, T., Alhokbany, N., Ariga, K., Shrestha, L. K., Yamauchi, Y., Wu, K. C. W., Hossain, M. S. A., & Kim, J. (2019). Jute-derived microporous/mesoporous carbon with ultra-high surface area using a chemical activation process. *Microporous Mesoporous Mater*, **274**, 251–256.
8. Buczek, B. (2016). Preparation of Active Carbon by Additional Activation with Potassium Hydroxide and Characterization of Their Properties. *Advances in Materials Science and Engineering*, **2016**, 1–4.
9. Putri, M. S. D., Awitdrus, A., & Manullang, R. K. (2020). Penyerapan logam berat Pb Dan Cu menggunakan karbon aktif berbasis mahkota nanas dengan variasi konsentrasi kalium hidroksida. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(1), 30–34.
10. Kartikasari, N., Farma, R., & Awitdrus, A. (2018). Pengaruh aktivasi kimia dengan bantuan iradiasi gelombang mikro terhadap sifat fisis karbon aktif dari sekam padi sebagai adsorben. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(1), 71–76.
11. Saputrina, T. T., Iwantono, I., Awitdrus, A., & Umar, A. A. (2020). Performances of dye-sensitized solar cell (DSSC) with working electrode of aluminum-doped ZnO nanorods. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 1–7.
12. Hidayat, T., Dewi, R., & Hamzah, Y. (2021). Effect of holding time on optical structure properties of Ba (Zr<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>) O<sub>3</sub> thin film using sol-gel method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 59–66.
13. Ayinla, T. R., Dennis, O. J., Zaid, M. H., Sanusi, K. Y., Usman, F., & Adebayo, L. L. (2019). A Review of technical advances of recent palm bio-waste conversion to activated carbon for energy storage. *Journal of Cleaner Production*, **229**, 1427–1442.
14. Maghfirah, I., Santoso, H., Syauqi, A. (2019). Uji rendemen nira dan gula semut aren (*Arange Pinnata Merr.*) hasil penyadapan pagi dan sore hari. *E-Jurnal Ilmiah Sains Alami*, **2**, 8–15.
15. Suryansyah., N., & Radian. (2018). Strategi pengembangan agribisnis gula aren di Kabupaten Sekadau. *Jurnal Social Economic of Agriculture*, **7**, 62–72
16. Ilyas, A. R., Sapuan, M. S., & Ishak, R. M. (2018). isolation and characterization of nanocrystalline cellulose from sugar palm fibres (*Arange Pinnata*), **181**, 1038–1051.
17. Basri, H. N., Deraman, M., Kanwal, S., Talib, A. I., & Manjunatha, G. J. (2013). Supercapacitors using binderless composite monolith electrodes from carbon nanotubes and pre-carbonized biomass residues. *SciverseSciencedirec*, **59**, 370–379.
18. Bani, M., Santjojo, H. D., & Masruroh. (2013). pengaruh suhu reaksi reduksi terhadap pemurnian karbon berbahan dasar tempurung kelapa. *Natural B*, **2**, 159–163.
19. Farma, R., Deraman, M., Awitdrus, Talib, I. A., Omar, R., Manjunatha, J. G., Ishak, M. M., & Dollah, B. N. M. (2013). Physical and electrochemical properation of supercapacitor electrodes derived from carbon nanotube and biomass carbon. *Int. J. Electrochem Sci.*, **8**, 257–273.
20. Feng, H., Hu, H., Dong, H., Xia, Y., Cai, B., Lei, Y., & Zheng, M. (2016). Hierarchical structured carbon derived from bagasse wastes: A simple and efficient synthesisroute and its improved electrochemical properties for high-performance supercapacitors. *Journal Power source*, **302**, 164–173.
- 21.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## PENGARUH PENAMBAHAN PERAK PADA MOLEKUL DYE TERHADAP EFISIENSI DYE SENSITIZED SOLAR CELL

Rati Okta Della<sup>\*1</sup>, Iwantono<sup>\*2</sup>

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: <sup>1</sup>rati.okta0412@student.unri.ac.id; <sup>2</sup>iwantono@lecturer.unri.ac.id

### ABSTRACT

*Dye sensitized solar cell (DSSC) is made with a layer arrangement of fluorine tin oxide (FTO), zinc oxide (ZnO), dye, electrolyte, and plastisol. ZnO nanorods which play a role as photoanode in DSSC have been successfully grown on FTO substrate using seed mediated hydrothermal method at temperature of 90 °C for 8 hours. Modification was made to increase the efficiency of DSSC by adding silver (Ag) with concentration of 5 mM into dye molecules. ZnO characterization was performed using ultra violet-visible (UV-Vis) spectroscopy and field emission scanning electron microscopy (FESEM). The strongest UV-Vis absorbance spectrum with the optimum absorbance for the ZnO sample was occurred at the wavelength range of 300 – 360 nm. Meanwhile, for the ZnO sample with addition of 5 mM Ag into dye molecule was occurred at the wavelength range of 440 – 530 nm. FESEM image of the sample shows the as-synthesized ZnO nanorods have hexagonal cross section. I-V characteristics in the light mode was carried out to determine the efficiency of DSSC using a halogen lamp with an intensity of 100 mW/cm<sup>2</sup>. The efficiency of DSSC using ZnO with addition of 5 mM Ag into dye molecule is 0.462%, increases compared to the efficiency of DSSC using ZnO without addition of Ag into dye molecule which only produce 0.45% efficiency. These results indicate that the addition of Ag can increase the efficiency of DSSC.*

**Keywords:** ZnO Nanorods, Seed Mediated Hydrothermal, Ag, DSSC.

### ABSTRAK

*Dye sensitized solar cell (DSSC) dibuat dengan susunan lapisan fluorine tin oxide (FTO), zinc oxide (ZnO), dye, elektrolit, dan plastisol. Nanorod ZnO yang berfungsi sebagai fotoanoda pada DSSC telah berhasil ditumbuhkan di atas substrat FTO dengan metode seed mediated hydrothermal pada suhu 90 °C selama 8 jam. Untuk meningkatkan efisiensi DSSC, dilakukan modifikasi dengan menambahkan perak (Ag) pada molekul dye dengan konsentrasi 5 mM. Karakterisasi ZnO dilakukan dengan menggunakan spektroskopi ultra violet-visible (UV-Vis) dan field emission scanning electron microscopy (FESEM). Spektrum absorbansi UV-Vis paling kuat dengan tingkat penyerapan optimum pada sampel ZnO terjadi pada rentang panjang gelombang 300 – 360 nm. Sedangkan untuk sampel ZnO yang telah ditambahkan Ag 5 mM pada molekul dye spectrum absorbansinya terjadi pada rentang panjang gelombang 540 – 625 nm. Hasil foto FESEM dari sampel memperlihatkan bahwa nanorod ZnO yang tumbuh berpenampang heksagonal. Karakteristik I-V dilakukan untuk menentukan efisiensi DSSC yang dilakukan dalam keadaan disinari lampu halogen dengan intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup>. Terjadi kenaikan efisiensi DSSC pada sampel yang menggunakan ZnO dengan penambahan 5 mM Ag pada molekul dye yaitu sebesar 0,462% dibandingkan dengan sel DSSC yang hanya menggunakan ZnO tanpa penambahan Ag pada molekul dye yang hanya menghasilkan efisiensi sebesar 0,45%. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan Ag dapat meningkatkan efisiensi DSSC.*

**Kata kunci:** Nanorod ZnO, Seed Mediated Hydrothermal, Ag, DSSC.

Diterima 11-10-2020 | Disetujui 12-02-2021 | Dipublikasi 31-03-2021

### PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang meningkat setiap tahun menyebabkan krisis sumber energi.

Sumber energi alternatif yang sedang dikembangkan saat ini adalah energi matahari yang dapat diubah menjadi energi listrik. Jumlah energi matahari yang sampai ke bumi

sangat besar, yaitu mencapai  $3 \times 10^{24}$  Joule pertahun [1]. Sel surya merupakan devais yang digunakan untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik [2]. Sel surya dalam pemanfaatannya bergantung dengan efek fotovoltaiik yaitu akibat foton dengan panjang gelombang tertentu diserap oleh elektron yang kemudian bertransisi dari pita valensi menuju pita konduksi dan mengakibatkan elektron meninggalkan hole [3]. Proses ini dapat terjadi pada material semikonduktor yang mempunyai dua area berbeda, yaitu yang mempunyai kelebihan dan kekurangan elektron [4].

*Dye sensitized solar cell* (DSSC) muncul seiring berkembangnya nanoteknologi, yang ditemukan oleh Michael Graätzel pada tahun 1991. DSSC merupakan sel surya yang menggunakan *dye* sensitizer berbahan organik yang dapat dikembangkan dengan biaya murah dan ramah lingkungan. Secara garis besar, DSSC tersusun atas fotoanoda, elektroda counter, dan elektrolit [5-7]. Sel DSSC menggunakan material semikonduktor sebagai material aktif pada fotoanod, salah satunya yang bisa digunakan yaitu senyawa kimia logam oksida yang sekarang sedang dikembangkan. Salah satu logam oksida yang mempunyai band gap yang lebar adalah *zinc oxide* (ZnO). ZnO memiliki sifat multifungsi dengan kemampuan mengikat energi yang besar, memiliki resistivitas yang rendah, dan memiliki karakteristik penangkap cahaya yang besar [8]. Molekul *dye* berfungsi sebagai penangkap foton cahaya, sedangkan semikonduktor berfungsi menyerap dan meneruskan foton menuju elektron [9]. Pada penelitian ini dilakukan penambahan logam perak (Ag) pada molekul *dye* DSSC. Logam Ag memiliki tingkat kestabilan yang bagus. Penelitian dengan penambahan Ag pada *dye* belum pernah dilakukan, sehingga penulis tertarik untuk melakukan penelitian ini dengan tujuan dapat meningkatkan efisiensi DSSC.

## METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *hexamethylene tetramine*

(HMT), *zinc asetat dihidrat* (ZAD), *zinc nitrate hexahydrate* (ZNH), dan *silver nitrate* ( $\text{AgNO}_3$ ). Sintesis sampel dilakukan dalam 2 tahap yaitu pembenihan dan penumbuhan. Metode ini disebut sebagai metode *seed mediated hydrothermal*.

Larutan pembenihan yang digunakan adalah 0,1 M ZAD dalam DI water. Setelah itu larutan ZAD diteteskan pada substrat dan sampel tersebut dipanaskan selama 30 menit di atas *hot plate* pada suhu 50 °C. Kemudian sampel diannealing selama 1 jam pada suhu 250 °C . Proses penumbuhan dimulai dengan membuat larutan penumbuh yaitu larutan ZNH 0,2 M dan larutan HMT 0,1 M. Kemudian sampel yang telah dibenihkan dimasukkan ke dalam larutan penumbuh. Proses ini dilakukan di dalam oven selama 8 jam dengan suhu 90 °C. Selanjutnya, sampel dikeringkan menggunakan oven selama 15 menit pada suhu 80 °C.

Larutan *dye* N719 12,5 mM dimasukkan ke dalam botol yang sudah dibalut dengan *aluminium foil*. Lalu larutan *dye* disonikasi selama 45 menit supaya homogen. Larutan  $\text{AgNO}_3$  0,1 M dimasukkan kedalam botol. Campuran larutan  $\text{AgNO}_3$  5 mM dan 3 ml larutan *dye* N719 diteteskan secara merata pada sampel yang telah tumbuh ZnO sambil dipanaskan diatas *hot plate* selama 15 menit.

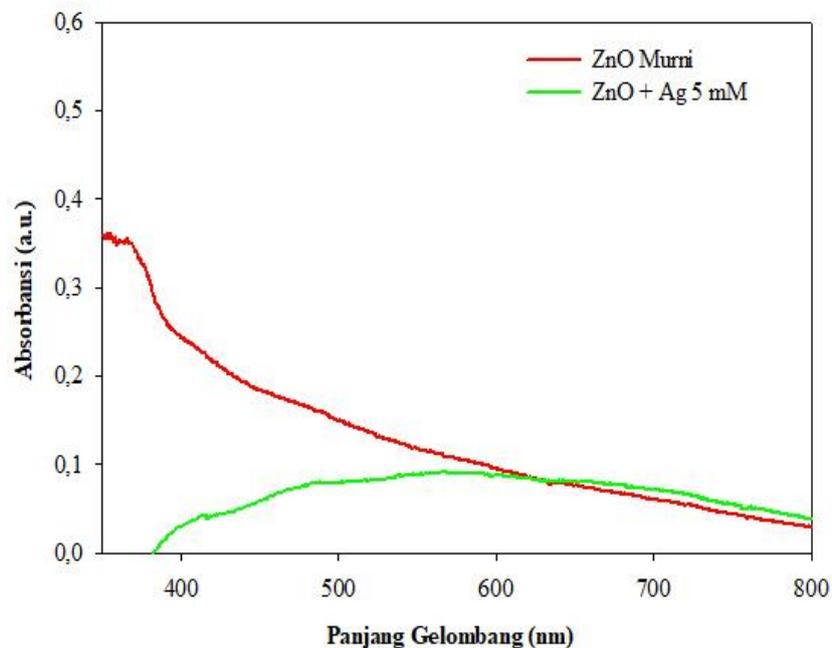
Karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis dan FESEM. Spektroskopi UV-Vis digunakan untuk melihat tingkat absorbansi setiap sampel. Fabrikasi DSSC dimulai dengan membuat batas elektroda yang akan diuji menggunakan parafilm seluas 0,24 cm<sup>2</sup>. Kemudian sel disusun membentuk struktur *sandwich*. Uji sel dilakukan menggunakan solar simulator Keithley 2420. Sel disinari menggunakan lampu halogen dengan intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup> dengan filter AM 1,5G.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 memperlihatkan spektrum absorbansi UV-Vis dari sampel ZnO murni

dan sampel ZnO yang telah ditambahkan Ag 5 mM pada molekul *dye*. Untuk sampel ZnO, Spektrum absorbansi terjadi pada panjang gelombang 300 – 800 nm. Penyerapan kuat untuk ZnO murni seperti terlihat pada Gambar 1 terjadi pada rentang panjang gelombang 300 – 360 nm, sedangkan penyerapan lemah pada rentang panjang gelombang 360 – 800 nm.

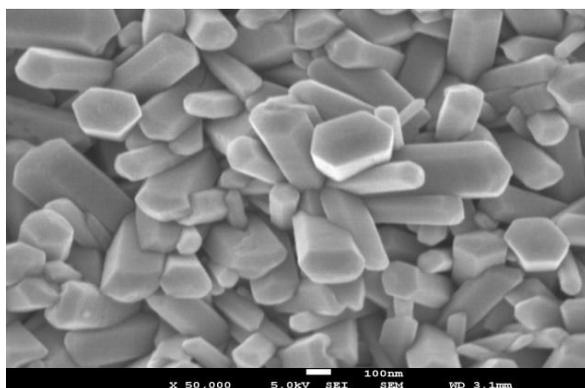
Pada sampel ZnO yang telah ditambahkan Ag pada molekul *dye* rentang puncak penyerapan paling tinggi terjadi pada panjang gelombang 540 – 625 nm. Terlihat perbedaan puncak penyerapan untuk ZnO murni terjadi pada sinar ultra violet dan yang ditambahkan Ag terjadi pada sinar tampak.



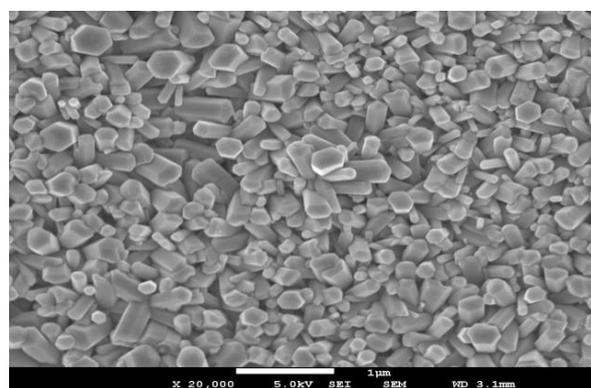
**Gambar 1.** Spektrum absorbansi UV-Vis ZnO murni dan ditambah Ag 5 mM.

Hasil FESEM dapat mengidentifikasi bentuk morfologi dan ukuran sampel [10]. Foto FESEM nanorod ZnO murni dapat dilihat

pada Gambar 2. Gambar tersebut memperlihatkan bentuk ZnO yaitu berupa nanorod yang berpenampang heksagonal.



(a)

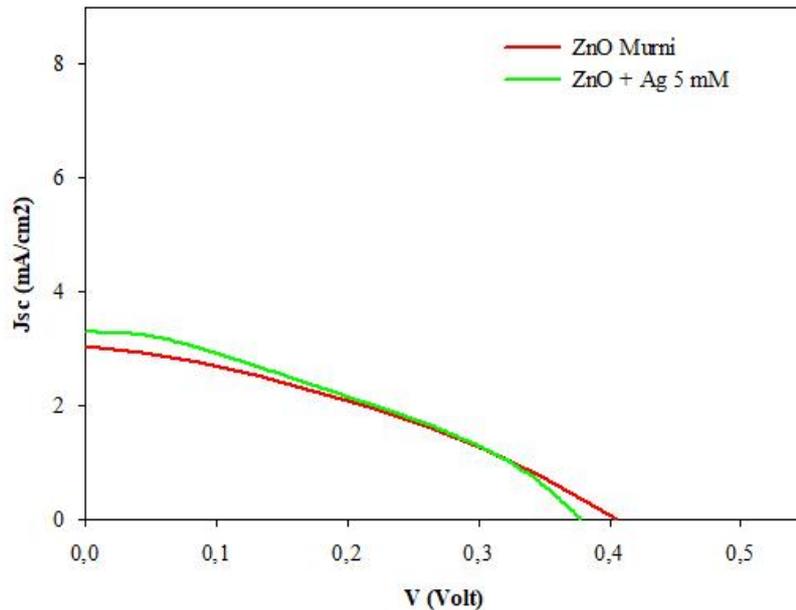


(b)

**Gambar 2.** Foto FESEM ZnO murni dengan perbesaran (a) 50.000× dan (b) 20.000×.

Uji performansi sel DSSC dilakukan dengan tes karakteristik I-V. Gambar 3 memperlihatkan kurva J-V DSSC dari ZnO

murni sebagai dan ZnO ditambahkan 5 mM Ag pada *dye* sebagai fotoanoda.



**Gambar 3.** Kurva J-V DSSC dalam keadaan disinari dari ZnO murni dan ZnO ditambahkan Ag pada molekul *dye*.

Sel ZnO murni sebagai elektroda kerja menghasilkan efisiensi sebesar 0,45%. Efisiensi sel meningkat pada sampel ZnO yang ditambahkan Ag 5 mM yaitu sebesar 0,462%. Jadi dapat dilihat ketika sampel ZnO

ditambahkan Ag efisiensinya meningkat dari efisiensi semula. Tabel 1 memperlihatkan data parameter fisis dari DSSC ZnO murni dan ditambahkan 5 mM Ag pada *dye*.

**Tabel 1.** Parameter fisis hasil pengukuran I-V DSSC berbasis ZnO murni dan ditambahkan 5 mM Ag pada *dye*.

Sampel	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	Voc (V)	FF (%)	H (%)
ZnO	3,035	0,404	0,367	0,450
ZnO + Ag 5 mM	3,290	0,378	0,372	0,462

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nanomaterial ZnO berhasil ditumbuhkan pada FTO. Spektrum absorbansi UV-Vis intensitas yang menghasilkan puncak absorbansi paling tinggi sampel ZnO ditambah Ag 5 mM pada molekul *dye* yaitu terjadi pada sinar tampak memperlihatkan terjadinya penyerapan *dye*. Foto FESEM ZnO murni memperlihatkan penampang yang berbentuk heksagonal. DSSC berhasil difabrikasi menggunakan ZnO dan ditambah Ag pada molekul *dye* sebagai fotoanoda. Penambahan Ag pada molekul *dye*

terbukti dapat meningkatkan efisiensi DSSC yaitu sebesar 0,462%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Asian Development Bank (ADB) melalui proyek Advanced Knowledge And Skills For Sustainable Growth In Indonesia (AKSI) Universitas Riau Tahun 2020 yang telah mendanai penelitian ini.

## REFERENSI

1. Gratzel, M. (2001). Photoelectrochemical cells. *Nature*, **414**(6861), 338–345.

2. Windayani, W., Iwantono, I., Awitdrus, A., & Zulkarnain, Z. Efek penambahan atom tembaga (Cu) dan perak (Ag) pada material aktif nanomaterial zno sel surya fotoelektrokimia. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **16**(1), 20–24.
3. Iwantono, I., Natalia, S., Abdi, R., Awitdrus, A., & Zulkarnain, Z. Morfologi dan efisiensi sel surya fotoelektrokimia berbasis nanostruktur ZnO dilapisi tembaga. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(2), 131–134.
4. Muttaqin, I., Irhamni, G., & Agani, W. (2016). Analisa rancangan sel surya dengan kapasitas 50 Watt untuk penerangan parkir Uniska. *Al-Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, **1**(1).
5. Septina, W. (2007). *Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah Dengan Bahan Organik-Inorganik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
6. Saputrina, T. T., Iwantono, I., Awitdrus, A., & Umar, A. A. (2020). Performances of dye-sensitized solar cell (Dssc) with working electrode of aluminum-doped ZnO nanorods. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 1–7.
7. Nurhidayah, N., Suwarni, S., Afrianto, M. F., Farid, F., Purbakawaca, R., & Deswadarni, F. (2019, June). Pengaruh ketebalan elektroda kerja  $\text{TiO}_2$ /grafit terhadap efisiensi dye sensitized solar cells (DSSC). *Talenta Conference Series: Science And Technology (St)*, **2**(2).
8. Caglar, Y., Aksoy, S., Ilican, S., & Caglar, M. (2009). Crystalline structure and morphological properties of undoped and Sn doped ZnO thin films. *Superlattices And Microstructures*, **46**(3), 469–475.
9. Wahyudi, B. & Widiyandari, H. (2011). Deposisi nanopartikel titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) di atas gelas transparan konduktif dan aplikasinya sebagai elektroda kerja pada sel surya berbasis dye (DSSC). *Jurnal Sains Dan Matematika*, **19**(4), 122–126.
10. Hidayat, T., Dewi, R., & Hamzah, Y. (2021). Effect of holding time on optical structure properties of  $\text{Ba}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$  thin film using sol-gel method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 59–66.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## PENGUKURAN KETINGGIAN MUKA AIR PADA LAHAN GAMBUT MEMPERGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK HCSR-04

**Novianti, Lazuardi Umar\***

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

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

### ABSTRACT

*Indonesia is a country that has an area of  $\pm 14$  million hectares of peatlands. Utilization of Indonesia's peatlands is used in various sectors such as plantation and agriculture which increase income in the economic sector so the importance of peatland management. Measurement of the water level in peat is very necessary to maintain the stability of the TMA (water level) of the peat, which is 40 cm. This study uses the ultrasonic sensor HCSR-04 which has a resolution of 0.3 cm with a measurement range of 2 cm to 4 m and is coupled with the Arduino Uno which is open source so that measurements can be carried out directly using the serial monitor on Arduino-uno. The ultrasonic sensor HCSR-04 is made on a prototype that will be used in TMA measurements both in the field and on a laboratory scale. The measurements show very accurately results with measurement errors 1.2 % with measurements from 100 – 500 mm. measurement error for water temperature variations of 30 °C, 35 °C, and 40 °C is 1.8%, 6% and than 10%.*

**Keywords:** Peatlands, TMA, Ultrasonic Sensor, Arduino Uno.

### ABSTRAK

*Indonesia merupakan negara yang memiliki lahan gambut yang luas  $\pm 14$  juta hektar. Pemanfaatan lahan gambut Indonesia digunakan di berbagai sektor seperti lahan perkebunan dan pertanian yang meningkatkan pendapatan dalam sektor ekonomi sehingga pentingnya pengelolaan lahan gambut. Pengukuran tinggi muka air pada lahan gambut sangat diperlukan guna mempertahankan kestabilan TMA (tinggi muka air) lahan gambut yaitu 40 cm. Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik HCSR-04 yang memiliki resolusi 0,3 cm dengan range pengukuran 2 cm sampai 4 m serta digandengkan dengan arduino uno yang bersifat open source sehingga pengukuran dapat dilakukan secara langsung menggunakan serial monitor pada arduino-uno. Sensor ultrasonik HCSR-04 dibuat pada sebuah prototype yang akan digunakan pada pengukuran TMA baik dilapangan maupun dalam skala laboratorium. Pengukuran menunjukkan hasil yang begitu akurat dengan error pengukuran yang diperoleh 1,2% dengan pengukuran dari 100 – 500 mm. kesalahan pengukuran untuk variasi suhu air 30 °C, 35 °C, dan 40 °C sebesar 1,8%, 6% dan 10%.*

**Kata kunci:** Lahan Gambut, TMA, Sensor Ultrasonik, Arduino Uno.

*Diterima 13-11-2020 | Disetujui 18-02-2021 | Dipublikasi 31-03-2021*

### PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan dimana terdapat beberapa pulau yang terbentang dengan berbagai macam alam. Salah satunya adalah Indonesia kaya dengan lahan gambut, terutama dipulau Kalimantan dan Sumatra. Indonesia memiliki 36% dari lahan gambut tropis dunia yang terbesar dari negara lainnya di daerah tropis [1]. Lahan gambut yang

terdapat di Indonesia  $\pm 14$  juta hektar (ha), dan untuk Riau sendiri itu memiliki 3 juta ha lahan gambut.

Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran terhadap level muka air tanah pada lahan gambut yang menggunakan sensor jarak yaitu ultrasonik HCSR-04 dengan perangkat lunak Arduino Uno yang memiliki frekuensi 40 kHz. Penggunaan sensor ultrasonik ini lebih akurat dalam pengukuran dengan resolusi mencapai

0,3 cm dalam rentang pengukuran dari 2 cm sampai 4 m jarak tersebut ideal karena rentang pengukuran tinggi muka air pada lahan gambut termasuk dalam rentang ini [2]. Selain mudah didapat sensor ultrasonik ini juga lebih terjangkau serta dengan dibantu oleh perangkat lunak Arduino Uno yang memiliki sifat *open source* [3].

## TINJAUAN PUSTAKA

### Karakteristik Lahan Gambut

Gambut adalah sebagian materi tanaman yang memfosil di daerah basah dimana terdapat kekurangan oksigen dan akumulasi materi tanaman lebih cepat daripada dekomposisi. Biasanya berwarna cokelat tua, gambut adalah bahan kompleks yang mengandung lignin dan selulosa sebagai unsur utama [4-6].



**Gambar 1.** Lahan Gambut.

Nilai pH mempengaruhi struktur dan sifat gambut yang umumnya memiliki pH sekitar 4 karena adanya asam humat, pH di atas 9 dan dibawah 3 struktur gambut mengalami kerusakan [7]. Gambut umumnya mengandung sejumlah besar air (biasanya 90%) karena strukturnya yang keropos [8].

### Sensor Ultrasonik

Gelombang ultrasonik adalah gelombang suara frekuensi tinggi dengan rentangmulai dari 20 kHz disebut rentang frekuensi ultrasonik. Modul ultrasonik HCSR-04 memiliki jangkauan pengukuran dari 2 cm sampai 4 m dengan resolusi 0,3 cm untuk hubungan

perangkat pengukuran tergantung pada target dalam merefleksikan sinyal kembali [2].

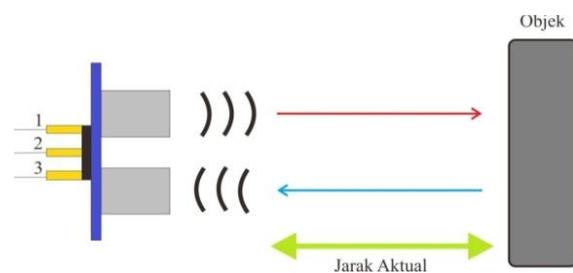


**Gambar 2.** Modul sensor ultrasonik HCSR-04.

Modul ultrasonik terdiri atas *transmitter*, *receiver*, dan *control circuit* yang memiliki 4 pin yaitu *Vcc 5V*, *trigger* sinyal *input*, *Echo* sinyal *output* dan *Ground 0V* dengan spesifikasi fitur ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Parameter yang terdapat pada modul HCSR-04.

Parameter	Nilai
Tegangan DC (V)	5
Arus (mA)	15
Frekuensi (kHz)	40
Jangkauan maksimum (m)	4
Jangkauan minimum (cm)	2
Dimensi (mm <sup>3</sup> )	45 × 20 × 15



**Gambar 3.** Prinsip kerja ultrasonik.

Prinsip kerja sensor ultrasonik yang terdiri atas *transmitter* dan *receiver* diperlihatkan pada Gambar 3 berdasarkan pemantulan sinyal pada objek untuk mengukur jarak tempuh sinyal [9]. Jarak ukur diperoleh dua kali jarak tempuh dari *transmitter* ke *receiver* dan sebaliknya, sehingga dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$s = \left( \frac{\text{duration}}{2} \right) \times (v) \quad (1)$$

Kecepatan rambat gelombang ultrasonik tergantung pada suhu diudara sekitar 340 m/s dengan suhu 15 °C udara atau suhu atmosfer sama dengan kecepatan sonik. Kecepatan ( $v$ ) dapat dihitung sebagai fungsi temperatur ( $T$ ) [2], seperti pada persamaan (2) .

$$v = 340 + 0.6T \quad (2)$$

### Akurasi dan Presisi Pengukuran

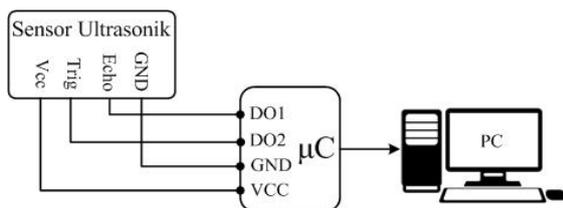
Salah satu parameter yang diperhatikan dalam pengukuran adalah akurasi dan presisi. Akurasi adalah kedekatan suatu nilai pengukuran terhadap nilai standar atau nilai yang diketahui, sedangkan presisi mengacu pada pembacaan kedekatan nilai yang sama pada saat pengukuran dilakukan berulang [10]. Akurasi dan presisi pengukuran sangat berkaitan dengan ketidakpastian atau *error*. Kesalahan dalam pengukuran biasanya dinyatakan sebagai berikut.

$$\varepsilon(\%) = \left| \frac{x_t - x_{ref}}{x_{ref}} \times 100 \right| \quad (3)$$

Persamaan (3) menyatakan error dalam persentase (%) dengan  $x_t$  merupakan nilai terukur  $x_{ref}$  merupakan nilai sebenarnya [11].

## METODE PENELITIAN

### Rangkaian Elektronik Pengukuran



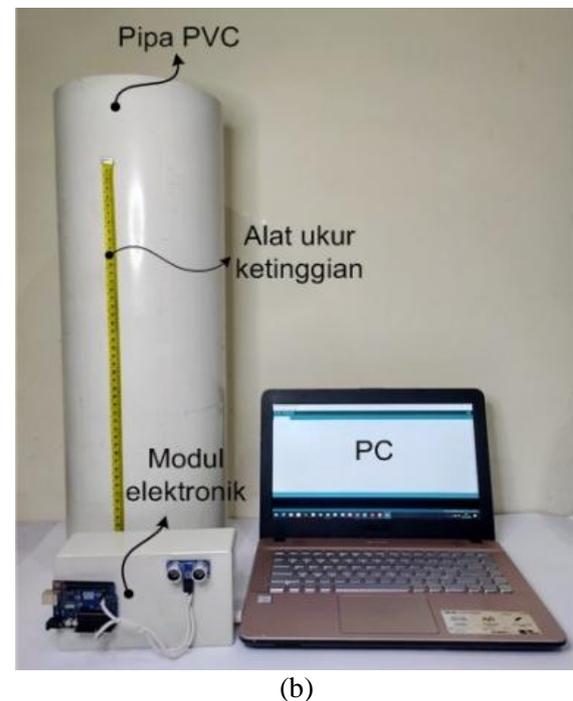
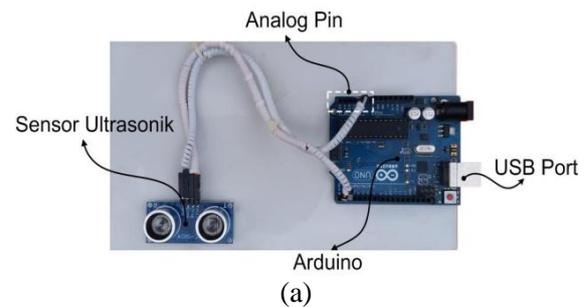
**Gambar 4.** Rangkaian pengukuran ketinggian muka air.

Sensor ultrasonik terdapat 4 pin dimana tiap pin dihubungkan ke modul Arduino Uno sehingga data akan terbaca pada perangkat. Tegangan input Vcc bernilai 5V disuplay oleh

Arduino Uno untuk mengaktifkan sensor Ultrasonik. Rangkaian sensor ultrasonik dengan modul Arduino Uno diperlihatkan pada Gambar 4.

### Set-Up Pengukuran

Proses pengukuran selanjutnya dengan menggunakan prototipe dan air sebagai media pantul. Keluaran yang dihasilkan juga berupa jarak sebenarnya vs jarak yang diperoleh sensor ultrasonik HCSR-04.



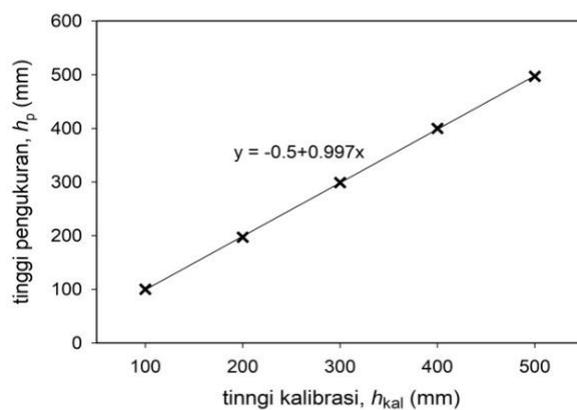
**Gambar 5.** (a) Prototipe dan (b) set up pengukuran tinggi muka air gambut.

Prototipe dan perangkat pendukung pengukuran diperlihatkan pada Gambar 5 (a) dan 5 (b) memperlihatkan set up pengukuran muka air di lahan gambut. *Setting* percobaan terdiri dari tabung uji berbahan PVC dengan

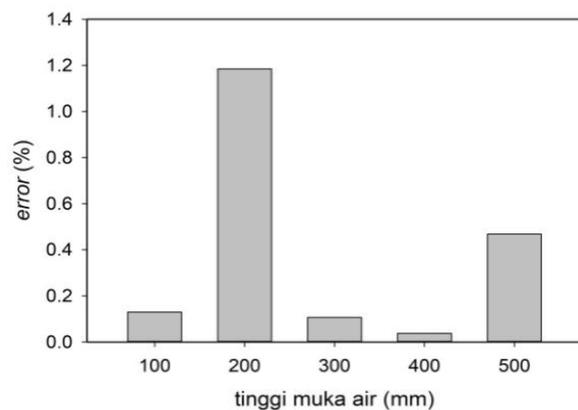
diameter 21 cm dan panjang keseluruhan 60 cm. Pada atas tabung dipasang rangkaian elektronik ultrasonik berbasis Arduino Uno yang berjarak 10 cm dari pinggir atas tabung yang bertujuan agar rangkaian elektronik dapat ditutupi dari lembab dan air hujan.



**Gambar 6.** Set-up pengukuran lapangan.



(a)



(b)

**Gambar 7.** (a) kalibrasi dan (b) Error pengukuran kalibrasi sensor Ultrasonik HCSR-04.

Gambar 7 (a) dan (b) memperlihatkan bahwa kurva kalibrasi dan error pengukuran tinggi muka air gambut. Kalibrasi menghasilkan data pengukuran linear yang menyatakan bahwa tinggi muka air kalibrasi ( $h_{kal}$ ) dengan variasi nilai 100 – 500 mm dan kenaikan 100 mm sebanding dengan tinggi pengukuran muka air ( $h_p$ ) dari sensor ultrasonik. Fungsi linier dinyatakan dengan persamaan  $y = a + bx$  dengan  $a$  bernilai -0,5 dan  $b$  bernilai 0,997 yang juga merupakan gradien kurva. Gambar 7 (b) merupakan kurva error yang dihasilkan dari pengukuran dengan nilai kesalahan maksimum absolut sebesar 1,2% pada tinggi muka air 200 mm dan minimum 0,04 % pada tinggi muka air 400

Data pengukuran dari sensor ultrasonik diolah oleh modul Arduinodan diteruskan ke komputer untuk disimpan dan diolah lebih lanjut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

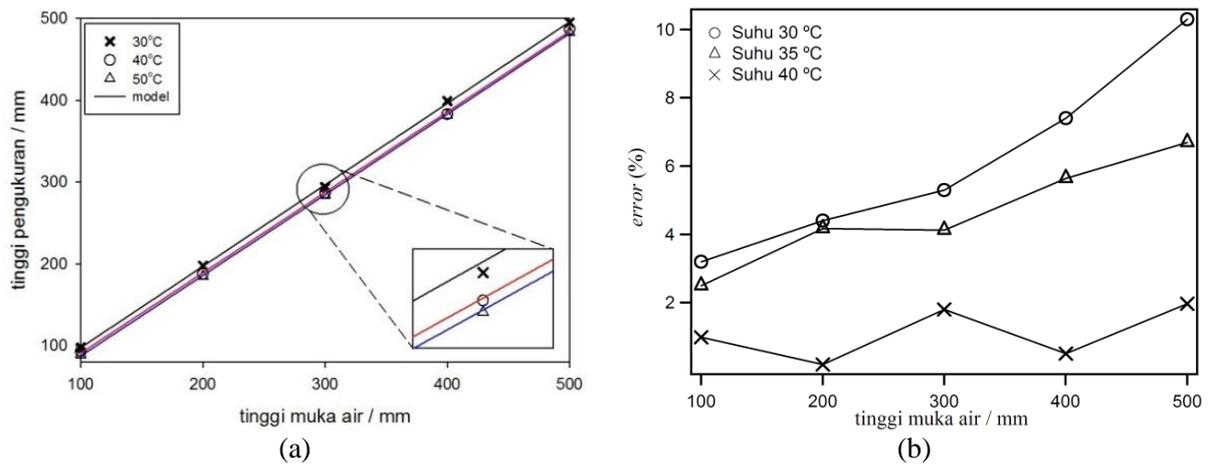
### Kalibrasi Sensor Ultrasonik HCSR-04

Kalibrasi bertujuan untuk mengamati tingkat akurasi dari sebuah alat dengan cara membandingkan alat ukur lain sehingga dapat dipastikan alat yang digunakan konsisten terhadap pengukuran. Secara teori sensor ultrasonik memiliki rentang pembacaan pengukuran antara 2 cm sampai 4 m dengan resolusi 0,3 cm [2].

mm. Hal ini disebabkan akibat pergeseran bidang pantul kertas sehingga sinyal refleksi yang diterima sensor menjadi bergeser [12]. Kesalahan lainnya adalah kesalahan paralaks yaitu kesalahan dalam pembacaan skala dalam meteran standar yang digunakan sebagai kalibrator. Kesalahan dari pengukuran data ini didapatkan melalui persamaan (3) sehingga hasil kalibrasi ini dapat kita jadikan rujukan untuk pengambilan data.

### Pengukuran Variasi Suhu Air

Pengukuran muka air juga dilakukan dengan variasi suhu air 30 °C, 35 °C, dan 40 °C terlihat pada Gambar 8 (a) dan (b) berikut.

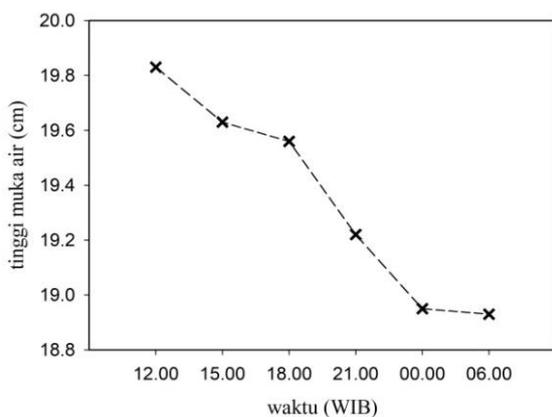


**Gambar 8.** (a) Hasil pengukuran dan (b) *error* variasi suhu air.

Pengukuran variasi suhu air memperoleh *error* maksimum sebesar 1,8% untuk suhu 30 °C, 6% untuk suhu 35 °C dan 10% untuk suhu 40 °C sehingga dapat dikatakan bahwa suhu juga mempengaruhi sensor ultrasonik berdasarkan pernyataan bahwa kecepatan sensor ultrasonik juga dipengaruhi oleh fluktuasi suhu, kelembaban dan angin yang juga memiliki efek nyata pada akurasi pengukuran [13].

### Pengujian Tinggi Muka Air di Lapangan

Pengukuran tinggi muka air dimulai pada pukul 12.00 WIB siang sampai 06.00 WIB pagi di halaman Universitas Riau ditunjukkan pada Gambar 9 menghasilkan rata-rata selisih ketinggian sebesar 0,34 cm.



**Gambar 9.** Ketinggian muka air pada lahan gambut.

Hasil menunjukkan penurunan terhadap waktu pengukuran dengan ketinggian muka air

gambut maksimum sebesar 19,8 cm pada pukul 12.00 WIB sebagai waktu awal pengukuran, sedangkan ketinggian minimum 18,93 cm pada pukul 06.00 WIB. Penurunan ini disebabkan oleh struktur gambut yang berpori sehingga air diserap dan ketinggian muka air berkurang. Kenaikan dan penurunan air juga dipengaruhi oleh kondisi cuaca dimana jika cuaca dalam kondisi berawan maka ketinggian muka air mengalami penurunan, sedangkan jika cuaca mendung maka ketinggian muka air menjadi konstan atau bertambah seiring waktu [14].

### KESIMPULAN

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa prototype yang menggunakan sensor ultrasonik HCSR-04 sebagai alat pengukuran memiliki presisi pengukuran yang baik dengan hasil didapatkan untuk rata-rata *error* pengukuran dari rentang 100 – 500 mm sebesar 1,2% dan untuk suhu memiliki *error* 1,8%, 6%, dan 10%. Pasang surut pada lahan gambut dapat terpantau dengan rentang pasang surut maksimum 0,34 cm.

### REFERENSI

1. Dargie, G. C., Lewis, S. L., Lawson, I. T., Mitchard, E. T., Page, S. E., Bocko, Y. E., & Ifo, S. A. (2017). Age, extent and carbon storage of the Central Congo Basin Peatland Complex. *Nature*, **542**(7639), 86–90.
2. Kaur, M., & Pal, J. (2015). Distance

- measurement of object by ultrasonic sensor HC-SR04. *International Journal For Scientific Research & Development*, **3**(5), 503–505.
3. Latha, N. A., Murthy, B. R., & Kumar, K. B. (2016). Distance sensing with ultrasonic sensor and arduino. *International Journal Of Advance Research, Ideas And Innovations In Technology*, **2**(5), 1–5.
  4. Couillard, D. (1991). Appropriate wastewater management technologies using peat. *Journal Of Environmental Systems*, **21**(1), 1–20.
  5. Saktioto, S., Defrianto, D., Syech, R., Syahril, S., & Risanto, J. (2018). Strategi penanggulangan kebakaran pada lahan gambut dengan menggunakan pendekatan eko-teknologi pada masyarakat petani di Desa Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(2), 156–159.
  6. Malik, U. (2016). Penggunaan energi surya untuk penjernihan air gambut menggunakan reflektorcermin cekung. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **13**(13), 883–889.
  7. Korasidis, V. A., Wallace, M. W., & Jansen, B. (2017). The significance of peatland aggradation in modern and ancient environments significance of peatland Aggradationv. A. Korasidis Et Al. *Palaios*, **32**(10), 658–671.
  8. Glina, B., Gajewski, P., Kaczmarek, Z., Owczarzak, W., & Rybczyński, P. (2016). Current state of peatland soils as an effect of long-term drainage—preliminary results of peatland ecosystems investigation in the Grójecka Valley (Central Poland). *Soil Science Annual*, **67**(1), 3–9.
  9. Febrianti, A., Hamdi, M., & Juandi, M. (2021). Analysis of non-destructive testing ultrasonic signal for detection of defective materials based on the Simulink Matlab Mathematica computation method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 46–58.
  10. Yani, R. A., Saktioto, S., & Husein, I. R. (2020). Volumetric prediction of symmetrical-shaped fruits by computer vision. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 20–26.
  11. Eichelberger, P., Ferraro, M., Minder, U., Denton, T., Blasimann, A., Krause, F., & Baur, H. (2016). Analysis of accuracy in optical motion capture—a protocol for laboratory setup evaluation. *Journal Of Biomechanics*, **49**(10), 2085–2088.
  12. Panda, K. G., Agrawal, D., Nshimiyimana, A., & Hossain, A. (2016). effects of environment on accuracy of ultrasonic sensor operates in millimetre range. *Perspectives In Science*, **8**, 574–576.
  13. Li, S. E., Li, G., Yu, J., Liu, C., Cheng, B., Wang, J., & Li, K. (2018). kalman filter-based tracking of moving objects using linear ultrasonic sensor array for road vehicles. *Mechanical Systems And Signal Processing*, **98**, 173–189.
  14. Wakhid, N. & Zainudin, Z. Pemantauan dinamika tinggi muka air secara otomatis di lahan gambut. *Enviroscientiae*, **15**(3), 374–379.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA KARBON AKTIF DARI BIOMASSA PELEPAH AREN DENGAN PERSENTASE KOH

Haliza Putri\*, Rakhmawati Farma

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [haliza.putri4967@student.unri.ac.id](mailto:haliza.putri4967@student.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*Energy is one of the basic needs in the human life cycle. Energy sources that are often used are non-recyclable energy sources, so a new innovation is needed in overcoming the energy crisis problem by using renewable natural materials, one of which is efforts to make energy storage components made from activated carbon. Activated carbon is a type of carbon that has a large surface area. Activated carbon can be applied as an activated carbon electrode such as lithium ion batteries and supercapacitor. Electrode in this study were produced from sugar palm midrib biomass. The electrodes production utilized chemical activation using Kalium Hydroxyde with various percentage of 5%, 10%, and 15% which of PA-05, PA-10, and PA-15 respectively. Aktivated carbon electrodes were prepared through a pre-carbonization, chemical activation, carbonization process using  $N_2$  gas at temperature  $600^\circ C$  and followed by physical activation using  $CO_2$  gas at temperature  $900^\circ C$ . Analysis using XRD for microstructure show semicrystalline structure for the activated carbon electrodes which is by the presence of peaks at angel of  $2\theta$  around  $24^\circ$  and  $44^\circ$  with respectively crystal orientation (002) and (100).*

**Keywords:** Sugar Palm Midrib, Electrodes, Activator KOH.

### ABSTRAK

*Energi merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam siklus kehidupan manusia. Sumber energi yang kerap digunakan merupakan sumber energi yang tidak dapat di daur ulang, sehingga dibutuhkan suatu inovasi terbaru dalam menanggulangi masalah krisis energi dengan menggunakan bahan alam yang dapat diperbaharui salah satunya yaitu upaya dalam pembuatan komponen penyimpanan energi yang berbahan dasar karbon aktif. Karbon aktif adalah jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang besar. Pembuatan karbon aktif dapat diaplikasikan sebagai elektroda karbon aktif sebagai penyimpanan energi seperti superkapasitor. Elektroda karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah biomassa dari pelepah aren. Pembuatan elektroda karbon pada saat proses aktivasi kimia menggunakan aktivator kalium hidroksida dengan variasi persentase 5%, 10%, dan 15% dengan kode sampel masing-masing adalah PA-05, PA-10, dan PA-15. Elektroda karbon aktif dibuat melalui proses pra-karbonisasi, aktivasi kimia, proses karbonisasi dengan menggunakan gas  $N_2$  pada suhu  $600^\circ C$  dan dilanjutkan dengan aktivasi fisika menggunakan gas  $CO_2$  pada suhu  $900^\circ C$ . Analisis XRD untuk mengetahui struktur mikro menunjukkan bahwa struktur elektroda karbon bersifat semikristalin yang ditandai dengan munculnya puncak pada  $2\theta$  yaitu antara sudut  $24^\circ$  dan  $44^\circ$  bersesuaian dengan bidang hkl (002) and (100).*

**Kata kunci:** Pelepah Aren, Elektroda, Aktivator KOH.

Diterima 23-12-2020 | Disetujui 24-02-2021 | Dipublikasi 31-03-2021

### PENDAHULUAN

Krisis energi menjadi sebuah masalah serius yang dialami masyarakat luas. Masyarakat di dunia, khususnya di Indonesia membutuhkan pasokan sumber daya energi listrik yang tidak

sedikit [1]. Sebagian besar sumber daya energi listrik diperoleh melalui pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dimana bahan bakar utamanya berasal dari batu bara. Batu bara merupakan salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbaharui dan tidak ramah lingkungan

[2]. Dalam kondisi seperti ini, maka diperlukan sebuah metode baru seperti penggunaan karbon aktif untuk dijadikan sebagai komponen utama dalam penyimpanan energi.

Tujuan dari penelitian ini yaitu pembuatan elektroda karbon aktif sebagai komponen utama dalam penyimpanan energi. Biomassa yang digunakan dalam penelitian ini adalah berasal dari limbah pelepah aren. Pelepah pohon aren ini masih belum banyak digunakan sehingga perlu pemanfaatan yang lebih optimal dengan menjadikan limbah biomassa pelepah aren sebagai karbon aktif. Penelitian ini menggunakan variasi persentase KOH pada proses aktivasi kimia.

## TINJAUAN PUSTAKA

Pohon aren (*Arenga Pinnata*) merupakan jenis tanaman palma dengan tumbuhan biji tertutup yang termasuk suku *Arecaceae* atau pinang-pinangan. Nira yang dihasilkan dari pohon aren merupakan hasil produksi terbesar yang dapat diolah menjadi gula aren. Bagian yang paling jarang dimanfaatkan dari pohon aren adalah pelepah aren [3]. Pelepah aren mengandung senyawa kimia aktif berupa selulosa (66,5%), hemiselulosa (81,2%), dan lignin (18,9%) [4].

Elektroda karbon aktif yang dapat digunakan harus bersifat *semikristalin*. Elektroda yang baik adalah elektroda yang memiliki ukuran pori dari kombinasi mikropori dan mesopori, memiliki luas permukaan yang besar, serta memiliki nilai kapasitansi cukup tinggi [5-9].

## METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan ini menggunakan metode eksperimen dengan biomassa pelepah aren sebagai bahan dasar dalam pembuatan sel superkapasitor. Aktivasi kimia menggunakan variasi persentase KOH sebesar 5%, 10%, dan 15% dari massa SKSM 30 gram. Elektroda karbon dikarakterisasi sifat fisis menggunakan metode pengukuran densitas dan *X-ray diffraction* (XRD).

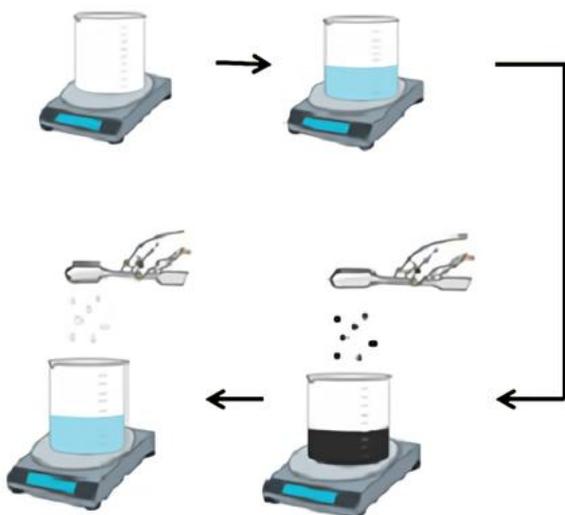
Tahap pertama, limbah pelepah aren dibersihkan kemudian dipisah antara kulit terluar pelepah aren dengan bagian dalam pelepah aren. Potong pelepah aren dengan ukuran panjang sekitar 5 cm dan diameter sekitar 0,5 cm. Keringkan pelepah aren dibawah terik sinar matahari secara langsung hingga berat sampel tidak menunjukkan pengurangan massa.



**Gambar 1.** Persiapan sampel.

Proses Pra-karbonisasi adalah proses pengurangan sampel guna menghasilkan sampel yang rapuh. Pra-karbonisasi menggunakan suhu 200 °C dan ditahan selama 1 jam. Masukkan sampel sebanyak 15 gram di dalam sebuah wadah kemudian masukkan ke dalam oven yang sebelumnya sudah dipanaskan hingga suhu mencapai 200 °C. Haluskan sampel yang telah di pra-karbonisasi menggunakan mortar. Serbuk yang dihasilkan berupa serbuk kasar sehingga diperlukan penghalusan menggunakan *Ball Milling* selama 20 jam. Setelah itu ayak sampel dengan menggunakan ayakan 53 µm sehingga menghasilkan serbuk karbon swamerekat (SKSM). Uji SKSM sebanyak 5 gram dengan menggunakan *Thermogravimetric Analysis* (TGA).

Proses aktivasi kimia bertujuan untuk membuka dan menambah pori-pori yang baru sehingga menghasilkan luas permukaan yang lebih besar. Masukkan air suling sebanyak 250 ml ke dalam gelas *beaker* dan letakkan diatas *hot plate*. Atur suhunya sebesar 80 °C dengan kecepatan putaran *magnetic stirer* sebesar 450 rpm. Setelah suhu air mencapai 80 °C (sekitar 1 jam), masukkan variasi persentase aktivator KOH sebanyak 5% dari total berat 30 gram sampel hingga KOH larut dalam air. Masukkan sampel sebanyak 30 gram dan diamkan selama 1 jam. Lakukan langkah-langkah tersebut dengan variasi persentase KOH yang berbeda yaitu sebanyak 10% dan 15%. Keringkan sampel dengan menggunakan oven pada suhu 100 °C kemudian diayak kembali agar menghasilkan serbuk yang homogen.



**Gambar 2.** Prosedur proses aktivasi kimia.



**Gambar 3.** Elektroda karbon aktif.

Pembuatan pelet membutuhkan sampel sebanyak 0,75 gram dengan menggunakan alat *Hydraulic Press* dengan memberikan tekanan sebesar 8 ton dan ditahan selama 2 menit. Proses karbonisasi menggunakan suhu sebesar 600 °C dengan kecepatan aliran gas N<sub>2</sub> sebesar 1,5 L/menit dan dilanjutkan proses aktivasi fisika menggunakan suhu sebesar 900 °C dengan kecepatan aliran gas CO<sub>2</sub> 1 L/menit. Proses karbonisasi dan aktivasi fisika bertujuan untuk menghilangkan zat pengotor dan akan membentuk pori-pori yang baru pada sampel.

Proses selanjutnya adalah analisis TGA dan karakterisasi sifat fisis elektroda karbon aktif dengan menghitung nilai densitas dan uji XRD. Nilai densitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) [10]:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Kemudian karakterisasi sifat fisis elektroda karbon dengan menggunakan XRD guna mengetahui bahwa suatu material bersifat kristal atau *amorf*. Pola difraksi sinar-X dapat diketahui dari dimensi mikrokristalin yang terdiri dari L<sub>c</sub> dan L<sub>a</sub> yang terdapat pada persamaan Debye-Scherrer [11] :

$$L_c = \frac{0,89\lambda}{\beta \cos\theta_{002}} \quad (2)$$

$$L_a = \frac{0,89\lambda}{\beta \cos\theta_{100}} \quad (3)$$

Hubungan L<sub>c</sub> dan densitas dengan luas permukaan dapat dianalisa dengan rumus empiris [12]:

$$S = \frac{2}{\rho L_c} \quad (4)$$

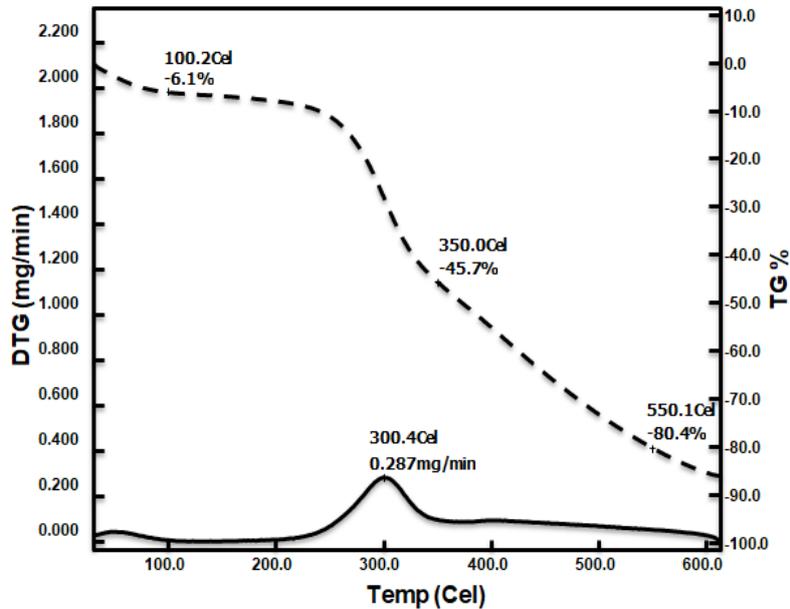
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Thermogravimetric Analysis (TGA)*

TGA adalah suatu alat uji karakterisasi analisis kuantitatif perubahan massa sampel terhadap perubahan suhu di bawah aliran gas yang stabil atau berubah [13]. TGA

menggunakan gas pirolisis nitrogen dengan laju aliran gas 10 °C/menit dan temperatur maksimal 600 °C. Gambar 4 memperlihatkan adanya puncak pada kurva DTG dimana pengurangan

massa terjadi pada suhu 300,4 °C dengan kelajuan maksimum 0,287 mg/menit. Pada suhu tersebut digunakan sebagai suhu tahan pada proses karbonisasi.



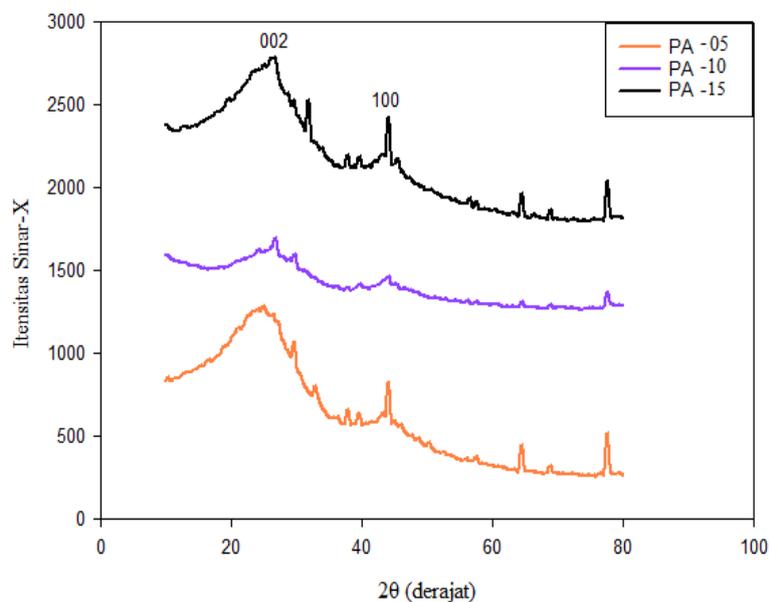
**Gambar 4.** Plot hasil pengujian TGA pelepah aren pada pirolisis 10 °C/menit.

### Karakterisasi Sifat Fisis

Densitas dari suatu elektroda karbon ditentukan dengan mengukur ketebalan, diameter, dan beratnya pada sebelum proses karbonisasi dan setelah proses aktivasi fisika. Tabel 1 merupakan analisis densitas pada saat sebelum karbonisasi dan setelah aktivasi fisika.

**Tabel 1.** Perbandingan nilai densitas.

Sampel	Sebelum karbonisasi (g/cm <sup>3</sup> )	Sesudah aktivasi fisika (g/cm <sup>3</sup> )	Persentase densitas (%)
PA-05	1,031	0,764	25,897
PA-10	0,919	0,641	30,250
PA-15	1,181	0,607	48,603



**Gambar 5.** Kurva intensitas sinar-X terhadap sudut difraksi untuk variasi persentase KOH.

Nilai densitas elektroda karbon mengalami pengurangan seiring bertambahnya persentase KOH. Semakin tinggi persentase KOH maka penguapan bahan selain karbon dan zat pengotor semakin besar pula sehingga dapat membentuk pori-pori baru pada elektroda karbon. XRD adalah sebuah metode analisis sifat fisis yang mempelajari tentang struktur kristal dan jarak atom. XRD didasarkan pada interferensi konstruktif monokromatik sinar-X dan kristal. Sinar-X yang dihasilkan dari tabung sinar katoda akan disaring sehingga menghasilkan kumpulan radiasi monokromatik yang kemudian diarahkan pada sampel [14-16]. Gambar 5 menampilkan pola XRD yang mengindikasikan bahwa elektroda karbon bersifat semikristalin dan tersusun dari atom-atom karbon. Hal ini dikarenakan munculnya dua puncak pada  $2\theta$  yaitu sekitar  $24^\circ$  untuk orientasi bidang 002 dan sekitar  $44^\circ$  untuk orientasi bidang 100.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan elektroda karbon aktif dari pelepah aren memungkinkan dapat menjadi komponen penting dalam penyimpanan energi seperti sel superkapasitor yang cukup baik. Elektroda karbon aktif berpori ini bersifat semikristalin.

## REFERENSI

- Jasa, L. (2010). Mengatasi krisis energi dengan memanfaatkan aliran pangkung sebagai sumber pembangkit listrik alternatif. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*.
- Hetharia, M. & Lewerissa, Y. J. (2018). Analisis energi pada perencanaan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dengan cycle tempo. *Jurnal Voering*, **3**(1).
- Iswanto, A. H. (2009). *Aren (Arenga Pinnata)*. Diakses Pada 27 Juli 2020, URL: <http://Repository.Usu.Ac.Id/Bitstream/Handle/123456789/849/08e00917.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y>.
- Sahari, J., Sapuan, S. M., Ismarrubie, Z. N., & Rahman, M. Z. A. (2012). physical and chemical properties of different morphological parts of sugar palm fibres. *Fibres & Textiles In Eastern Europe*, **2**(91), 21–24.
- Wijaya, U. (2007). synthesis of mesoporous carbons derived from hypercrosslinking of divinylbenzene–4-vinylbenzyl chloride resin. *Iptek The Journal For Technology And Science*, **18**(4).
- Park, B. H., Kim, Y. J., Park, J. S., & Choi, J. (2011). Capacitive deionization using a carbon electrode prepared with water-soluble poly (vinyl alcohol) binder. *Journal Of Industrial And Engineering Chemistry*, **17**(4), 717–722.
- Putri, M. S. D., Awitdrus, A., & Manullang, R. K. (2020). Penyerapan logam berat Pb dan Cu menggunakan karbon aktif berbasis mahkota nanas dengan variasi konsentrasi kalium hidroksida. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(1), 30–34.
- Kartikasari, N., Farma, R., & Awitdrus, A. (2018). pengaruh aktivasi kimia dengan bantuan iradiasi gelombang mikro terhadap sifat fisis karbon aktif dari sekam padi sebagai adsorben. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(1), 71–76.
- Saktioto, R. F. S., Soerbakti, Y., Saputra, A., Syasudhuha, H. H., & Anita, S. (2020). Characteristic of electrical power dissipation of oil palm fruits during storage time. *Journal of Southwest Jiaotong University*, **55**(6).
- Giancoli, D. C. (2005). *Physics : Principles With Applications Sixth Edition*. United States: Pearson Education Inc.
- Nabais, J. V., Teixeira, J. G., & Almeida, I. (2011). Development of easy made low cost bindless monolithic electrodes from biomass with controlled properties to be used as electrochemical capacitors. *Bioresource Technology*, **102**(3), 2781–2787.

12. Kumar, K., Saxena, R. K., Kothari, R., Suri, D. K., & Kaushik, N. K. (1997). Correlation between adsorption and X-ray diffraction studies on viscose rayon based activated carbon cloth. *Carbon (New York, Ny)*, **35**(12), 1842–1844.
13. Saadatkhan, N., Carillo Garcia, A., Ackermann, S., Leclerc, P., Latifi, M., Samih, S., Patience, G. S., & Chaouki, J. (2020). Experimental methods in chemical engineering: thermogravimetric analysis—TGA. *The Canadian Journal Of Chemical Engineering*, **98**(1), 34–43.
14. Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. G., & Aboul-Enein, H. Y. (2015). X-ray diffraction: Instrumentation and applications. *Critical Reviews In Analytical Chemistry*, **45**(4), 289–299.
15. Hidayat, T., Dewi, R., & Hamzah, Y. (2021). Effect of holding time on optical structure properties of Ba(Zr<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub> thin film using sol-gel method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 59–66.
16. Saputrina, T. T., Iwantono, I., Awitdrus, A., & Umar, A. A. (2020). Performances of dye-sensitized solar cell (DSSC) with working electrode of aluminum-doped ZnO nanorods. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 1–7.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## INTENSITAS EFEKTIF SINYAL Wi-Fi DALAM RUANGAN TERTUTUP TERHADAP FUNGSI TERMODINAMIK

**Zamri\*, Saktioto**

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

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

### ABSTRACT

*Wi-Fi signal is an electromagnetic wave which in its transmission does not require an intermediary medium used in communication. But the intensity of the signal is influenced by the media it passes through. So in this article we will investigate how the signal propagation in a room is affected by the thermodynamic function. The treatment carried out is to show how the source point, namely the router and the receiver, namely the receiver, where later what is investigated is the trip to the position function, then a measurement will be carried out at that position which depends on changes in temperature and humidity in a closed room which is limited to the study. The source studied in the study was the signal strength intensity on the position, humidity and temperature functions. What is analyzed is the process of wave fluctuation at a certain time with varied data which will later be compared with other experimental results as a comparison, and will also show the signal intensity contour under normal conditions and conditions when the disturbance occurs.*

**Keywords:** : Wi-Fi, Humidity, Temperature, Signal Strength.

### ABSTRAK

*Sinyal Wi-Fi merupakan gelombang elektromagnetik yang dalam transmisinya tidak membutuhkan media perantara yang digunakan dalam komunikasi. Namun intensitas sinyal dipengaruhi oleh media yang dilewatinya. Jadi dalam artikel ini kita akan menyelidiki bagaimana perambatan sinyal di sebuah ruangan dipengaruhi oleh fungsi termodinamika. Perlakuan yang dilakukan adalah menunjukkan bagaimana titik sumber yaitu router dan penerima yaitu penerima, dimana nantinya yang diteliti adalah fungsi perjalanan ke posisi tersebut, kemudian akan dilakukan pengukuran pada posisi tersebut yang bergantung pada perubahannya. dalam suhu dan kelembaban di ruangan tertutup yang dibatasi untuk ruang belajar. Sumber yang dipelajari dalam penelitian ini adalah intensitas kekuatan sinyal pada fungsi posisi, kelembaban dan suhu. Yang dianalisis adalah proses fluktuasi gelombang pada waktu tertentu dengan data yang bervariasi yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil percobaan lainnya sebagai pembandingan, serta akan menunjukkan kontur intensitas sinyal dalam kondisi dan kondisi normal saat gangguan terjadi.*

**Kata kunci:** Wi-Fi, Kelembaban, Suhu, Kekuatan Sinyal.

*Diterima 17-03-2021 | Disetujui 24-03-2021 | Dipublikasi 31-03-2021*

### PENDAHULUAN

Internet merupakan layanan komunikasi yang memberikan kemudahan dalam proses pengiriman data [1]. Pengaksesan internet pun dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain menggunakan jaringan *local area network* (LAN) dengan menggunakan kabel, fiber optik, nirkabel (*wireless*) dan antena Wi-Fi [2,3].

Pada *wireless local area network* (WLAN) udara digunakan sebagai medium penghantarnya. Pemanfaatan jaringan berbasis WLAN banyak digunakan di perkantoran, sekolah, kampus, kafe, rumah makan, mall dan bahkan fasilitas umum seperti perpustakaan umum dan taman kota sudah dilengkapi WLAN. Di lingkungan kampus WLAN banyak digunakan di kelas-kelas, gedung kuliah,

gedung administrasi kampus dan lab-lab kampus. Namun, dalam penggunaannya seringkali kita jumpai terjadinya lagging atau malfunction, yang diakibatkan penurunan sinyal dari sumbernya atau terjadinya kerusakan pada perangkat WLAN. Penurunan kualitas sinyal terjadi disebabkan karena terganggunya proses transmisi sinyal akibat berbagai faktor [4]. Banyak faktor yang menyebabkan tidak maksimalnya proses transmisi, seperti perangkat elektronik lain yang bekerja pada frekuensi yang sama dengan access point WLAN yang menyebabkan terjadinya interferensi sinyal. Kondisi kelembaban dan suhu [5], topologi dari ruangan [6], pemantulan gelombang, absorpsi gelombang oleh material tertentu, jarak terhadap access point serta cuaca bisa mempengaruhi transmisi dari gelombang yang bisa mempengaruhi kinerja dan kualitas sinyal dalam ruangan [7,8].

Kondisi dan topologi ruangan di perkantoran atau laboratorium di perguruan tinggi seperti Universitas Riau umumnya menggunakan *air conditioner* (AC) dan banyak terdapat alat elektronik yang menyebabkan terjadinya variasi sinyal dari keadaan termal dalam suatu ruangan [9]. Oleh karena itu, pada artikel ini akan dikaji karakteristik sinyal Wi-Fi dalam kondisi suhu dan kelembaban pada ruangan tertutup dan pada jarak tertentu. Dengan penerimaan sinyal Wi-Fi pada fungsi termodinamik ruangan maka penempatan optimal *access point* sinyal Wi-Fi dapat diperoleh.

## TINJAUAN PUSTAKA

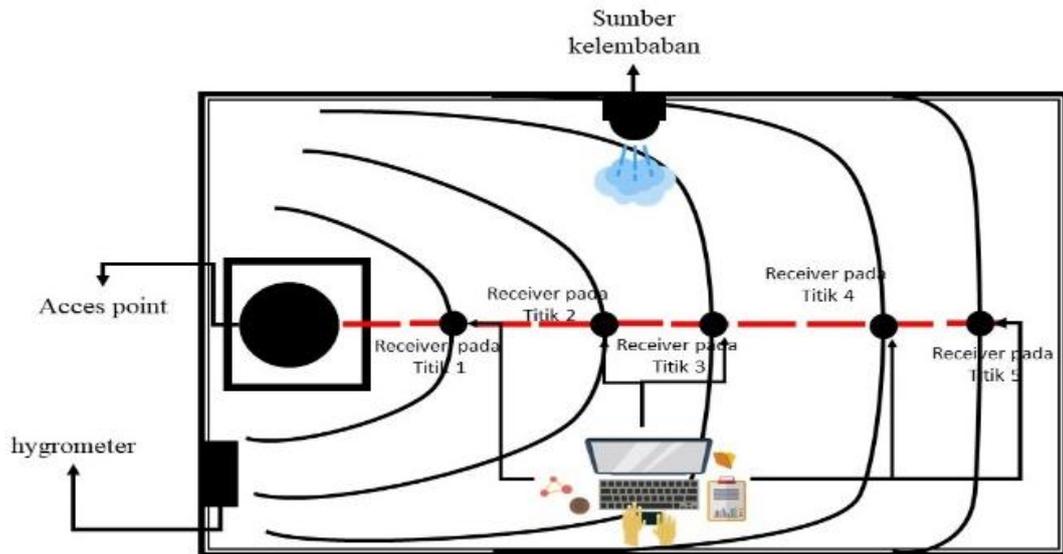
Pengaruh suhu dan kelembaban terhadap transmisi sinyal telah menjadi fokus utama dalam banyak studi terbaru yang berhubungan dengan efek dari kondisi lingkungan pada kualitas jaringan dan koneksi. Pengujian untuk mencari faktor yang mempengaruhi transmisi sinyal Wi-Fi baik di indoor maupun outdoor telah banyak dilakukan. Berbagai cara dan alat yang digunakan dalam penelitian seperti sinyal radio frekuensi, modul Zigbee menggunakan node Tmote Sky [10]. Pada eksperimen di dalam ruangan, beberapa peneliti menggunakan

node Tmote Sky (radio CC2420) dan node MSB430 (radio CC1020). Node Tmote Sky mempelajari pengaruh suhu pada berbagai platform dan radio yang menunjukkan pengaruh suhu yang berbeda pada node pemancar dan penerima sehingga menemukan variasi temporal RSSI selama 3 hari eksperimen di luar ruangan, menggunakan tingkat daya pancar yang berbeda, tetapi mereka tidak menganalisis penyebabnya [11]. Disamping itu juga menggunakan jangkauan transmisi node sensor mica2 (menggunakan radio RFM ChipCon) saat kondisi hujan dan kabut [7], yang mendemonstrasikan bagaimana hujan dan salju, hujan dan kabut yang membekukan, dan kelembaban dapat secara signifikan mempengaruhi, yang menyebabkan pemudaran besar dan hilangnya konektivitas.

Berdasarkan penelitian Wennerström *et al.* (2013) dalam percobaan setengah tahun mereka di dekat Uppsala, Swedia, menunjukkan bagaimana variasi dalam kondisi meteorologi yang mempengaruhi kinerja saat menggunakan node TelosB dengan radio CC2420. Secara khusus, mereka mempelajari bagaimana variasi dalam PRR (Packet Reception Ratio) dan RSSI berkorelasi dengan suhu, kelembaban absolut, curah hujan, dan sinar matahari. Hasilnya menunjukkan bahwa PRR dan RSSI sebagian besar berkorelasi dengan suhu [12]. Selain berbagai peralatan yang digunakan penelitian sebelumnya, juga dilakukan diberbagai lokasi dan cuaca yang berbeda, seperti dalam percobaan di luar ruangan, di ladang gandum di Govone, Italia, Boano *et al.* (2010) menemukan bahwa pembacaan kebisingan mengalami penurunan seiring dengan kenaikan suhu [13].

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan komponen jaringan Wi-Fi, dimana sumber sinyal dan receiver pada sisi lain sebagai detektor. Sinyal Wi-Fi dipancarkan menuju receiver melewati medium udara dengan kondisi kelembaban dan suhu tertentu. Dalam hal ini akan dilihat pengaruh dari medium terhadap transmisi sinyal dan faktor termodinamika.



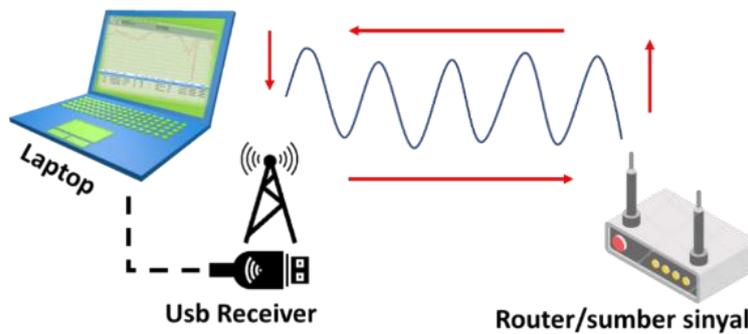
Gambar 1. Skema set up alat dan ruangan.

Tabel 1. Jarak antara titik pengukuran dengan sumber sinyal.

Posisi	No	X (m)	Y (m)	Jarak pengukuran dari titik sumber (m)
A	1	1.5	0.5	1.58
	2	1	0.5	1.12
	3	0.5	0.5	0.71
	4	0	0.5	0.50
	5	0.5	0.5	0.71
	6	1	0.5	1.12
	7	1.5	0.5	1.58
	8	2	0.5	2.06
B	1	1.5	1	1.80
	2	1	1	1.41
	3	0.5	1	1.12
	4	0	1	1.00
	5	0.5	1	1.12
	6	1	1	1.41
	7	1.5	1	1.80
	8	2	1	2.24
C	1	1.5	1.5	2.12
	2	1	1.5	1.80
	3	0.5	1.5	1.58
	4	0	1.5	1.50
	5	0.5	1.5	1.58
	6	1	1.5	1.80
	7	1.5	1.5	2.12
	8	2	1.5	2.50
D	1	1.5	2	2.50
	2	1	2	2.24
	3	0.5	2	2.06
	4	0	2	2.00
	5	0.5	2	2.06
	6	1	2	2.24

E	7	1.5	2	2.50
	8	2	2	2.83
	1	1.5	2.5	2.92
	2	1	2.5	2.69
	3	0.5	2.5	2.55
	4	0	2.5	2.50
	5	0.5	2.5	2.55
	6	1	2.5	2.69
F	7	1.5	2.5	2.92
	8	2	2.5	3.20
	1	1.5	3	3.35
	2	1	3	3.16
	3	0.5	3	3.04
	4	0	3	3.00
	5	0.5	3	3.04
	6	1	3	3.16
7	1.5	3	3.35	
8	2	3	3.61	

Proses pengukuran dan pengambilan data pada ruangan tertutup dengan ukuran  $4,5 \times 3,8$  m<sup>2</sup> dengan sumber sinyal berada 1,5 m dari lantai. Jarak antara satu titik dengan titik penelitian yang lain adalah 0,5 m, total terdapat 48 titik dalam penelitian atau dapat dilihat pada Tabel 1. Sumber kelembaban pada Gambar 1 digunakan untuk mengatur suhu, Receiver akan terhubung langsung ke laptop. Pada proses pengambilan data seperti pada Gambar 2 nantinya dilakukan tanpa merubah kondisi ruangan dan tata letak alat elektronik yang berada dalam ruangan.

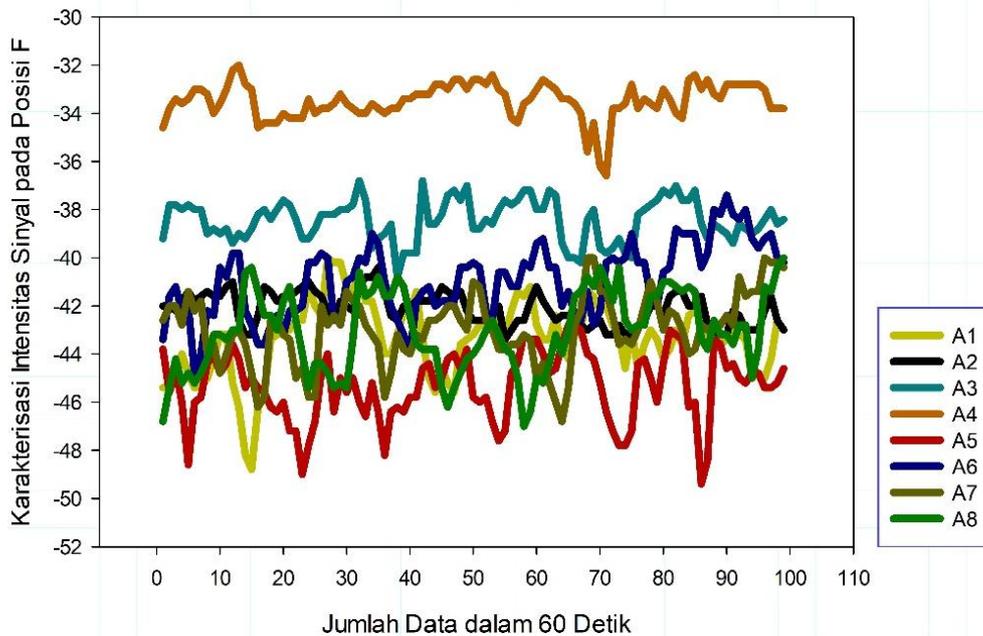


**Gambar 2.** Simulasi cara pengambilan data.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pada Gambar 3 memperlihatkan intensitas kuat sinyal pada ruangan dengan perbandingan intensitas sinyal pada kondisi normal dan pada suhu  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$  untuk kelembaban berkisar antara  $58\%$  –  $63\%$  dan  $42\%$  –  $50\%$  pada suhu  $29\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $31\text{ }^{\circ}\text{C}$  seperti pada Gambar 4. Pada kondisi ini kenaikan suhu cenderung diikuti oleh kenaikan kelembaban. Pada Gambar 3, garis linier dinilai antara  $-44$  dan  $-42$  dan titik awal sinyal dari nilai  $-44$  dan pada Gambar 4 dimulai dari

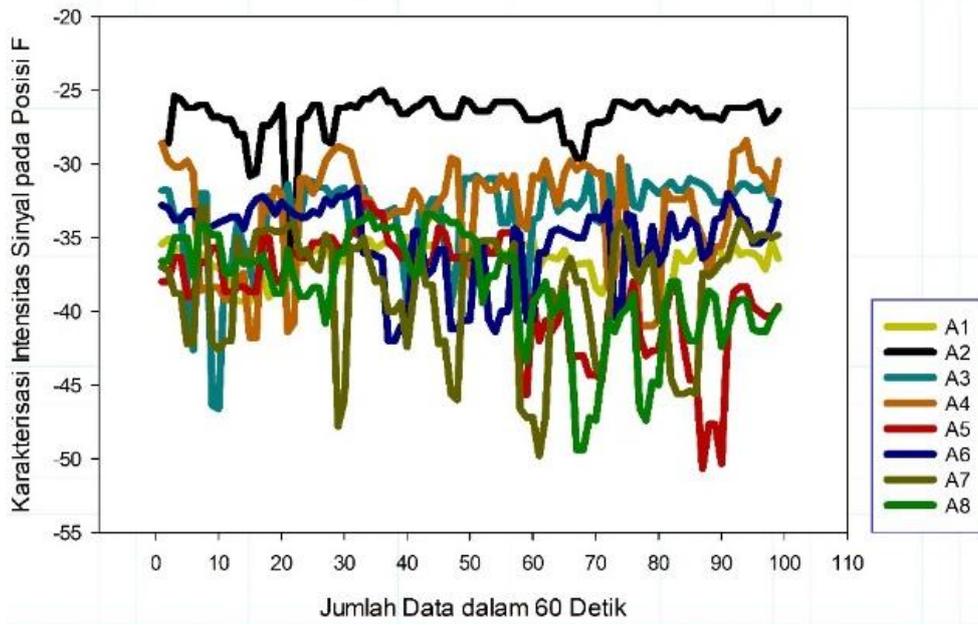
titik antara  $-35$  dan  $-36$  serta garis linier  $-36$  dan  $-37$ . Adanya perangkat logam disekitar ruangan membuat medan listrik dari alat elektronik mengganggu lintasan transmisi signal [6]. Menurunnya kualitas signal dari server utama juga menjadi indikasi lain yang menyebabkan terjadinya fluktuasi signal. Perbedaan nilai tertinggi, terendah dan nilai awal menunjukkan bahwa kondisi kelembaban disetiap ruangan berbeda-beda, perbedaan ini bisa dipengaruhi oleh faktor kondisi termal suatu titik, perbedaan jarak dan lingkungan logam disekitar titik.



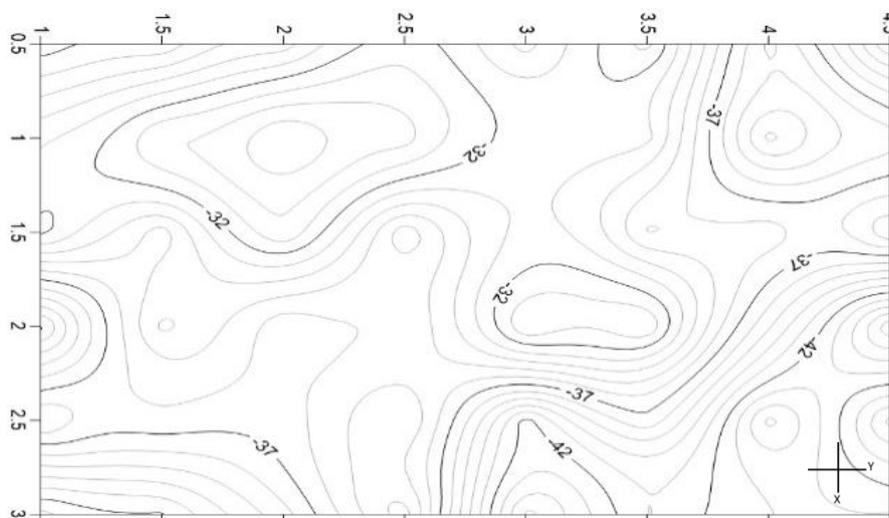
**Gambar 3.** Menunjukkan grafik pengukuran intensitas pada titik A sinyal pada suhu  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Gambar 3 menyajikan 8 bentuk grafik degradasi hasil pengukuran kuat sinyal. Terlihat nilai karakterisasi yang berbeda-beda dari setiap titik terlihat juga beberapa grafik yang saling bersinggungan. Beberapa fluktuasi pada

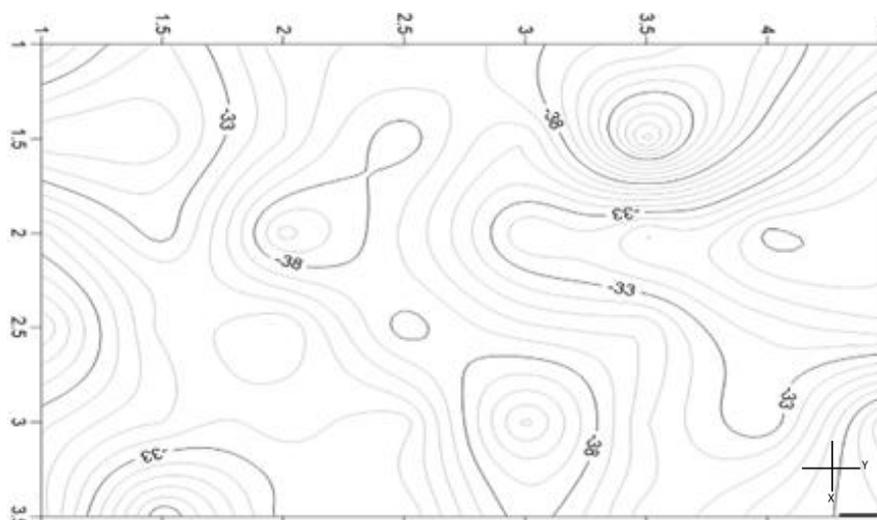
grafik menunjukkan terjadinya beberapa breakdown data karena adanya pengaruh kondisi ruangan yang menghalangi transmisi sinyal router ke receiver serta benda-benda disekitar area pengukuran [5].



**Gambar 4.** Menunjukkan grafik pengukuran intensitas pada titik A sinyal pada suhu  $29^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 5.** Kontur sebaran intensitas sinyal pada suhu  $24-26^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 6.** Kontur sebaran intensitas sinyal pada suhu normal.

Terdapat perbedaan pola rapatan dan renggangan anatara kontur pada Gambar 5 dan 6. Dari hasil kontur terdapat beberapa daerah yang mempunyai pola rapatan dan renggangan yang berbeda disebabkan oleh perbedaan tekanan udara yang terjadi akibat perubahan suhu dan kelembaban dalam ruangan. Garis-garis pada pola rapatan dan renggangan merupakan nilai intensitas sinyal pada kondisi yang berlaku. Pola garis yang rapat menunjukkan bahwa  $\Delta P >$  kelembaban dan pola garis yang renggang menunjukkan  $\Delta P <$  kelembaban karena saat suhu atau temperatur naik maka tekanan udara (P) akan semakin rendah [6], sedangkan kenaikan suhu berbanding lurus dengan kenaikan.

## KESIMPULAN

Perbandingan intensitas sinyal dikondisi suhu  $24\text{ }^{\circ}\text{C} - 26\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan suhu  $29\text{ }^{\circ}\text{C} - 31\text{ }^{\circ}\text{C}$  menunjukkan bahwa transmisi dari sinyal lebih stabil sehingga intensitas sinyal cenderung tinggi dibandingkan suhu  $24\text{ }^{\circ}\text{C} - 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hubungan antara kelembaban dan suhu dalam proses propagasi sinyal adalah linier terlihat antara suhu dan kelembaban. Ketika suhu naik maka persentase kelembaban dalam ruangan ikut naik. Transmisi sinyal dalam ruangan tidak merata berdasarkan kontur, nilai tertinggi dari kuat sinyal yang dapat terukur dalam ruangan adalah -32 dB dan untuk nilai terendah diangka -42 dB.

## REFERENSI

- Zhu, J., Song, Y., Jiang, D., & Song, H. (2016). Multi-armed bandit channel access scheme with cognitive radio technology in wireless sensor networks for the internet of things. *IEEE access*, **4**, 4609–4617.
- Roslan, M. S., Chaudhary, K. T., Mazalam, E., & Saktioto, S. (2020). Overview of Temporal Soliton Transmission on Photonic Crystal Fiber and Nanowires. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 16–19.
- Soerbakti, Y., Syahputra, R. F., Saktioto, S., & Gamal, M. D. H. (2020). Investigasi kinerja antenna berdasarkan dispersi anomali metamaterial struktur heksagonal split ring resonator. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(2), 74–79.
- Wang, W., Liu, X., Vicente, J., & Mohapatra, P. (2010). Integration gain of heterogeneous WiFi/WiMAX networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, **10**(8), 1131–1143.
- Luomala, J. & Hakala, I. (2015, September). Effects of temperature and humidity on radio signal strength in outdoor wireless sensor networks. *2015 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, 1247–1255.
- Guidara, A. & Derbel, F. (2015). A real-time indoor localization platform based on wireless sensor networks. *2015 IEEE 12th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD15)*, 1–8.
- Capsuto, B. & Frolik, J. (2006). A system to monitor signal fade due to weather phenomena for outdoor sensor systems. *Fifth International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN 2006)*.
- Kurnia, D., Hamdi, M., & Juandi, M. (2021). Modeling of terahertz radiation absorption temperature distribution in biological tissue of a cattle using simulink-matlab model. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 37–45.
- Seprima, M. & Defrianto, D. (2020). Prediksi curah hujan dan kelembaban udara Kota Pekanbaru menggunakan metode Monte Carlo. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(3), 134–138.
- Boano, C. A., Wennerstrom, H., Zuniga, M., Brown, J., Keppitiyagama, C., Oppermann, F., Roedig, U., Norden, L. A., Voigt, T., & Römer, K. (2013). Hot Packets: A systematic evaluation of the effect of temperature on low power

- wireless transceivers. *IEEE ExtremeCom 2013*.
11. Anastasi, G., Falchi, A., Passarella, A., Conti, M., & Gregori, E. (2004). Performance measurements of motes sensor networks. *Proceedings of the 7th ACM international symposium on Modeling, analysis and simulation of wireless and mobile systems*, 174–181.
  12. Wennerström, H., Hermans, F., Rensfelt, O., Rohner, C., & Nordén, L. Å. (2013). A long-term study of correlations between meteorological conditions and 802.15. 4 link performance. *2013 IEEE International Conference on Sensing, Communications and Networking (SECON)*, 221–229.
  13. Boano, C. A., Tsiftes, N., Voigt, T., Brown, J., & Roedig, U. (2009). The impact of temperature on outdoor industrial sensornet applications. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, **6**(3), 451–459.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

# KARAKTERISASI SIFAT ELEKTROKIMIA ELEKTRODA KARBON BERBAHAN PELEPAH AREN MENGGUNAKAN LARUTAN ELEKTROLIT $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Decha Apriliany Suwandi\*, Awitdrus

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [decha.apriliany1890@student.unri.ac.id](mailto:decha.apriliany1890@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*The electrical energy crisis occurs due to the availability of non-renewable sources of electrical energy. The focus of research is currently developing on how to store electrical energy using biomass energy. This study aims to analyze the electrochemical properties of the palm frond based carbon electrode using electrolyte solution of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Pre-carbonization of palm fronds was carried out using an electric oven with a temperature of  $100\text{ }^\circ\text{C}$  –  $250\text{ }^\circ\text{C}$  for 2 hours. Chemical activation using KOH activating agent with a concentration of 0.3 M at  $80\text{ }^\circ\text{C}$  for 2 hours. Carbonization was carried out at a temperature of  $600\text{ }^\circ\text{C}$  using an  $\text{N}_2$  gas environment and followed by a chemical activation process using  $\text{CO}_2$  gas at a temperature of  $850\text{ }^\circ\text{C}$  for 2.5 hours.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  with a concentration of 0.5 M is used as a solution in the manufacture of supercapacitor cells. The scanning rate is inversely proportional to the specific capacitance value generated. Characterization of electrochemical properties was carried out using the cyclic voltammetry method resulting in a specific capacitance value of 61.71 F/g for a scan rate of 1 mV/s, 57.93 F/g for scan rate of 2 mV/s and 51.37 F/g for scan rate of 5 mV/s.*

**Keywords:** Palm Frond, Carbon Electrodes, Electrolyte, Supercapacitor.

## ABSTRAK

*Krisis energi listrik terjadi akibat ketersediaan sumber energi listrik yang tidak bisa diperbarui. Fokus penelitian saat ini berkembang pada cara penyimpanan energi listrik dengan menggunakan energi biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sifat elektrokimia elektroda karbon berbasis pelepah aren menggunakan larutan elektrolit  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Pra-karbonisasi pelepah aren dilakukan menggunakan oven listrik dengan suhu  $100\text{ }^\circ\text{C}$  –  $250\text{ }^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Aktivasi kimia menggunakan agen pengaktif KOH dengan konsentrasi 0,3M pada suhu  $80\text{ }^\circ\text{C}$  selama 2 jam. karbonisasi dilakukan pada suhu  $600\text{ }^\circ\text{C}$  menggunakan lingkungan gas  $\text{N}_2$  dan diikuti dengan proses aktivasi kimia menggunakan gas  $\text{CO}_2$  pada suhu  $850\text{ }^\circ\text{C}$  selama 2,5 jam.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dengan konsentrasi 0,5 M digunakan sebagai larutan pada pembuatan sel superkapasitor. Laju pemindaian berbanding terbalik dengan nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan. Karakterisasi sifat elektrokimia dilakukan menggunakan metode siklik voltametri menghasilkan nilai kapasitansi spesifik sebesar 61,71 F/g untuk laju pemindaian 1 mV/s, 57,93 F/g untuk laju pemindaian 2 mV/s dan 51,37 F/g untuk laju pemindaian 5 mV/s.*

**Kata kunci:** Pelepah Aren, Elektroda Karbon, Elektrolit, Superkapasitor.

Diterima 09-03-2021 | Disetujui 25-03-2021 | Dipublikasi 31-03-2021

## PENDAHULUAN

Energi biomassa merupakan energi alternatif yang dihasilkan dari limbah tumbuhan dan hewan yang dapat diperbarui. Superkapasitor merupakan inovasi piranti penyimpanan energi yang efisien dan ramah

lingkungan sebagai bentuk pemanfaatan energi biomassa dalam meningkatkan pemerataan efektivitas sumber energi. Superkapasitor saat ini menjadi perangkat penyimpanan energi yang paling terkemuka, karena memiliki proses pengisian yang cepat dan proses pengosongan yang lebih lama dengan tingkat

kestabilan yang tinggi [1]. Pelepah aren adalah limbah biomassa yang belum dimanfaatkan secara maksimal sehingga masih menjadi limbah sisa dalam produksi tanaman aren. Pembuatan elektoda karbon merupakan terobosan baru dalam pemanfaatan limbah pelepah aren.

Tanaman aren atau enau (*Arenga Pinnata*) adalah tanaman palma yang mudah beradaptasi tanpa membutuhkan kondisi tanah yang spesifik pada wilayah perkebunan Indonesia [2]. Aren merupakan tumbuhan berbiji tertutup (*Angiospermae*) dan termasuk *Family* pinang-pinangan (*Arecaceae*). Berdasarkan data yang ada, total luas tanaman pada tahun 2013 sebesar 70.000 Ha, yang tersebar pada 14 Provinsi di Indonesia [3]. Bagian terluar pelepah aren diselimuti oleh kulit pelepah, dan pada bagian dalam terdiri dari serat pelepah. Pelepah aren umumnya berukuran 2 m – 3 m dengan diameter 5 cm – 8 cm pada pangkal pelepah [4].

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Pelepah Aren [5].

Komposisi	Kandungan (%)
Selulosa	66,5
Hemiselulosa	14,7
Lignin	18,9
Kadar air	2,7
Zat ekstraktif	2,5
Kadar abu	3,1

Superkapasitor atau yang di kenal sebagai EDLC (*Electrochemical Double Layer Capacitors*) merupakan kapasitor elektrokimia lapisan ganda yang memiliki beberapa keunggulan di antaranya kapasitansi penyimpanan energi lebih besar, waktu hidup yang lebih lama dan waktu pengisian yang lebih cepat [6]. Superkapasitor dengan kapasitansi (C) yang tinggi dapat dihasilkan apabila memiliki luas permukaan elektroda (A) yang tinggi dan jarak dari permukaan elektroda ke pusat lapisan ion ( $\delta$ ) yang kecil [7]. Besarnya nilai kapasitansi dihitung menggunakan persamaan:

$$C = \frac{\epsilon A}{4\pi\delta} \quad (1)$$

Superkapasitor pada dasarnya terdiri dari empat komponen yaitu elektroda, separator, elektrolit dan pengumpul arus[8,9]. Elektrolit merupakan komponen penting yang berfungsi menghasilkan ion-ion bermuatan yang akan memasuki pori elektroda karbon sehingga mampu menghasilkan nilai kapasitansi spesifik pada sel superkapasitor [10-12]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sifat elektrokimia elektroda karbon berbahan dasar pelepah aren menggunakan larutan elektrolit  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

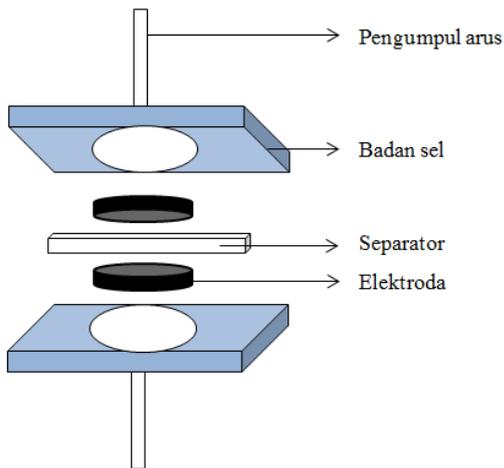
## METODE PENELITIAN

### Persiapan Elektroda Karbon

Biomassa pelepah aren diperoleh dari perkebunan aren di Provinsi Riau. Pelepah aren dibersihkan dan dipotong dengan ukuran  $\pm 5$  cm kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari hingga massanya konstan. Pra-karbonisasi dilakukan selama 2 jam menggunakan oven listrik pada suhu  $100\text{ }^\circ\text{C}$  –  $250\text{ }^\circ\text{C}$ . Sampel dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan  $53\text{ }\mu\text{m}$ . Aktivasi kimia dilakukan selama 2 jam menggunakan agen pengaktif KOH 0,3 M pada suhu  $80\text{ }^\circ\text{C}$ . sampel kemudian dicetak menjadi pelet menggunakan *hydraulic press* dengan tekanan 7 ton. Tahap karbonisasi menggunakan gas  $\text{N}_2$  pada suhu  $600\text{ }^\circ\text{C}$  dan aktivasi fisika menggunakan gas  $\text{CO}_2$  pada suhu  $850\text{ }^\circ\text{C}$ . Elektroda karbon kemudian dinetralkan hingga  $\text{pH}=7$  dan dikeringkan pada suhu  $100\text{ }^\circ\text{C}$ . Elektroda karbon dipoles hingga memiliki tebal  $0,2\text{ mm}$  –  $0,22\text{ mm}$  dan diameter  $8\text{ mm}$  –  $8,5\text{ mm}$ .

### Pembuatan Sel Superkapasitor

Sel superkapasitor dibuat menggunakan beberapa komponen seperti badan sel, teflon, pengumpul arus (*Stainless Steel 316 L*), separator atau pemisah (Kertas *Whatman*), elektroda (pelet karbon pelepah aren) dan larutan elektrolit 0,5 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Pelet yang telah dipoles kemudian direndam dengan larutan elektrolit 0,5 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Komponen sel superkapasitor disusun berdasarkan Gambar 1.



**Gambar 1.** Susunan sel superkapasitor.

Nilai kapasitansi yang dihasilkan mampu dipengaruhi oleh jenis larutan elektrolit yang digunakan [13]. Selain asam dan basa, garam yang bersifat netral juga mampu dijadikan larutan elektrolit seperti  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Larutan elektrolit netral  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dengan konsentrasi 0,5 M digunakan untuk mencapai konduktivitas maksimum 91,1 mS/cm [14].

### Karakterisasi Sifat Elektrokimia

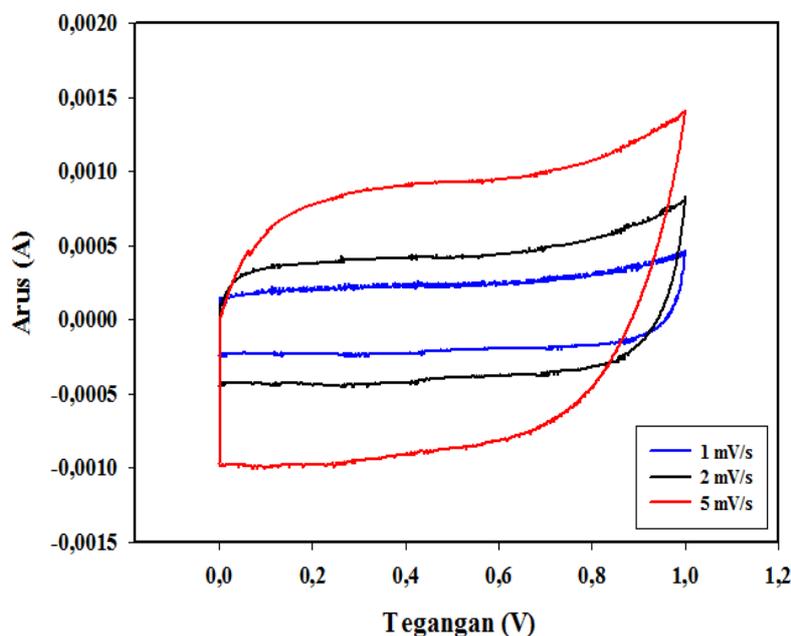
Sifat elektrokimia elektroda karbon berbahan dasar pelepah aren dikarakterisasi menggunakan CV dengan tujuan untuk mengetahui nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor yang dihasilkan. Pengujian ini

menggunakan alat *Physics CV UR Rad-Er 5841* dengan laju pemindaian 1 mV/s, 2 mV/s, dan 5 mV/s pada potensial 0 V – 1 V. Nilai Kapasitansi spesifik ( $C_{sp}$ ) dapat dihitung menggunakan data dari arus pengisian ( $I_c$ ), arus pengosongan ( $I_d$ ), laju pemindaian ( $s$ ) dan massa elektroda karbon ( $m$ ) [15] dengan persamaan :

$$C_{sp} = \frac{(I_c - I_d)}{s \times m} \quad (2)$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat elektrokimia elektroda karbon menggunakan larutan elektrolit 0,5 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dikarakterisasi menggunakan CV dengan beda potensial 0 V – 1 V. Data yang diperoleh berupa arus pengisian dan arus pengosongan dalam rentang arus berkisar antara -0,0015 A – 0,0020 A. Hasil pengujian CV ditunjukkan oleh kurva hubungan antara arus dan tegangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kurva CV yang berbentuk menyerupai persegi panjang membuktikan adanya kapasitansi lapisan ganda pada elektroda dan transfer muatan yang baik. Bentuk kurva CV yang menyerupai persegi empat merupakan bentuk yang umum pada pemanfaatan karbon aktif sebagai elektroda superkapasitor [16].



**Gambar 2.** Kurva hasil pengujian CV dengan laju pemindaian 1 mV/s, 2 mV/s, dan 5 mV/s.

Kurva arus pengisian dan arus pengosongan yang semakin lebar menunjukkan nilai kapasitansi spesifik yang semakin tinggi. Massa elektroda juga mempengaruhi besar kecilnya nilai kapasitansi spesifik. Semakin kecil massa elektroda maka akan semakin besar pula nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan [17]. Nilai kapasitansi spesifik dari elektroda karbon menggunakan elektrolit 0,5 M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**Tabel 2.** Nilai Kapasitansi Spesifik.

Laju Pemindaian (mV/s)	Kapasitansi Spesifik (F/g)
1	61,71
2	57,93
5	51,37

Tabel 3 menunjukkan nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan berbanding terbalik dengan laju pemindaian. Semakin tinggi laju pemindaian maka akan semakin rendah kapasitansi spesifik yang dihasilkan. Nilai kapasitansi spesifik tertinggi berada pada laju pemindaian 1 mV/s. Pada laju pemindaian tersebut ion memiliki banyak waktu untuk berdifusi ke dalam pori elektroda sehingga proses pengisian dan pengosongan pada saat pengujian berlangsung secara optimal [18]. Aksesibilitas yang buruk terjadi pada laju pemindaian yang tinggi yang menyebabkan kapasitansi spesifik menurun.

Nilai kapasitansi spesifik dipengaruhi oleh ukuran ion yang dihasilkan dari larutan elektrolit. Semakin kecil ukuran ion yang dihasilkan maka semakin besar nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan ion dengan ukuran yang kecil akan lebih mudah mengisi pori-pori elektroda karbon. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> memiliki ukuran kation 0,36 nm dan anion 0,53 nm [19]. Konduktivitas larutan elektrolit juga mempengaruhi kapasitansi spesifik yang dihasilkan, semakin besar nilai konduktivitas larutan elektrolit maka akan semakin besar nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan. Hal ini karena konduktivitas merupakan kemampuan elektrolit untuk mengantarkan arus listrik. Nilai konduktivitas maksimum Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adalah 91,1 mS/cm [20].

## KESIMPULAN

Pembuatan elektroda karbon berbahan dasar pelepah aren telah berhasil dilakukan. Karakterisasi sifat elektrokimia menggunakan CV dengan larutan elektrolit 0,5M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menghasilkan nilai kapasitansi spesifik yang berbeda pada laju pemindaian 1 mV/s, 2 mV/s dan 5 mV/s dari sel superkapasitor. Laju pemindaian berbanding terbalik dengan kapasitansi spesifik yang dihasilkan, semakin meningkatnya laju pemindaian maka kapasitansi spesifik yang dihasilkan semakin menurun. Kapasitansi spesifik tertinggi berada pada laju pemindaian 1 mV/s yaitu 61,71 F/g. Nilai konduktivitas dan ukuran ion dari larutan elektrolit mampu mempengaruhi nilai kapasitansi yang dihasilkan.

## REFERENSI

- Vangari, M., Pryor, T., & Jiang, L. (2013). Supercapacitors: review of materials and fabrication methods. *Journal of Energy Engineering*, **139**(2), 72–79.
- Indonesia, A., & Effendi, D. S. Prospek Pengembangan Tanaman Aren (*Arenga pinnata Merr*) Mendukung Kebutuhan Bioetanol di Indonesia.
- Suswono. (2014). *Pedoman Budidaya Aren (Arenga Pinnata) yang Baik*. Permentan, Jakarta.
- Sebayang, L. (2016). Keragaan eksisting tanaman Aren (*Arenga pinnata Merr*) di Sumatera Utara (Peluang dan Potensi Pengembangannya). *Jurnal Pertanian Tropik*, **3**(2), 133–138.
- Sahari, J., Sapuan, S. M., Ismarrubie, Z. N., & Rahman, M. Z. A. (2012). Physical and chemical properties of different morphological parts of sugar palm fibres. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, **2**(91), 21–24.
- Xiong, G., Meng, C., Reifenberger, R. G., Irazoqui, P. P., & Fisher, T. S. (2014). A review of graphene-based electrochemical microsupercapacitors. *Electroanalysis*, **26**(1), 30–51.

7. Kötz, R. & Carlen, M. J. E. A. (2000). Principles and applications of electrochemical capacitors. *Electrochimica acta*, **45**(15-16), 2483–2498.
8. Lestari, A. N. I., Farma, R., Asyana, V., & Awitdrus, A. (2020). Fabrikasi dan karakterisasi elektroda karbon dari biomassa serabut buah nipah dengan variasi konsentrasi aktivator KOH. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(3), 127–133.
9. Taer, E., Alrifani, Z., & Taslim, R. (2018). Pengaruh temperatur aktivasi fisika terhadap kinerja superkapasitor berbasis elektroda karbon dari ampas sagu. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(2), 126–130.
10. Zhang, L. L. & Zhao, X. S. (2009). Carbon-based materials as supercapacitor electrodes. *Chemical Society Reviews*, **38**(9), 2520–2531.
11. Hidayat, T., Dewi, R., & Hamzah, Y. (2021). Effect of holding time on optical structure properties of Ba (Zr0. 5ti0. 5) O3 thin film using sol-gel method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 59–66.
12. Saputrina, T. T., Iwantono, I., Awitdrus, A., & Umar, A. A. (2020). Performances of dye-sensitized solar cell (DSSC) with working electrode of aluminum-doped ZnO nanorods. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 1–7.
13. Zhong, C., Deng, Y., Hu, W., Sun, D., Han, X., Qiao, J., & Zhang, J. (2016). *Electrolytes for electrochemical supercapacitors*. USA: CRC press.
14. Yu, A., Chabot, and J. Zhang. (2013). *Electrochemical Supercapacitor for Energy Storage and Delivery: Fundamentals and Applications*. USA: CRC Press.
15. Tetra, O. N. (2018). Superkapsitor Berbahan Dasar Karbon Aktif Dan Larutan Ionik Sebagai Elektrolit. *Jurnal Zarah*, **6**(1), 39–46.
16. Farma, R., Deraman, M., Awitdrus, A., Talib, I. A., Taer, E., Basri, N. H., Manjunatha, J. G., Ishak, M. M., Dollah, B. N. M., & Hashmi, S. A. (2013). Preparation of highly porous binderless activated carbon electrodes from fibres of oil palm empty fruit bunches for application in supercapacitors. *Bioresource technology*, **132**, 254–261.
17. Zakir, M., Kasim, H., Raya, I., Lamba, Y., & Jorge, A. B. (2019). Performance of Candlenut Shell (*Alleuretus moluccana*) Based Supercapacitor Electrode with Acid Electrolytes and Their Salts. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **619**(1), 012042.
18. Sudhan, N., Subramani, K., Karnan, M., Ilayaraja, N., & Sathish, M. (2017). Biomass-derived activated porous carbon from rice straw for a high-energy symmetric supercapacitor in aqueous and non-aqueous electrolytes. *Energy & Fuels*, **31**(1), 977–985.
19. Frackowiak, E. (2006). Supercapacitors based on carbon materials and ionic liquids. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, **17**(6), 1074–1082.
20. Qu, D. (2002). Studies of the activated carbons used in double-layer supercapacitors. *Journal of power sources*, **109**(2), 403–411.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

# 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