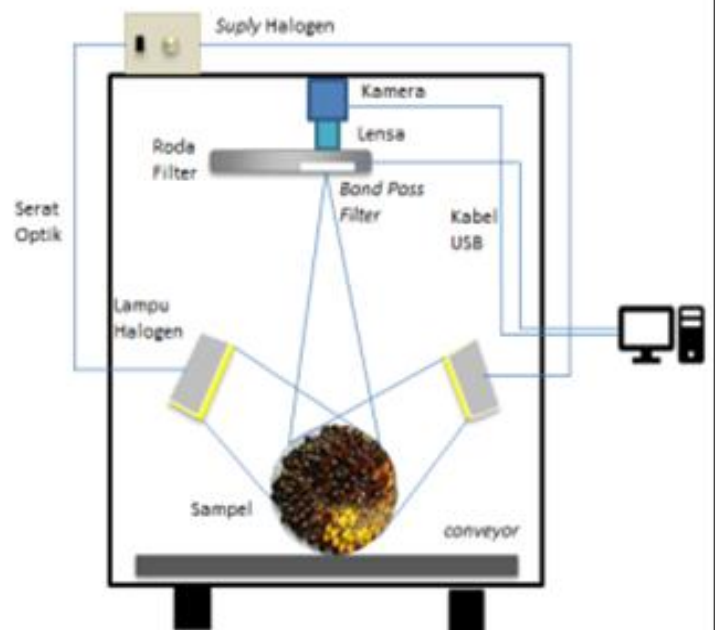
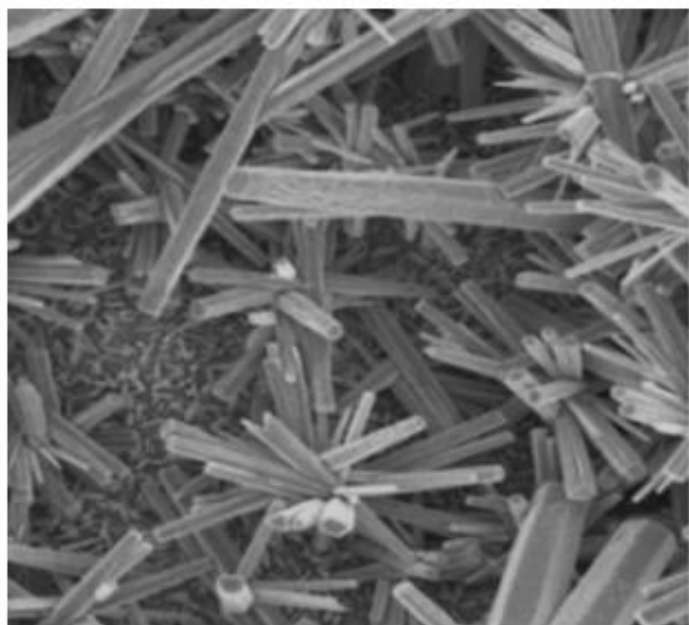


# Komunikasi Fisika Indonesia





**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
ANALISA SUSEPTIBILITAS MAGNETIK DAN KANDUNGAN LOGAM BERAT AKIBAT POLUTAN KENDARAAN BERMOTOR DI BEBERAPA RUAS JALAN KOTA PEKANBARU <i>Vischa Vahyra, Salomo Salomo</i>	114-119
PENGARUH VARIASI SUDUT DATANG DAN SUDUT TANGKAP CAHAYA PADA NILAI KONTRAS CITRA SPEKEL BERAS BERBASIS GUI MATLAB <i>Mahardika Mega Utama, Wiwis Sasmitaninghidayah</i>	120-126
FABRIKASI DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA KARBON DARI BIOMASSA SERABUT BUAH NIPAH DENGAN VARIASI KONSENTRASI AKTIVATOR KOH <i>Ade Nur Indah Lestari, Rakhmawati Farma, Vepy Asyana, Awitdrus Awitdrus</i>	127-133
PREDIKSI CURAH HUJAN DAN KELEMBABAN UDARA KOTA PEKANBARU MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO <i>Melani Seprima, Defrianto Defrianto</i>	134-138
SINTESIS DAN KARAKTERISASI NPP PERAK (Ag-NPs) MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT BUAH NAGA SEBAGAI BIOREDUKTOR <i>Rosman Parningotan, Yanuar Hamzah</i>	139-143
PENGUNAAN PENCITRAAN MULTISPEKTRAL PADA PANJANG GELOMBANG 520 NM DAN 800 NM UNTUK MENGEVALUASI TINGKAT KEMATANGAN TBS KELAPA SAWIT <i>Sinta Afria Ningsih, Minarni Shiddiq, Dodi Sofyan Arief, Ikhsan Rahman Husein</i>	144-149
IDENTIFIKASI AIR TANAH DI PERUMAHAN GRAHA MUSTAMINDO PERMAI 3 MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER <i>Teta Emi Sapitri, Usman Malik</i>	150-154
PENGARUH PENAMBAHAN LOGAM TRANSISI NIKEL TERHADAP SIFAT FISIS <i>NANOROD</i> ZnO <i>Sumarti Sumarti, Iwantono Iwantono, Awitdrus Awitdrus</i>	155-159
OPTIMALISASI PENGGUNAAN E-MODUL DAN <i>PHET SIMULATION</i> SEBAGAI VIRTUAL LAB DI MASA PANDEMI COVID-19 <i>Vepy Asyana, Arini Arini</i>	160-165
ANALISIS KUALITAS DATA KELUARAN HARIAN ELEKTRON AKSELERATOR LINIER <i>Heru Santoso, Muhammad Hamdi, Saktioto Saktioto</i>	166-171

## ANALISA SUSEPTIBILITAS MAGNETIK DAN KANDUNGAN LOGAM BERAT AKIBAT POLUTAN KENDARAAN BERMOTOR DI BEBERAPA RUAS JALAN KOTA PEKANBARU

Vischa Vahyra\*, Salomo

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [vischa.vahyra5472@student.unri.ac.id](mailto:vischa.vahyra5472@student.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*The research on the magnetic susceptibility, mass susceptibility, and heavy metal content due to automotive contaminants using magnetic susceptibility and X-ray fluorescence has been performed. Samples were taken on three roads in Pekanbaru City, i.e. Jendral Sudirman, Ahmad Yani and Pangeran Hidayat Road. The sample was dried, sifted, separated between magnetic and non-magnetic particles, identified and analyzed. The magnetic induction value of the concentrate as a function of current (200,400,600,800,1000) mA was determined using the Pasco PS-2162 magnetic probe and 2500 winding solenoid. The magnetic induction value also increased when the electrical current was increased. The findings of this analysis showed that concentrates had the magnetic susceptibility values  $(4888.8-11095.8) \times 10^{-5}$ , while the mass susceptibility of concentrates had values  $(2284.48-7513.05) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . The XRF test is done on three concentrates, which are JS 08, AY 01, and PH 13. The XRF test results showed that all the concentrates contained Mn, Ni, Cu, Zn and Pb heavy metals. Based on the threshold value of heavy metals as soil contaminants, it was established that the content of Cu, Zn, and Pb at JS 08, AY 01, and PH13 concentrations exceeded the threshold. Ni material had reached the threshold only to focus on JS 08.*

**Keywords:** Heavy metal, Motor vehicle pollutants, Magnetic susceptibility, X-ray fluorescence

### ABSTRAK

*Penelitian tentang suseptibilitas magnetik, suseptibilitas massa dan kandungan logam berat akibat polutan kendaraan bermotor dengan menggunakan metode suseptibilitas magnetik dan X-Ray Fluorescence telah dilakukan. Sampel diambil di tiga ruas jalan di Kota Pekanbaru, yaitu Jalan Jendral Sudirman, Jalan Ahmad Yani, dan Jalan Pangeran Hidayat. Sampel kemudian dikeringkan, diayak, dipisah antara partikel magnetik dan non magnetik, diidentifikasi dan dianalisa. Nilai induksi magnetik konsentrat sebagai fungsi arus (200,400,600,800,1000) mA diukur dengan menggunakan probe magnetic Pasco PS-2162 dan solenoid 2500 lilitan. Ketika arus listrik dinaikkan maka nilai induksi magnetik juga semakin meningkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrat memiliki nilai suseptibilitas magnetik  $(4888,8-11095,8) \times 10^{-5}$ , sedangkan suseptibilitas massa konsentrat memiliki nilai  $(2284,48-7513,05) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . Uji XRF dilakukan pada tiga konsentrat yaitu JS 08, AY 01, dan PH 13. Hasil uji XRF menunjukkan bahwa seluruh konsentrat mengandung logam berat Mn, Ni, Cu, Zn, dan Pb. Berdasarkan nilai ambang batas logam berat sebagai pencemar dalam tanah, diketahui bahwa kandungan Cu, Zn, dan Pb pada ketiga konsentrat yang di uji sudah melebihi ambang batas. Kandungan Ni sudah melebihi ambang batas hanya pada konsentrat JS 08.*

**Kata kunci:** Logam berat, Polutan kendaraan bermotor, Suseptibilitas magnetik, X-ray fluorescence

Diterima 04-06-2020 | Disetujui 05-10-2020 | Dipublikasi 30-11-2020

### PENDAHULUAN

Pencemaran tanah merupakan salah satu masalah lingkungan. Pencemaran tanah dapat

disebabkan oleh beberapa hal, seperti transportasi, industri, pemupukan, dan emisi pabrik atau pertambangan. Konsentrasi atau jumlah zat pencemar dapat meningkat seiring

dengan bertambahnya aktivitas tersebut. Pencemaran tanah di perkotaan paling utama berasal dari emisi kendaraan bermotor [1]. Tanah lapisan atas adalah penerima dari berbagai macam polutan termasuk logam berat dan dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui kualitas lingkungan hidup [2].

Emisi kendaraan bermotor dapat menghasilkan logam berat seperti Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Mangan (Mn), dan Nikel (Ni). Logam berat tersebut berasal dari gesekan mesin, karatan pada kendaraan dan gas buang kendaraan dari hasil pembakaran yang tidak sempurna, pemakaian kampas rem, ban, dan komponen kendaraan lainnya [3].

Penelitian ini dilakukan guna menentukan suseptibilitas magnetik, suseptibilitas massa, dan kandungan logam berat sampel tanah di beberapa ruas jalan Kota Pekanbaru. Jalan yang dipilih yaitu Jalan Jendral Sudirman, Jalan Ahmad Yani, dan Jalan Pangeran Hidayat. Metode yang digunakan untuk menentukan kandungan logam berat pada penelitian ini adalah suseptibilitas magnetik dan X-Ray Fluorescence.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Medan Magnet

Magnet memiliki medan yang berbeda dengan medan listrik, yaitu medan magnet. Daerah medan magnet dapat dilihat dengan garis gaya-gaya magnet yang saling bertemu di kedua kutubnya [4].

### Induksi Magnetik

Induksi magnetik adalah kuatnya medan magnet disuatu titik yang diakibatkan oleh adanya arus listrik yang mengalir dalam suatu penghantar dan menembus suatu bidang [5]. Nilai Induksi magnetik yang ditimbulkan oleh kawat pada pusat lingkaran kawat berarus dengan jari-jari  $R$  adalah sebagai berikut.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} \quad (1)$$

Nilai Induksi magnetik untuk kawat melingkar yang terdiri atas  $N$  lilitan yang ditimbulkan dipusat lingkaran dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2R} \quad (2)$$

Besarnya medan magnet yang terdapat pada tengah solenoida dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$B = \mu_0 nI \quad (3)$$

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I \quad (4)$$

### Suseptibilitas Magnetik dan Suseptibilitas Massa

Suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) merupakan salah satu parameter magnetik yang merupakan ukuran mudah tidaknya suatu bahan untuk termagnetisasi jika bahan tersebut dikenakan medan magnetik luar. Nilai suseptibilitas magnet ditunjukkan oleh persamaan [6]:

$$\chi_m = \frac{M}{H} \quad (5)$$

Suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) juga dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\chi_m = \frac{B_T - B_0}{B_0} \quad (6)$$

Suseptibilitas massa adalah perbandingan suseptibilitas magnetik dengan nilai rapat jenis suatu sampel. Nilai suseptibilitas massa ( $\chi_{massa}$ ) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\chi_{massa} = \frac{\chi_m}{\rho} \quad (7)$$

$\rho$  adalah rapat massanya [7].

### X-Ray Fluorescence spectrometry (XRF)

XRF adalah suatu teknik analisa yang dapat mengidentifikasi serta menentukan unsur yang

terkandung pada suatu sampel. Sampel yang dapat dianalisa dapat berupa padatan, bubuk ataupun cairan. XRF digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material atau mineral. XRF banyak digunakan karena metode ini dapat menganalisa dengan cepat dan tidak merusak sampel yang di uji [8].

## METODE PENELITIAN

Sampel atau bahan yang digunakan pada penelitian ini merupakan endapan tanah lapisan atas yang diambil dari tiga ruas jalan di Kota Pekanbaru, yaitu Jalan Jendral Sudirman, Jalan Ahmad Yani, dan Jalan Pangeran Hidayat.

Sampel di Jalan Jendral Sudirman diambil sebanyak 25 titik, dengan jarak antar titik sampelnya adalah 200 m. Sampel di Jalan Ahmad Yani diambil sebanyak 25 titik, dengan jarak antar titik sampelnya adalah 80 m. Sampel di Jalan Pangeran Hidayat diambil sebanyak 25 titik, dengan jarak antar titik sampelnya adalah 24 m. Massa sampel yang diambil pada tiap-tiap titiknya adalah 2 kg.

Sampel yang telah di ambil kemudian dikeringkan untuk mengurangi kadar air yang terkandung, sehingga dapat mempermudah proses pemisahan antara material magnetik dengan non-magnetik. Sampel yang telah kering kemudian diayak, agar sampel bersih dari sampah dan batu-batuan. Sampel yang telah bersih kemudian dipisahkan antara partikel magnetik dan non magnetiknya dengan menggunakan *Neodymium Iron Boron* (magnet batang), sehingga didapatkan konsentrat.

Konsentrat yang didapat kemudian di ukur massa dan volumenya, kemudian diukur induksi magnetiknya. Induksi magnetik sebagai fungsi arus diukur dengan menggunakan *Probe Magnetic Pasco* PS-2162 dan solenoid dengan jumlah lilitannya adalah 2500 lilitan, panjang 10 cm dan berdiameter 3 cm. *Probe Magnetic Pasco* PS-2162 dihubungkan pada laptop yang telah tersambung ke software Data Studio. Nilai susceptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) dihitung dengan

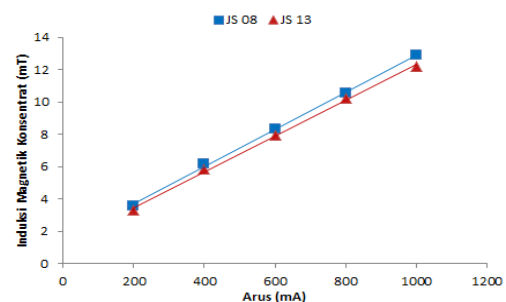
menggunakan Persamaan (6), dan susceptibilitas massa ( $\chi_{massa}$ ) dihitung dengan menggunakan Persamaan (7).

Logam berat yang terkandung dalam konsentrat yang memiliki nilai susceptibilitas magnetik tertinggi pada masing-masing jalan dianalisa dengan XRF.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menampilkan data dan pembahasan dari hasil pengukuran induksi magnetik, susceptibilitas magnetik, serta kandungan logam berat sampel tanah di beberapa ruas jalan Kota Pekanbaru.

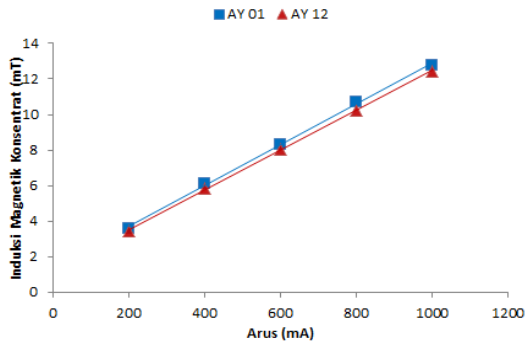
Induksi magnetik diukur sebagai fungsi arus. Arus yang diberikan yaitu (200, 400, 600, 800, 1000) mA. Nilai induksi magnetik konsentrat tertinggi dengan nilai induksi magnetik konsentrat terendah pada masing masing ruas jalan di plot dalam bentuk grafik, dapat dilihat pada Gambar 1 hingga 3.



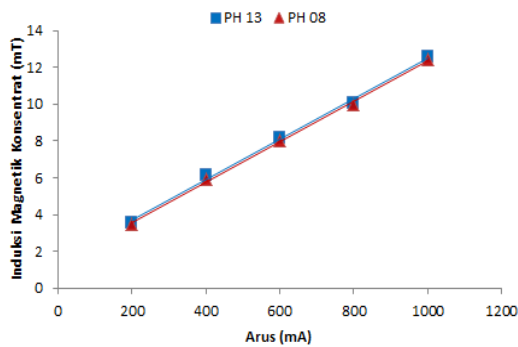
**Gambar 1.** Grafik perbandingan antara nilai induksi magnetik konsentrat tertinggi (JS 08) dengan induksi magnetik konsentrat terendah (JS 13) sebagai fungsi arus pada jalan Jendral Sudirman.

Gambar 1 menjelaskan bahwa data induksi magnetik solenoid dengan inti konsentrat JS 08 dapat dimodelkan oleh persamaan  $B_K = 0,0115I + 1,4037$ ; sedangkan untuk konsentrat JS 13 dapat dimodelkan oleh persamaan  $B_K = 0,0111I + 1,2073$ .

Data induksi magnetik solenoid dengan inti konsentrat AY 01 pada Gambar 2 dapat dimodelkan oleh persamaan  $B_K = 0,0115I + 1,394$ ; sedangkan pada konsentrat AY 12 dapat dimodelkan oleh persamaan  $B_K = 0,0112I + 1,2389$ .



**Gambar 2.** Grafik perbandingan antara nilai induksi magnetik konsentrat tertinggi (AY 01) dengan induksi magnetik konsentrat terendah (AY 12) sebagai fungsi arus pada jalan Ahmad Yani.



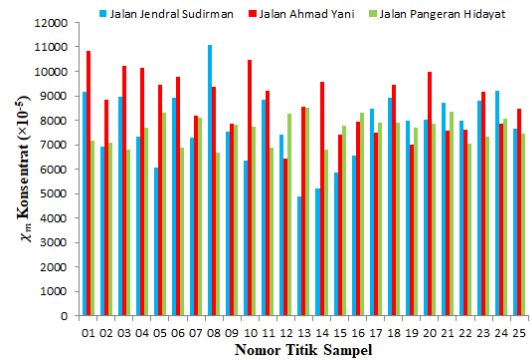
**Gambar 3.** Grafik perbandingan antara nilai induksi magnetik konsentrat tertinggi (PH 13) dengan induksi magnetik konsentrat terendah (PH 08) sebagai fungsi arus pada jalan Pangeran Hidayat.

Gambar 3 menjelaskan data induksi magnetik solenoid dengan inti konsentrat PH 13 dapat dimodelkan oleh persamaan  $B_K = 0,011I + 1,4883$ ; sedangkan pada konsentrat PH 08 dapat dimodelkan oleh persamaan  $B_K = 0,011I + 1,3806$ .

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa induksi magnetik meningkat seiring dengan bertambahnya arus listrik, sesuai dengan Persamaan 4, dimana induksi magnetik sebanding dengan arus listrik yang dialirkan.

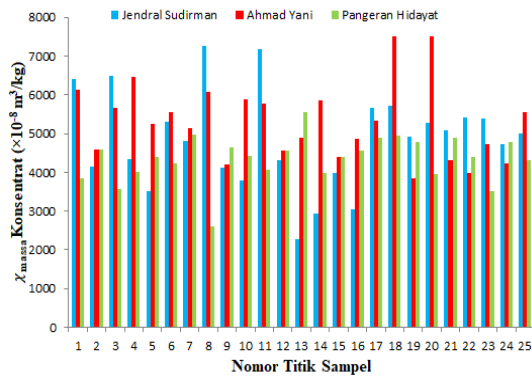
Nilai suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) konsentrat dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat menunjukkan bahwa dari 75 konsentrat yang terdapat di tiga ruas jalan, didapatkan hasil pengukuran yang bervariasi. Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat tanah pada ketiga ruas jalan di Kota Pekanbaru berada

dalam interval  $(4888,8-11095,8) \times 10^{-5}$ , yang merupakan interval Ilmenite ( $FeTiO_3$ ; Antiferromagnetik).

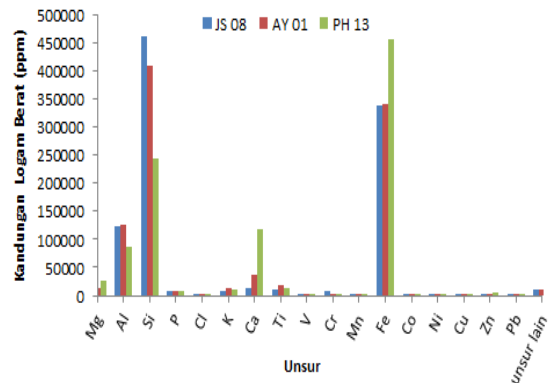


**Gambar 4.** Grafik nilai suseptibilitas magnetik konsentrat.

Nilai suseptibilitas massa konsentrat dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai suseptibilitas massa konsentrat tanah pada ketiga ruas jalan di Kota Pekanbaru berada dalam interval  $(2284,48-7513,05) \times 10^{-8} m^3/kg$ , yang merupakan interval Ilmenite ( $FeTiO_3$ ; Antiferromagnetik).



**Gambar 5.** Grafik nilai suseptibilitas massa konsentrat.



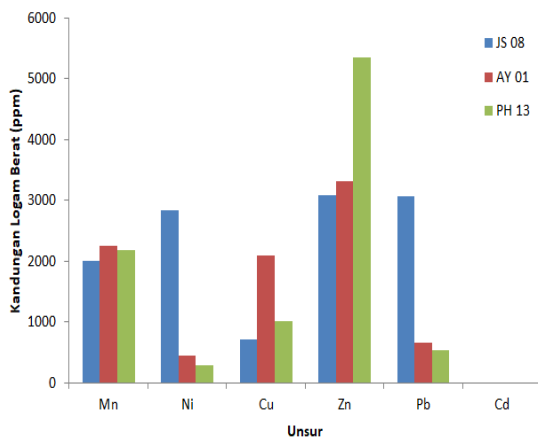
**Gambar 6.** Grafik hasil analisa unsur dengan menggunakan XRF.



Analisa unsur yang terkandung dalam konsentrat dengan nilai suseptibilitas magnetik tertinggi pada masing-masing jalan dilakukan dengan menggunakan XRF. Hasil uji XRF dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 6.

**Tabel 1.** Hasil analisa unsur dengan menggunakan XRF.

Unsur	Kandungan Logam Berat (ppm)		
	JS 08	AY 01	PH 13
Mg	3960	12000	25650
Al	124490	126820	85710
Si	462270	408800	244330
P	8990	7440	9020
Cl	250	450	490
K	8570	13280	9700
Ca	13320	36480	117540
Ti	10780	17960	13970
V	200	330	310
Cr	7660	2280	2640
Mn	2010	2260	2180
Fe	337110	339670	456410
Co	1230	1160	1580
Ni	2840	450	290
Cu	710	2100	1020
Zn	3090	3310	5360
Pb	3060	660	540
Elemen lain	9470	11430	13930



**Gambar 7.** Grafik kandungan logam berat yang berasal dari emisi kendaraan bermotor pada tiga ruas jalan di Kota Pekanbaru.

Unsur-unsur yang di analisa pada penelitian ini hanya logam berat hasil dari emisi kendaraan bermotor. Mn dan Pb berasal dari

gas buang kendaraan bermotor. Cu juga berasal dari gas buang kendaraan bermotor dan pemakaian rem. 70% Pb yang terdapat dalam bahan bakar kendaraan bermotor akan keluar melalui knalpot [9]. Zn berasal dari pengikisan ban kendaraan bermotor. Logam berat yang berasal dari emisi kendaraan bermotor tersebut di duga terbawa oleh angin atau air hujan, kemudian mengendap dan terakumulasi di tanah lapisan atas. Kandungan logam berat yang berasal dari emisi kendaraan bermotor dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan grafiknya dapat dilihat pada Gambar 7.

**Tabel 2.** Kandungan logam berat yang berasal dari emisi kendaraan bermotor pada tiga ruas jalan di Kota Pekanbaru.

Unsur	Nilai Ambang Batas* (ppm)	JS 08 (ppm)	AY 01 (ppm)	PH 13 (ppm)
Ni	10–1000	2840**	450	290
Cu	2–100	710**	2100**	1020**
Zn	10–300	3090**	3310**	5360**
Pb	2–200	3060**	660**	540**
Cd	0,1–7	-	-	-

\*) Kisaran ambang batas logam berat sebagai pencemar dalam tanah [10].

\*\*\*) Kandungan logam berat yang sudah melewati ambang batas dalam tanah

Hasil uji XRF menunjukkan bahwa tanah lapisan atas pada ketiga ruas jalan yang diuji mengandung logam berat Mn, Ni, Cu, Zn dan Pb. Kandungan logam berat Cu, Zn dan Pb pada ketiga ruas jalan, serta kandungan Ni pada Jalan Jendral Sudirman sudah melewati ambang batas. Cd tidak terdeteksi dalam semua sampel yang di uji. Logam berat yang sudah melewati ambang batas pada tanah dapat membuat tanah tercemar dan memberikan dampak negatif bagi makhluk hidup dan lingkungan.

## KESIMPULAN

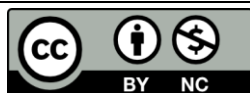
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa nilai induksi magnetik semakin meningkat seiring dengan bertambahnya nilai arus yang diberikan. Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat tanah pada ketiga ruas jalan di Kota



Pekanbaru berada dalam interval  $(4888,8-11095,8) \times 10^{-5}$ , yang merupakan interval Ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ; Antiferromagnetik). Nilai suseptibilitas massa konsentrat tanah pada ketiga ruas jalan di Kota Pekanbaru berada dalam interval  $(2284,48-7513,05) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , yang merupakan interval Ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ; Antiferromagnetik). Berdasarkan uji XRF, kandungan logam berat Cu, Zn dan Pb pada ketiga ruas jalan, serta kandungan logam berat Ni pada jalan Jendral Sudirman sudah melewati ambang batas, sedangkan Cd tidak terdeteksi dalam semua sampel yang diuji.

## REFERENSI

1. Afdal, A. & Yulius, U. (2012). Suseptibilitas magnetik dan kontaminasi logam-berat dalam tanah lapisan atas di sekitar pabrik semen di Kota Padang. *Jurnal Ilmu Fisika*, **4**(2), 76–82.
2. Hutauruk, M. & Sinuraya, S. (2020). Analisa suseptibilitas magnetik dan kandungan logam berat pada tanah perkebunan kelapa sawit. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(2), 108–113.
3. Yuliaty, W., Mahrizal, & Mufit, F. (2013). Penentuan tingkat polusi udara akibat kendaraan bermotor menggunakan metoda suseptibilitas magnetik di Kota Padang. *Pillar of Physics*, **1**(1), 121–128.
4. Nanda, R., Malik, U., & Lazuardi, L. (2018). Pengukuran kuat arus pada kawat dengan menggunakan sensor medan magnet. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(2), 151–155.
5. Salomo, S., Erwin, E., Zuhendri, Z., & Zulkarnaen, Z. (2017). Pengukuran induksi magnetik total dan identifikasi kandungan elemen endapan pasir besi di pantai bagian Selatan Kota Padang Sumatera Barat. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **14**(1), 999–1005.
6. Dearing, J. (1999). *Environmental magnetic susceptibility: Using the Bartington MS2 system*. Kenilworth: Chi Publishing.
7. Reitz, J. R., Milford, F. J., & Christy, R. W. (1993). *Dasar teori listrik dan magnet, Edisi ke-3*. Bandung: ITB.
8. Viklund. (2008). *Teknik pemeriksaan material menggunakan XRF, XRD, dan SEM-EDS*. Bandung: ITB.
9. Yulius, U. & Afdal, A. (2014). Identifikasi sebaran logam berat pada tanah lapisan atas dan hubungannya dengan suseptibilitas magnetik di beberapa ruas jalan di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur Padang. *Jurnal Fisika UNAND*, **3**(4), 198–204.
10. Soepardi, G. (1983). *Sifat dan ciri tanah*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.



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

## PENGARUH VARIASI SUDUT DATANG DAN SUDUT TANGKAP CAHAYA PADA NILAI KONTRAS CITRA SPEKEL BERAS BERBASIS GUI MATLAB

Mahardhika Mega Utama\*<sup>1</sup>, Wiwis Sasmitaninghidayah\*<sup>2</sup>

Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

\*E-mail korespondensi: <sup>1</sup>megadika55@gmail.com; <sup>2</sup>wiwis\_hidayah\_87@fis.uin-malang.ac.id

### ABSTRACT

*Rice is the staple food of Indonesian. Rice quality is a factor that needs attention because it is related to consumer health. Checking the quality of rice using digital images can be applied because it is non-invasive, so the rice will be more hygienic. The method of utilizing digital images that can be used for checking the quality of rice is LSCI (Laser Speckle Imaging). This method uses a speckle image, that contrast value is analyzed using ImageJ or MATLAB software. To obtain the optimum speckle image contrast value, the arrival angle (laser angle) and capture angle (camera angle) must be adjusted properly. Obtained angle values that produce the optimum speckle image contrast, are at the arrival angle 40° and capture angle 30° at 60° data capture position. The average of the optimum contrast value is 1.2617 a.u. To simplify the speckle image processing, a speckle image contrast analysis application based on the GUI MATLAB was created. Obtained the measurement accuracy from the application is ranged from 99,99 % to 100,00%.*

**Keywords:** Laser Speckle Imaging (LSI), Arrival angle, Capture angle

### ABSTRAK

*Beras merupakan makanan pokok masyarakat Indonesia. Kualitas beras menjadi faktor yang perlu diperhatikan karena berhubungan dengan kesehatan konsumen. Pengecekan kualitas beras menggunakan citra digital dapat menjadi metode yang diterapkan karena bersifat tidak kontak langsung, sehingga beras akan lebih higienis. Metode pemanfaatan citra digital yang dapat digunakan untuk pengecekan kualitas beras adalah LSI (Laser Speckle Imaging). Metode ini menggunakan citra spekel yang dianalisis nilai kontrasnya dengan software ImageJ atau MATLAB. Untuk memperoleh nilai kontras citra spekel yang optimum, maka diperlukan sudut datang (sudut laser) dan sudut tangkap (sudut kamera) yang tepat. Diperoleh nilai sudut yang menghasilkan citra spekel dengan kontras optimum, berada pada sudut datang 40° dan sudut tangkap 30° pada posisi pengambilan data 60°. Rata-rata nilai kontras yang paling optimum yaitu sebesar 1,2617 a.u. Untuk mempermudah dalam pengolahan citra spekel, maka dibuat aplikasi analisis kontras citra spekel berbasis GUI MATLAB. Diperoleh hasil tingkat akurasi pengukuran aplikasi berkisar antara 99,99 % hingga 100,00 %.*

**Kata kunci:** Laser Speckle Imaging (LSI), Sudut datang, Sudut tangkap

Diterima 29-08-2020 | Disetujui 8-11-2020 | Dipublikasi 30-11-2020

### PENDAHULUAN

Beras merupakan salah satu sumber makanan pokok mayoritas masyarakat Indonesia karena kandungan karbohidrat dan gizi yang cukup tinggi. Beras merupakan hasil pascapanen padi (*Oryza Sativa*). Kualitas beras berhubungan erat dengan kesehatan

konsumen, sehingga perlu dilakukan pengecekan mutu beras sebelum didistribusikan kepada masyarakat.

Metode pengecekan kualitas beras untuk keperluan konsumsi masih dilakukan manual sehingga peluang terjadinya *human error* masih sangat besar. Hal ini disebabkan karena keterbatasan kemampuan dan subjektivitas

indra manusia. Sehingga metode pengecekan kualitas beras dengan metode pengolahan citra digital dapat menjadi alternatif penyelesaian permasalahan yang ada saat ini.

Metode pengolahan citra digital yang dapat digunakan untuk pengujian kualitas beras yaitu LSI. Metode ini memanfaatkan pola cahaya yang terbentuk dari fenomena pemantulan cahaya baur/difus dari cahaya laser yang mengenai sampel. LSI dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi kandungan atau kualitas suatu bahan tanpa merusak (*Non-Destructive Detection*) sampel yang diuji [1].

Pengambilan data citra spekel untuk pengujian kualitas beras tentunya harus memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi, agar citra spekel yang diperoleh memiliki kualitas yang baik. Kualitas citra spekel dapat ditinjau dari nilai kontras yang terukur pada citra. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai kontras citra spekel yaitu sudut datang dan sudut tangkap cahaya yang digunakan.

Sudut datang dan sudut tangkap yang tepat dalam pengambilan citra spekel dapat diketahui dengan pengambilan data melalui eksperimen. Adapun tujuan penelitian kali ini yaitu untuk mengetahui nilai sudut datang dan sudut tangkap yang tepat agar menghasilkan citra spekel dengan kontras optimum. Serta dilakukan perancangan aplikasi analisis citra spekel berbasis GUI (*Graphical User Interface*) MATLAB untuk mempermudah dalam pengolahan citra spekel, Hasil pada penelitian awal ini digunakan untuk menentukan posisi sudut kamera dan sudut laser pada perancangan sensor kualitas beras berbasis citra digital.

## TINJAUAN PUSTAKA

LSI merupakan pola cahaya yang terbentuk ketika cahaya dengan panjang gelombang yang sama mengalami pemantulan baur akibat permukaan sampel yang tidak rata, sehingga menyebabkan terjadinya interferensi cahaya. Interferensi cahaya yang terjadi dibuktikan dengan munculnya pola gelap dan terang atau

biasa disebut *speckles*. Pola gelap dan terang yang terjadi dapat memiliki ukuran maupun bentuk yang berbeda, hal ini dipengaruhi oleh keadaan permukaan sampel yang dikenai cahaya, sumber cahaya dan deteksi citra pada sistem [2].

Setiap bulir spekel memiliki intensitas acak dan ukuran yang berbeda [3]. Hal ini diakibatkan karena interferensi cahaya yang terjadi secara acak, baik interferensi cahaya konstruktif maupun interferensi cahaya destruktif. Setiap pola spekel yang terbentuk dapat mewakili informasi dari keseluruhan permukaan yang disinari.

LSI merupakan teknik yang menganalisis persebaran intensitas cahaya pada citra dengan ditinjau secara statistik. Sehingga akan memberikan informasi mengenai pengaruh variabel yang diteliti melalui persebaran intensitas cahaya yang terbentuk pada citra [4]. Teknik LSI memiliki prinsip kerja yang mudah untuk dipahami, selain itu metode ini juga memiliki jangkauan penerapan yang luas dan tingkat ketelitian yang cukup tinggi.. Hal ini yang mendorong pemanfaatan metode LSI sebagai alat yang kuat untuk pengujian maupun pemantauan sampel secara optis [5].

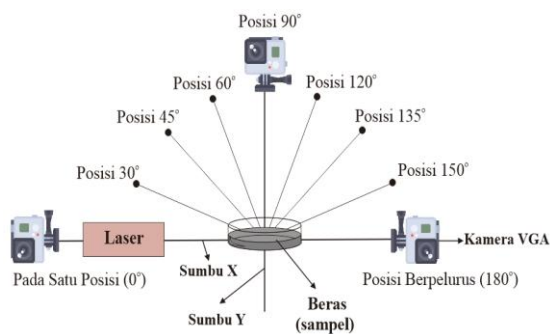
Penelitian mengenai metode LSI sudah banyak digunakan untuk mendeteksi berbagai hal, seperti Fitriya [1] yang menggunakan metode LSI untuk mendeteksi formalin pada tomat. Zulkarnain [6] menggunakan metode LSI untuk mengukur kadar gula darah. Serta Pertiwi [7] yang menggunakan metode LSI untuk pengujian kekasaran bahan.

Penggunaan citra digital untuk pengujian kualitas beras juga pernah dilakukan, seperti penelitian oleh Somantri [8] yang memanfaatkan citra digital untuk identifikasi warna dan bentuk beras. Ajay [9] menggunakan morfologi citra digital untuk klasifikasi keutuhan beras. Serta penelitian oleh Nurcahyani [10] yang menggunakan citra digital untuk identifikasi kualitas beras.

Keunggulan penggunaan metode LSI menurut Siregar [11] yaitu bersifat memiliki pencitraan penuh, akurat, kuantitatif, dan rendah biaya. Draijer [12] menyatakan bahwa

pola spekel dapat dianalisis dengan menghitung kontrasnya. Kontras pola spekel dipengaruhi oleh pancaran cahaya pada permukaan sampel. Pancaran sinar tersebut mempengaruhi intensitas cahaya yang tertangkap oleh kamera sehingga dapat mempengaruhi nilai kontras citra spekel. Selain itu nilai kontras citra spekel juga dipengaruhi oleh sudut komponen pengambilan data citra. Sehingga diperlukan ketepatan sudut perangkat pengambilan data agar mendapatkan citra spekel yang memiliki kontras optimum.

### METODE PENELITIAN

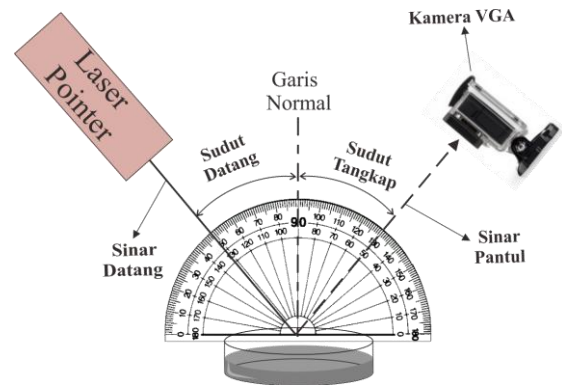


**Gambar 1.** Skema posisi pengambilan data.

Penelitian yang dilakukan kali ini yaitu pengambilan data secara eksperimental dan rancang bangun aplikasi analisis kontras citra spekel beras berbasis GUI MATLAB. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain yaitu, Beras IR 64, Laser Pointer, kamera VGA 30 fps (640x480 piksel), cawan petri, meja optik, busur, kaki magnet, klem, statif, kabel USB, komputer atau laptop, software MATLAB versi R2015a, software ImageJ, dan software Microsoft Excel 2013.

Pengambilan data citra dilakukan pada meja optik sesuai skema pada Gambar 1. Pengambilan data dilakukan pada sudut datang cahaya laser dari arah vertikal dengan rentang sudut  $0^\circ$  hingga  $80^\circ$ , pada variasi sudut setiap  $10^\circ$ . Untuk sudut tangkap yang digunakan pada pengambilan data, berada pada posisi horizontal dengan rentang sudut  $0^\circ$  hingga  $180^\circ$ . Setiap pengambilan data dilakukan variasi sudut datang dan sudut

tangkap secara bergantian dengan rentang sudut yang sudah ditentukan.



**Gambar 2.** Skema penentuan sudut datang dan sudut tangkap cahaya.

Pengaturan sudut datang dan sudut tangkap dapat dilakukan seperti pada Gambar 2. Analisis citra spekel dapat dilakukan dengan melihat nilai kontras citra yang paling tinggi (optimum). Nilai kontras citra spekel dapat dihitung dari nilai *mean* dan standar deviasi. Ekstraksi nilai *mean* dan standar deviasi ditinjau dalam hal statistika sampel yang diperoleh dari histogram citra, sehingga menurut Goodman [13] nilai *mean* dan standar deviasi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$M = \frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^N I_i \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{N_s - 1} \sum_{i=1}^N (I_i - M)^2} \quad (2)$$

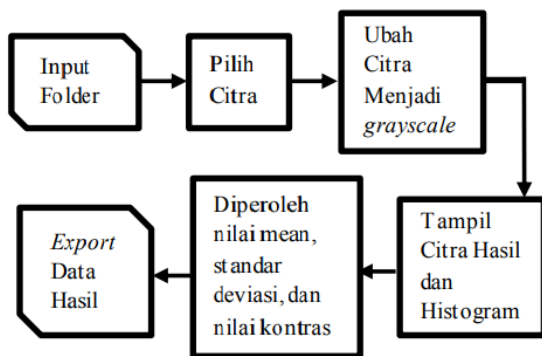
Menurut Goodman [11] nilai kontras citra spekel dapat diartikan sebagai perbandingan antara standar deviasi ( $\sigma_I$ ) dengan rata-rata ( $\mu_I$ ) intensitas cahaya yang terukur pada citra spekel. Kedua komponen tersebut dapat diperoleh dengan ekstraksi histogram citra. Sehingga nilai kontras citra spekel dapat dinyatakan dengan persamaan di bawah ini.

$$C = \frac{\sigma_I}{\mu_I} = \frac{S}{M} \quad (3)$$

dimana :

- S atau  $\sigma_I$  = Standar deviasi citra
- M atau  $\mu_I$  = Rata-rata intensitas terukur
- N = Jumlah piksel Gambar
- I = Intensitas terukur
- C = Nilai kontras citra spekel

Persamaan 1 hingga persamaan 3 digunakan dalam pemrograman aplikasi berbasis GUI MATLAB untuk pengolahan citra spekel, dengan algoritma seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Algoritma Pengolahan Citra Spekel pada Aplikasi Berbasis GUI.

Setelah dilakukan perancangan aplikasi pengolahan citra spekel beras berbasis GUI MATLAB, maka perlu pengujian pada aplikasi sebelum dapat digunakan. Terutama pada aplikasi pengolahan citra yang dirancang pada penelitian ini. Pengujian aplikasi dimaksudkan untuk memperoleh informasi mengenai tingkat akurasi aplikasi ketika mengukur nilai rata-rata/mean, nilai standar deviasi, dan nilai kontras citra spekel beras. Tingkat akurasi aplikasi berbasis GUI MATLAB yang dibuat pada penelitian kali ini diperoleh melalui perbandingan hasil pengolahan citra pada software ImageJ dengan aplikasi yang sudah dibuat. Hasil yang dibandingkan yaitu nilai kontras. Untuk memperoleh persentase akurasi aplikasi, maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [14].

$$\%Error = \left| \frac{NK_{GUI} - NK_{ImageJ}}{NK_{GUI}} \right| \times 100\% \quad (4)$$

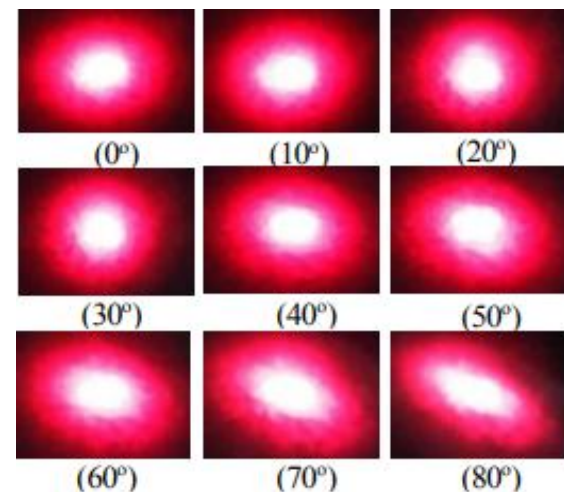
$$\%Akurasi = 100\% - \%Error \quad (5)$$

dimana :

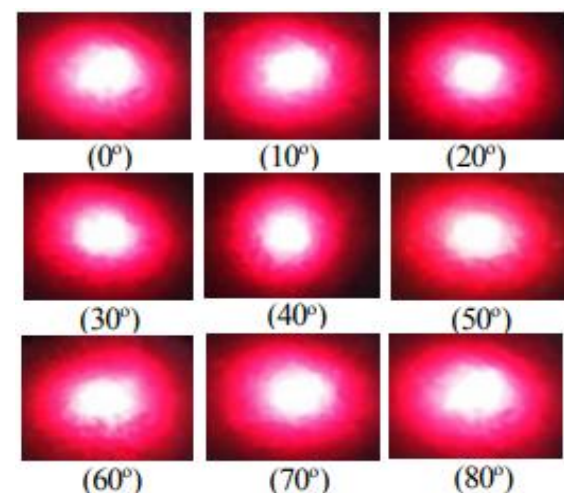
- $NK_{GUI}$  = Nilai kontras citra spekel hasil aplikasi GUI MATLAB
- $NK_{ImageJ}$  = Nilai kontras citra spekel hasil ImageJ
- $\%Error$  = Persentase *Error* aplikasi
- $\%Akurasi$  = Persentase akurasi aplikasi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengambilan data secara eksperimental diperoleh citra spekel beras pada variasi sudut dengan rentang yang sudah ditentukan. Data berupa citra spekel dapat dilihat pada Gambar berikut.



**Gambar 4.** Hasil Citra Spekel Beras pada Variasi Sudut Tangkap ( $0^\circ$  hingga  $80^\circ$ ).



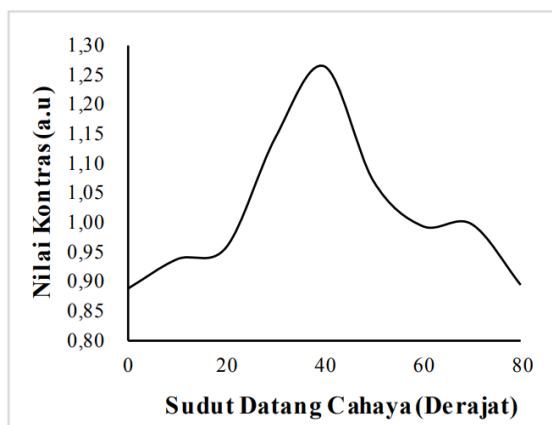
**Gambar 5.** Hasil Citra Spekel Beras pada Variasi Sudut Datang ( $10^\circ$  hingga  $80^\circ$ ).

Gambar 4 menunjukkan citra spekel beras pada variasi sudut tangkap cahaya. Pada

rentang sudut tangkap  $0^\circ$  hingga  $30^\circ$ , citra spekel yang terbentuk memiliki ukuran yang semakin mengecil. Sebaliknya pada rentang sudut tangkap  $40^\circ$  hingga  $80^\circ$ , citra spekel yang terbentuk memiliki ukuran yang semakin besar.

Gambar 5 menunjukkan hasil citra spekel beras hasil variasi sudut datang. Pada rentang sudut datang  $0^\circ$  hingga  $40^\circ$ , citra spekel yang memiliki ukuran yang semakin mengecil. Sebaliknya pada rentang sudut datang  $40^\circ$  hingga  $80^\circ$ , citra spekel yang terbentuk memiliki ukuran yang semakin besar.

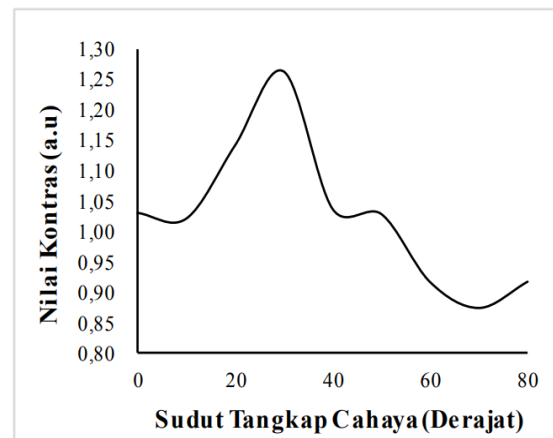
Ukuran citra spekel dapat mempengaruhi nilai kontras yang terukur, hal ini dikarenakan ukuran citra spekel berhubungan dengan nilai *mean* citra dan bergantung pada persebaran intensitas pantulan cahaya baur yang tertangkap kamera. Persebaran intensitas cahaya dapat diamati melalui histogram citra setelah citra spekel diolah. Semakin besar intensitas pantulan cahaya baur yang tertangkap kamera, maka akan semakin besar ukuran citra spekel dan nilai *mean* citra yang terukur. Ketika nilai *mean* yang dihasilkan semakin besar, maka menyebabkan nilai kontras semakin kecil. Hal ini karena nilai kontras berbanding terbalik dengan nilai *mean* sesuai dengan persamaan 3.



**Gambar 6.** Grafik Pengaruh Variasi Sudut Datang Cahaya Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel.

Gambar 6 merupakan grafik yang menggambarkan pengaruh variasi sudut datang cahaya pada nilai kontras citra spekel beras

yang dihasilkan. Sementara itu, pada Gambar 6 merupakan grafik yang menggambarkan pengaruh variasi sudut tangkap pantulan baur cahaya laser pada nilai kontras citra spekel beras yang dihasilkan. Dari grafik tersebut, diperoleh informasi secara garis besar bahwa nilai kontras optimum didapatkan pada sudut datang  $40^\circ$  dan sudut tangkap  $30^\circ$ . Hal ini dibuktikan dari puncak grafik yang berada pada rentang sudut tersebut. Nilai kontras yang tinggi mengindikasikan bahwa citra spekel tersebut memiliki nilai *mean* yang rendah. Artinya, nilai kontras yang tinggi dapat diperoleh ketika intensitas cahaya yang tertangkap tidak terlalu banyak, sehingga nilai *mean* yang terukur tidak terlalu tinggi.

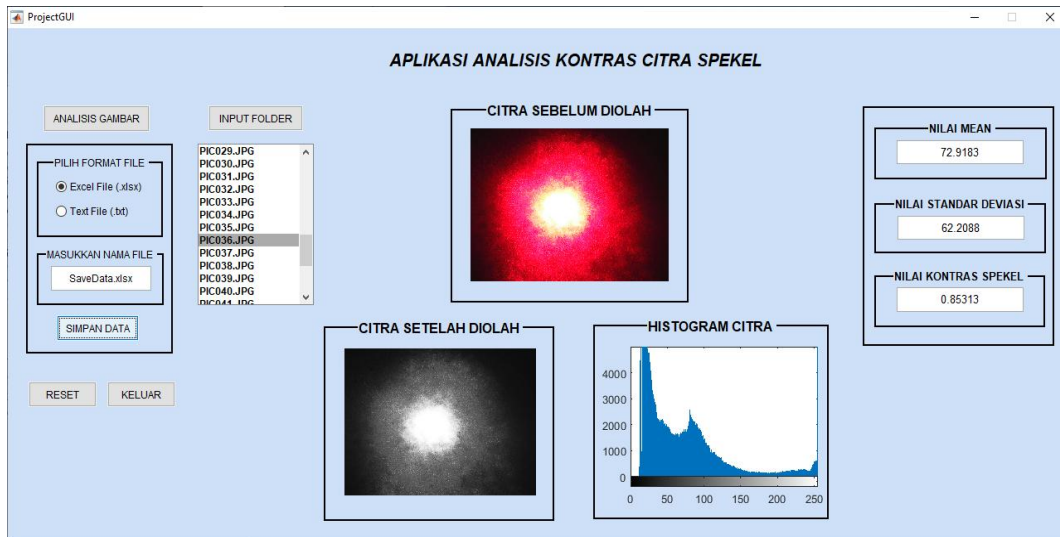


**Gambar 7.** Grafik Pengaruh Variasi Sudut Tangkap Cahaya Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel.

**Tabel 1.** Nilai Kontras Optimum Pada Berbagai Variasi Posisi.

Posisi Sudut	Sudut Laser	Sudut Kamera	Nilai Kontras (a.u.)
$180^\circ$	$40^\circ$	$80^\circ$	1,2193
$150^\circ$	$50^\circ$	$70^\circ$	1,1007
$135^\circ$	$60^\circ$	$0^\circ$	1,0663
$120^\circ$	$60^\circ$	$10^\circ$	1,1125
$90^\circ$	$20^\circ$	$70^\circ$	1,0219
$60^\circ$	$40^\circ$	$30^\circ$	1,2617
$45^\circ$	$50^\circ$	$70^\circ$	1,1436
$30^\circ$	$0^\circ$	$80^\circ$	1,1071
$0^\circ$	$10^\circ$	$0^\circ$	1,1134





**Gambar 8.** Tampilan Aplikasi Pengolahan Citra Spekel Berbasis GUI MATLAB saat dijalankan.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Tingkat Akurasi Aplikasi Pengolahan Citra Spekel Berbasis GUI MATLAB.

Nilai Kontras (a.u)		Error (%)	Akurasi (%)
GUI MATLAB	ImageJ		
1,03186	1,03187	0,001	99,99
1,05370	1,05369	0,001	99,99
0,89370	0,89371	0,001	99,99
0,88895	0,88896	0,001	99,99
0,79581	0,79581	0	100,00
0,80119	0,80120	0,001	99,99
0,87605	0,87607	0,002	99,99
0,87430	0,87430	0	100,00
0,77962	0,77964	0,002	99,99
0,82209	0,82209	0,001	99,99
0,85374	0,85374	0,001	99,99
0,81529	0,81529	0	100,00
1,03382	1,03383	0,001	99,99
1,02692	1,02696	0,004	99,99
0,88868	0,88868	0,001	99,99
0,91338	0,91339	0,001	99,99
0,80717	0,80718	0,001	99,99
0,83406	0,83407	0,002	99,99

Hasil akhir penelitian disajikan pada Tabel 1, diperoleh informasi yaitu citra spekel beras dengan nilai kontras optimum didapatkan dengan pengambilan data pada sudut laser  $40^\circ$  dan sudut kamera  $30^\circ$  pada posisi pengambilan data  $60^\circ$ . Sehingga dalam penyusunan

perangkat pengambilan data citra spekel beras atau dalam pembuatan sensor pengecekan kualitas beras menggunakan metode LSI dapat menggunakan sudut datang  $40^\circ$  dan sudut tangkap cahaya sebesar  $30^\circ$ .

Hasil uji coba pengoperasian aplikasi dapat dilihat pada Gambar 7. Terlihat bahwa dari aplikasi diperoleh hasil yaitu nilai rata-rata intensitas cahaya, nilai standar deviasi dan nilai kontras. Hasil ini dapat digunakan untuk mencari tingkat akurasi pengukuran dari aplikasi berbasis GUI MATLAB yang dibuat.

Pada Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian akurasi pengukuran aplikasi pengolahan citra spekel berbasis GUI MATLAB. Hasil tersebut diperoleh dengan cara membandingkan hasil nilai kontras dari software ImageJ dengan hasil nilai kontras dari aplikasi yang dibuat. Sehingga didapatkan tingkat akurasi aplikasi pada rentang 99,99% hingga 100,00%. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi pengolahan citra spekel berbasis GUI MATLAB yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan algoritma pemrograman dan dapat digunakan untuk mencari nilai rata-rata intensitas, nilai standar deviasi, dan nilai kontras dari citra spekel.

## KESIMPULAN

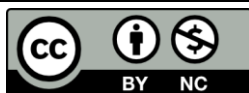
Sudut datang dan sudut tangkap cahaya menjadi salah satu faktor yang menentukan



kualitas citra spekel, karena mempengaruhi nilai kontras dari citra spekel. Nilai sudut yang tepat untuk memperoleh citra spekel beras dengan kontras optimum berada pada sudut datang  $40^\circ$  dan sudut tangkap  $30^\circ$ , pada posisi pengambilan data  $60^\circ$ . Rata-rata nilai kontras citra spekel beras yang paling optimum sebesar 1,2617 a.u.. Selain itu, dibuatlah aplikasi berbasis GUI MATLAB untuk analisis kontras citra spekel. Dengan akurasi pengukuran sebesar 99,99% hingga 100,00%, sehingga dapat digunakan secara luas untuk analisis kontras citra spekel beras

## REFERENSI

1. Fitrya N., Sandra, & Harmadi. (2013). Analisis kontras spekel menggunakan LSI (laser speckle imaging) untuk mendeteksi formalin pada tomat (*Lycopersicum Esculentum Mill*). *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, **9**(2), 80–85.
2. Briers, D., Duncan D. D., Hirst, E., Sean J. K., Marcus, L., Wiendelt, S., Tomas, S., & Oliver B. T. (2013). Laser speckle contrast imaging: theoretical and practical limitations. *J. Biomed. Opt.*, **18**(6), 1–9.
3. Muchlian, M., Dahyunir, D., & Harmadi. (2013). Analisis pola dan ukuran bulir spekel menggunakan LSI (laser speckle imaging) pada lapisan tipis  $\text{TiO}_2$ . *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, **9**(2), 52–56.
4. Choi, B., Ramirez-San-Juan, J. C., Lotfi, J., & Nelson, J. S. (2006). Linear response range characterization and in vivo application of laser speckle imaging of blood flow dynamics. *J. Biomed. Opt.*, **11**(4), 1–7.
5. Khaksari, K. & Sean, J. K. (2017). Laser speckle modeling and simulation for biophysical dynamics: influence of sample statistics. *J. Biomed. Photonics Eng.*, **3**(4), 1–11.
6. Zulkarnain & Minarni, S. (2018). Investigasi penggunaan metode *laser speckle imaging* (LSI) untuk pengukuran kadar gula darah. *Jurnal Fisika*, **8**(2), 60–67.
7. Pertiwi, P. K., Ning, R., Diani A. N., & Gontjang, P. (2015). Uji kekerasan permukaan bahan dengan metode citra spekel dan menggunakan pengolahan software ImageJ. Diakses pada 06 Juni 2020, URL: [https://www.academia.edu/19396931/CITRA\\_SPEKEL](https://www.academia.edu/19396931/CITRA_SPEKEL).
8. Somantri, A. S., Darmawati, E., & Astika, I. W. (2013). Identifikasi mutu fisik beras dengan menggunakan teknologi pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan. *Jurnal Pascapanen*, **10**(2), 95–103.
9. Ajay, G., Suneel, M., Kumar, K. K., & Prasad, P. S. (2013). Quality evaluation of rice grains using morphological methods. *Int. J. Soft Comput. Eng.*, **2**(6), 35–37.
10. Nurcahyani, A. A. & Ristu, S. (2015). Identifikasi kualitas beras dengan citra digital. *Sci. J. Inf.*, **2**(1), 63–72.
11. Siregar, R. P., Minarni, & Tengku, E. (2016). Analisa pengaruh sudut penyinaran terhadap gray value pada pola spekel buah apel menggunakan metode *laser speckle imaging* (LSI). Diakses pada 29 Mei 2020, URL: <https://repository.unri.ac.id/bitstream/handle/123456789/7857/>.
12. Draijer, M., Hondebrink, E., van Leeuwen, T., & Steenbergen, W. (2009). Review of laser speckle contrast techniques for visualizing tissue perfusion. *Lasers in Med. Sci.*, **24**(4), 639–651.
13. Goodman, J. W. (2007). *Speckle Phenomena in Optics: Theory and Applications*. Englewood, Colorado: Robert & Company.
14. Kariimah, N. (2019). *Aplikasi edge detection untuk mengetahui fajar shadiq sebagai penentu awal waktu subuh menggunakan GUI MATLAB*. Skripsi Ilmu Fisika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.



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

## FABRIKASI DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA KARBON DARI BIOMASSA SERABUT BUAH NIPAH DENGAN VARIASI KONSENTRASI AKTIVATOR KOH

Ade Nur Indah Lestari\*<sup>1</sup>, Rakhmawati Farma\*<sup>2</sup>, Vepy Asyana, Awitrus

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: <sup>1</sup>adenurindahlestari98@gmail.com; <sup>2</sup>rakhmawati.farma@lecturer.unri.ac.id

### ABSTRACT

Today the need for electrical energy has increased due to the large number of electronic devices that require high electrical energy. To overcome this, a large storage of electrical energy is needed. One of the constituents of energy storage devices that is very important is the electrode. This study used nipah fibers as the basic material for electrodes, because the potential of nipah fruit has not been widely used. The purpose of this study was to determine the effect of KOH activator on the quality of activated carbon from nipah fruit fibers using variations of KOH activator concentrations 0.2 M, 0.3 M, and 0.4 M with sample codes SBN-02, SBN-03, and SBN-04. The manufacture of activated carbon electrodes is carried out through a process of pre-carbonization, chemical activation, carbonization, and physical activation. Characterization of TGA resulted in a resistant temperature of 296°C with a maximum speed of 0.166mg/min. XRD analysis produced a semicrystalline diffraction pattern consisting of two peaks around 24° and 44° at an angle of 2θ indicating the orientation of the hkl (002) and (001) planes.

**Keywords:** Nypa fruticans fibers, Carbon electrodes, Activated carbon, Potassium hydroxide

### ABSTRAK

Hari ini kebutuhan energi listrik mengalami peningkatan karena banyaknya perangkat elektronik yang membutuhkan energi listrik yang tinggi, untuk mengatasi hal ini dibutuhkan sebuah penyimpan energi listrik yang besar. Salah satu penyusun piranti penyimpan energi yang sangat berperan penting yaitu elektroda. Penelitian ini menggunakan serabut dari buah nipah sebagai bahan dasar pembuatan elektroda, karena potensi dari buah nipah yang belum banyak dimanfaatkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh aktivator KOH terhadap kualitas karbon aktif dari serabut buah nipah menggunakan variasi konsentrasi aktivator KOH 0,2 M, 0,3 M, dan 0,4 M dengan kode sampel SBN-02, SBN-03, dan SBN-04. Pembuatan elektroda karbon aktif dilakukan melalui proses pra-karbonisasi, aktivasi kimia, karbonisasi, dan aktivasi fisika. Karakterisasi TGA menghasilkan suhu tahan 296°C dengan kelajuan maksimum 0,166mg/min. Analisis XRD menghasilkan pola difraksi berbentuk semikristalin yang terdiri dari dua puncak sekitar 24° dan 44° pada sudut 2θ yang menunjukkan orientasi bidang hkl (002) dan (001).

**Kata kunci:** Serabut buah nipah, Elektroda karbon, Karbon aktif, Kalium hidroksida

Diterima 06-08-2020 | Disetujui 10-11-2020 | Dipublikasi 30-11-2020

### PENDAHULUAN

Pertumbuhan teknologi semakin berkembang pesat khususnya di bidang elektronik, telekomunikasi digital, dan transportasi, hal ini menyebabkan meningkatnya sumber energi yang dibutuhkan. Penyediaan energi listrik menjadi salah satu

faktor yang sangat penting untuk mendorong pembangunan. Penyimpanan energi listrik yang besar sangat dibutuhkan untuk mengatasi kebutuhan energi karena banyaknya barang-barang hasil produksi yang membutuhkan energi listrik yang tinggi.

Sumber energi alternatif menjadi pilihan utama masyarakat, karena sumber yang relatif

murah, ketersediaannya yang sangat melimpah dan dapat diperbaharui. Salah satu sumber energi alternatif merupakan biomassa. Biomassa dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan elektroda karbon aktif [1]. Karbon aktif umumnya digunakan sebagai piranti penyimpan energi seperti baterai dan superkapasitor. Pembuatan elektroda karbon aktif menggunakan biomassa sudah dilakukan para peneliti, seperti serabut tandan kosong kelapa sawit [2], cangkang kelapa sawit [3], bambu [4], dan lain-lain.

Penelitian ini memanfaatkan serabut buah nipah untuk dijadikan elektroda karbon aktif, yang mana potensi dari tanaman nipah belum dimanfaatkan secara optimal. Biasanya masyarakat hanya memanfaatkan daunnya sebagai anyaman dan tandan yang diambil nirahnya. Salah satu usaha dalam pemanfaatan potensi buah nipah yaitu menjadikan serabut buah nipah sebagai bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif dengan variasi konsentrasi aktivator kalium hidroksida (KOH) dengan tujuan mengetahui pengaruh aktivator KOH terhadap kualitas karbon aktif dari serabut buah nipah.

## TINJAUAN PUSTAKA



**Gambar 1.** Buah nipah.

Nipah atau *Nypa Fruticans* adalah salah satu tanaman palmae yang tumbuh di daerah pasang surut air laut serta tersebar hampir merata diseluruh Indonesia. Menurut Lutony [5] Indonesia memiliki daerah pasang surut

yang luasnya di perkirakan 7.000.000 hektar rawa pasang surut dan nipah adalah salah satu flora yang tumbuh pada habitat.

Nipah memiliki buah yang berbentuk pipih dan berwarna coklat kemerah-merahan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1, dimana pada buah nipah terdapat kulit buah yang terdiri dari serabut-serabut seperti serabut pada kulit buah kelapa, akan tetapi serabut pada kulit nipah tersebut lebih halus seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Serabut buah nipah.

Karbon aktif berasal dari karbon yang diaktifkan, berbentuk amorf, dan dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon. Mengalami proses pengaktifan sehingga pori-pori terbuka dan memiliki daya serap (adsorpsi) yang tinggi. Proses pengaktifan karbon sehingga menghasilkan daya serap yang tinggi melalui proses aktivasi, dimana pada proses aktivasi ini terjadi penghilangan gas-gas, hidrogen dan air pada permukaan karbon. Karbon aktif dapat dihasilkan dari biomassa, misalnya tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, serbuk gergaji dan lain-lain [6].

## METODE PENELITIAN

### Prosedur Pembuatan Elektroda Superkapasitor

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen menggunakan

biomassa serabut buah nipah untuk dijadikan elektroda sel superkapasitor dengan variasi konsentrasi aktivator KOH 0,2 M, 0,3 M, dan 0,4 M, menggunakan karakterisasi sifat fisis elektroda karbon dan sifat elektrokimia sel superkapasitor.

Buah nipah yang digunakan berasal dari desa Bukit Batu kecamatan Bukit Batu kabupaten Bengkalis. Tahap awal pengolahan serabut kulit di pisahkan dari buah dan cangkangnya, kemudian serabut ditumbuk dan diuraikan agar proses penjemuran lebih optimal. Proses penjemuran dilakukan kurang lebih selama 3 sampai 4 hari dibawah terik matahari, hingga massa benar-benar konstan.

Sampel di pra-karbonisasi pada suhu 200 °C menggunakan oven selama 1 jam dengan massa sampel 30 gram di dalam wadah *stainless stell*. Penggilingan dilakukan menggunakan mortar secara manual dan menggunakan *ball milling* selama 20 jam bertujuan menghasilkan serbuk yang ukurannya lebih kecil hingga berskala mikrometer. Pengayakan dilakukan menggunakan ayakan 53 µm sehingga sampel menghasilkan ukuran yang homogen.

Aktivasi kimia menggunakan aquades dan zat pengaktif KOH dengan variasi konsentrasi 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M. Proses awal melarutkan KOH 250 ml kemudian dipanaskan diatas *hot plate* pada temperatur 80 °C selama 1 jam dan diaduk menggunakan *magnetic stirer*, selanjutnya serbuk serabut buah nipah sebanyak 30 gram dimasukkan secara perlahan agar larutan dapat tercampur secara merata dan *stirer* selama 1 jam. Aktivasi kimia bertujuan untuk memperbesar pori-pori dan luas permukaan karbon aktif. Pelet di cetak menggunakan *Hydraulic press* dengan memberikan tekanan sebesar 8 ton selama 2 menit, massa sampel yang dicetak untuk satu pelet adalah 0,75 gram.

Karbonisasi adalah proses pemanasan bahan baku dalam keadaan vakum dengan suhu tinggi dilakukan didalam *furnance* dengan mengalirkan gas N<sub>2</sub> pada temperatur 800 °C, bertujuan untuk membuang bahan-bahan yang bukan karbon. Sedangkan aktivasi

fisika dilakukan menggunakan gas CO<sub>2</sub> pada temperatur 900 °C yang bertujuan meningkatkan luas permukaan, memperbesar pori-pori, dan meningkatkan konduktivitas pelet karbon yang dihasilkan. Proses selanjutnya adalah pencucian, pengeringan sehingga didapatkan elektroda karbon berbahan dasar serabut buah nipah.



**Gambar 3.** Elektroda karbon aktif dari serabut buah nipah.

### Pengukuran Densitas

Pengukuran densitas dilakukan dengan mengukur massa, diameter, dan tebal elektroda karbon sebelum dan sesudah dilakukan karbonisasi-aktivasi fisika. Besarnya nilai densitas suatu material dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

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

### Thermogravimetry Analyzer (TGA)

TGA dalah suatu teknik pengukuran dengan mengumpulkan spektrum inframerah untuk menentukan stabilitas termal suatu material dengan menghitung perubahan berat yang dihubungkan dengan perubahan temperatur [7].

### X-Ray Diffraction (XRD)

XRD adalah metode analisa yang memanfaatkan interaksi antara sinar-X dengan



atom yang tersusun di dalam sistem kristal [8]. XRD dapat menentukan suatu material bersifat amorf atau kristal. Dimensi mikrokristalin pada sampel dapat ditentukan dari pola XRD menggunakan persamaan Debye-Scherrer yaitu tinggi lapisan mikrokristalin ( $L_c$ ) dan lebar lapisan mikrokristalin ( $L_a$ ), persamaannya sebagai berikut [8].

$$L_a = \frac{1,94\lambda}{\beta \cos\theta_{100}} \quad (2)$$

$$L_c = \frac{0,89\lambda}{\beta \cos\theta_{002}} \quad (3)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Presentase Susut Massa

Pengukuran presentase susut massa dapat dihitung sebelum dan sesudah pra-karbonisasi. Tabel 1 menampilkan rata-rata persentase penyusutan massa pada biomassa serabut buah nipah.

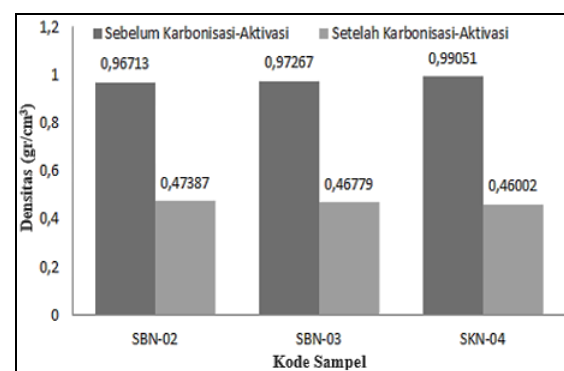
**Tabel 1.** Penyusutan massa serabut buah nipah pada proses prakarbonisasi.

Pra-karbonisasi	Massa (gram)		Penyusutan massa (gram)	Persentase penyusutan massa (%)
	Sebelum	Sesudah		
1	30	22,97	7,03	23,43
2	30	25,33	4,67	15,56
3	30	21,63	8,37	27,90
4	30	20,51	9,49	31,63
5	30	20,49	9,51	31,70
6	30	21,80	8,2	27,33
7	30	21,16	8,84	29,46
8	30	22,39	7,61	25,36
9	30	21,61	8,39	27,96
10	30	21,83	8,17	27,23
Rata-rata				26,76

Tabel 1 menunjukkan massa sampel sebelum dan sesudah pra-karbonisasi. Rata-rata persentase penyusutan massa sebelum dan sesudah pra-karbonisasi sebesar 26,76%. Massa sampel sesudah pra-karbonisasi selalu lebih rendah dibanding sebelum pra-karbonisasi, hal ini dikarenakan adanya penguapan air dan volatil. Penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Yanuar *et al.* [9] bahwa rata-rata persentase penyusutan massa sebesar 26,63%.

### Pengukuran Densitas

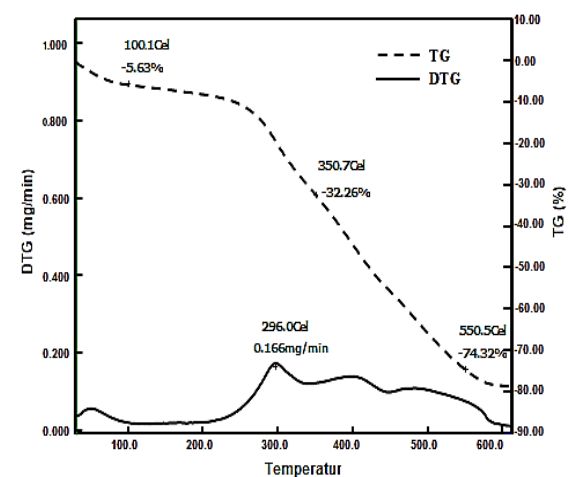
Pengukuran densitas dilakukan sebelum dan sesudah proses karbonisasi dan aktivasi fisika. Gambar 4 menunjukkan grafik hasil pengukuran nilai densitas. Gambar 4 menunjukkan bahwa sampel SBN-04 mengalami penyusutan densitas terbesar sehingga memiliki nilai densitas terkecil, hal ini dikarenakan semakin tinggi molaritas suatu sampel semakin besar massa sampel mengalami degradasi sehingga sampel memiliki nilai densitas rendah [10]



**Gambar 4.** Grafik densitas sebelum dan sesudah karbonisasi-aktivasi fisika.

### Analisa TGA

Karakterisasi TGA dari dari biomassa serabut buah nipah menghasilkan data berupa plot DTG dan TG dengan kecepatan pemanasan 10 °C seperti yang ditunjuk pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Kurva TGA dan DTGA Serabut Buah Nipah.

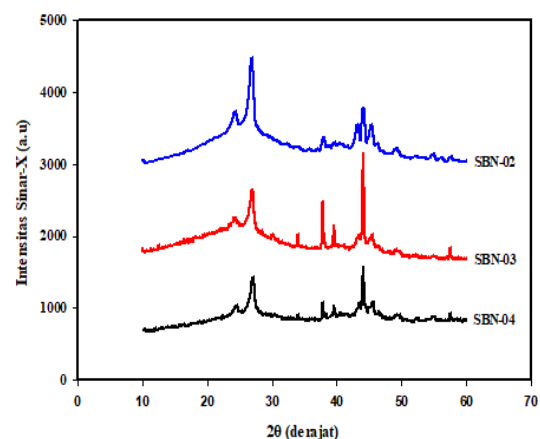
Gambar 5 menunjukkan data TG atau kurva susut massa dilambangkan dengan garis putus-putus yang terjadi 3 tahap, tahap pertama pada suhu 100,1 °C mengalami degradasi massa sebesar 5,63% sehingga pada suhu tersebut telah terjadi penguapan kadar air pada sampel, tahap kedua pada suhu 350,7 °C mengalami degradasi massa sebesar 32,26%, hal tersebut menunjukkan pada tahap ini terjadi penguapan selulosa, hemiselulosa dan lignin secara bersamaan, Kemudian pada suhu 550 °C mengalami degradasi massa sebesar 74,32% dikarenakan banyaknya lignin yang belum menguap pada suhu 350 °C sehingga pada suhu 550 °C lignin mengalami penguapan sangat banyak. Hasil tersebut sesuai dengan pendapat Islam *et al.* [11] yaitu Hemiselulosa terdegradasi pada suhu 220 °C - 315 °C, kemudian Selulosa akan mengalami degradasi pada suhu 315 °C – 400 °C dengan maksimum laju susut massa 2,84% pada suhu 355 °C, sedangkan Lignin akan terdegradasi atau mengalami penguapan sangat lambat dari suhu rendah yaitu pada suhu 150 °C – 900 °C [12].

Kurva DTG atau laju susut massa, puncak pertama mengalami penguapan air pada suhu 50 °C dengan laju penguraian sekitar 0,050 mg/min, puncak kedua dengan suhu 296 °C terjadi penguapan secara signifikan yaitu hemiselulosa, selulosa, dan lignin dengan laju penguraian maksimum 0,166 mg/min, Puncak ketiga dengan suhu 400 °C masih terjadi penguapan selulosa dan lignin dengan laju penguraian sekitar 0,120 mg/min [13]. Puncak terakhir masih terjadi penguapan lignin pada suhu 500°C dengan laju penguraian sekitar 0,10 mg/min [12]. Puncak kedua pada data DTG pada suhu 296 °C dengan laju penguraian maksimum merupakan suhu tahanan termal untuk biomassa serabut buah nipah yang dijadikan sebagai suhu tahan pada proses karbonisasi.

### Analisis XRD

Karakterisasi XRD menggunakan biomassa serabut buah nipah variasi aktivasi kimia untuk

sampel SBN-02, SBN-03, dan SBN-04 menghasilkan pola difraksi sinar-X yang terlihat pada Gambar 6. Pola difraksi yang dihasilkan berbentuk semi kristalin yang terdiri dari dua puncak pada sudut 2θ sekitar 24° dan 44° yang menunjukkan orientasi bidang hkl (002) dan (100) berturut-turut [14]. Unsur karbon (C) pada umumnya terletak pada sekitar sudut 24° dan 44°. Hasil karakterisasi XRD juga menampilkan informasi mengenai kisi dan stuktur sampel. Tabel 2 menampilkan parameter kisi yaitu lebar kisi(L<sub>a</sub>) dan tinggi kisi (L<sub>c</sub>).



**Gambar 6.** Pola difraksi sinar-X untuk sampel SBN-02, SBN-03, dan SBN-04.

**Tabel 2.** Parameter Kisi dan Dimensi Mikro Kristalin Elektroda dari Serabut Buah Nipah.

Kode Sampel	2θ		Dimensi Mikrokrystalin		L <sub>c</sub> /L <sub>a</sub>
	(002)	(100)	L <sub>a</sub> (nm)	L <sub>c</sub> (nm)	
SBN-02	24,012	44,075	6,815	4,944	0,725
SBN-03	24,200	43,000	14,90	6,272	0,420
SBN-04	25,120	45,560	12,16	7,732	0,636

Tabel 1 menunjukkan bahwa sampel SBN-02 memiliki nilai L<sub>c</sub> terkecil. Menurut Kumar [15] berdasarkan rumus empirisnya hubungan dimensi mikrokrystalin (L<sub>c</sub>) dengan luas permukaan adalah  $S = 2/\rho L_c$ . Berdasarkan rumus tersebut bahwa nilai L<sub>c</sub> berbanding terbalik dengan luas permukaan, sehingga semakin rendah nilai L<sub>c</sub> maka semakin besar luas permukaannya, dapat disimpulkan bahwa besarnya luas permukaan tergantung pada besarnya densitas dan nilai L<sub>c</sub> yang dimiliki pada sampel

## KESIMPULAN

Pembuatan elektroda karbon dari biomassa serabut buah nipah berhasil dilakukan dengan variasi konsentrasi KOH. Rata-rata persentase susut massa adalah 26,76%. Densitas sampel setelah dilakukan karbonisasi dan aktivasi fisika untuk sampel SBN-02, SBN-03, dan SBN-04 masing-masing adalah 0,47387 gram/cm<sup>3</sup>, 0,46779 gram/cm<sup>3</sup>, dan 0,46002 gram/cm<sup>3</sup>. Karakterisasi TGA menghasilkan suhu tahan sebesar 296 °C, suhu tersebut dipakai untuk suhu tahan pada karbonisasi. Analisis XRD menunjukkan bahwa sampel bersifat amorf ditandai dengan adanya sudut 2θ sekitar 24,012° dan 44,075° untuk sampel SBN-02, sudut 24,200° dan 43,000° untuk sampel SBN-03, dan untuk sampel SBN-04 pada sudut 25,126° dan 45,56°, dengan nilai L<sub>C</sub> terkecil dimiliki sampel SBN-02.

## REFERENSI

1. Wei, L. & Yaslim, G. (2012). Nanostuctured actived carbon from natural precursors for electrical double layer capacitors. *Nano Energy*, **1**, 552–565.
2. Farma, R. & Hasibuan, R. R. (2017). Karakterisasi sifat fisis dan elektrokimia sel superkapasitor dengan penumbuhan nanopartikel platinum di atas pengumpul arus. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **14**(2), 1067–1072.
3. Tetra, O. N., Aziz, H., Emriadi., Ibrahim. S., & Alif, A. (2018). Superkapasitor berbahan dasar karbon aktif dan larutan ionik sebagai elektrolit. *Jurnal Zarah*, **6**(1), 39–46.
4. Tumimomor, F., Maddu, A., & Pari, G. (2017). Pemanfaatan karbon aktif dari bambu sebagai elektroda superkapasitor. *Jurnal Ilmiah Sains*, **17**(1), 75–79.
5. Lutony, T. L. (1993). *Tanaman sumber pemanis*. Jakarta: PT. Penebar Swadaya.
6. Imammuddin, M., Soeparman, S., & Suprpto, W. (2018). Pengaruh temperatur karbonisasi terhadap mikrostruktur dan pembentukan kristal pada biokarbon eceng gondok sebagai bahan dasar absorber gelombang elektromagnetik radar. *Jurnal Rekayasa Mesin*, **9**(2), 135–141.
7. Griffith, P. (1975). *Chemical infrared fourir transform spectroscopy*. New York: John Wiley and Sons.
8. Cullity BDSSR. (2001). *Elements of x-ray diffraction*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
9. Yanuar, Iwantono, Taer, E., & Andriani, R. (2010). Pengaruh ketebalan elektroda terhadap nilai kapasitansi spesifik dan “Retained ratio” serbuk gergaji kayu karet untuk pembuatan superkapasitor. *Prosiding Seminar Nasional Fisika II*, Surabaya, Indonesia, 17 Juli 2010, C72-C78.
10. Taer, E., Yusra, H., Iwantono., & Taslim R. (2016). Analisa dimensi, densitas dan kapasitansi spesifik elektroda karbon superkapasitor dari bunga rumput gajah dengan variasi konsentrasi pengaktifan KOH. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, **1**(1), 45–48.
11. Islam, M. A., Asif, M., & Hameed, B. H. (2015). Pyrolysis kinetics of raw and hydrothermally carbonized karanj (pongamia pinnata) fruit hulls via thermogravimetric analysis. *Bioresour. Technol.*, **179**, 227–233.
12. Yang, H., Yan, R., Chen, H., & Lee, D. H. (2007). Characteristic of hemicellulose, cellulose, and lignin pyrolysis. *Fuel*, **86**(12-13), 1781–1788.
13. Tsamba, A. J., Yang, W., & Blasiak, W. (2006). Pyrolysis characteristic and global kinetics of coconut and chasew nut shells. *Fuel Process. Technol.*, **87**(6), 523–530.
14. Farma, R., Deraman, I., 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. *Bioresour. Technol.*, **132**, 254–261.
15. Kumar, K., Saxena, R. K., Kothari, R. D., Suri, K., Kaushik, N. K., & Bohra, J. N. (1997). Correlation between adsorption and x-ray diffraction studies on viscose rayon based activated carbon cloth. *Carbon (New York, NY)*, **12**(35), 1842–1844.



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

## PREDIKSI CURAH HUJAN DAN KELEMBABAN UDARA KOTA PEKANBARU MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO

Melani Seprima\*, Defrianto

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [melaniseprima670@gmail.com](mailto:melaniseprima670@gmail.com)

### ABSTRACT

*Weather prediction is important in our lives and can minimize the impact that will occur in the future. Rainfall and humidity greatly affect the weather conditions in Indonesia. Accuracy in the prediction of rainfall and humidity is very important because it can be used in various interests. The data used are the monthly average data of rainfall and humidity in the city of Pekanbaru in 2014–2018 obtained from BMKG Pekanbaru, then the monthly average data will be processed using a MATLAB R2015a based program so that an average rainfall prediction simulation is obtained and air humidity in 2019–2023. MATLAB R2015a based program using the monte carlo method and has error value 0.0887913.*

**Keywords:** Prediction, Weather, Monte Carlo, MATLAB

### ABSTRAK

*Prediksi cuaca merupakan hal penting dalam kehidupan kita dan dapat memperkecil dampak yang akan terjadi kedepannya. Curah hujan dan kelembaban udara sangat mempengaruhi keadaan cuaca di Indonesia, Keakuratan dalam prediksi curah hujan dan kelembaban udara sangat penting karena dapat digunakan dalam berbagai kepentingan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data rata-rata bulanan curah hujan dan kelembaban udara Kota Pekanbaru tahun 2014–2018 yang diperoleh dari BMKG Kota Pekanbaru, kemudian data rata-rata bulanan ini akan diolah menggunakan program berbasis MATLAB R2015a sehingga didapatkan rata-rata simulasi prediksi curah hujan dan kelembaban udara tahun 2019–2023. Program berbasis MATLAB R2015a dengan menggunakan metode monte carlo pada penelitian ini memiliki nilai error program yang kecil, yaitu 0,0887913.*

**Kata kunci:** Prediksi, Cuaca, Monte Carlo, MATLAB

Diterima 08-07-2020 | Disetujui 17-10-2020 | Dipublikasi 30-11-2020

### PENDAHULUAN

Cuaca merupakan faktor penting dalam kehidupan manusia untuk menjalani aktivitas sehari-hari [1]. Parameter cuaca yang sangat berpengaruh dalam kehidupan salah satunya adalah curah hujan. Curah hujan merupakan banyaknya air hujan yang tidak mengalir, tidak menguap dan tidak meresap ke dalam tanah pada suatu wilayah [-]. Curah hujan pada suatu tempat berbeda-beda, tergantung pada ketinggian daerah tersebut, besarnya

curah hujan suatu wilayah diukur setiap 3 jam sekali dalam satuan millimeter (mm) [3].

Curah hujan sangat mempengaruhi banyaknya kandungan uap air di udara, yang biasa disebut kelembaban udara. Semakin banyak jumlah uap air yang terkandung di udara, maka udara akan terasa semakin lembab, begitu juga sebaliknya [4]. Prediksi keadaan cuaca sangat dibutuhkan untuk mengantisipasi terjadinya cuaca yang ekstrim. Seiring kemajuan teknologi, kita dapat memprediksi keadaan cuaca menggunakan pendekatan secara numerik, salah satunya

menggunakan metode monte carlo. Metode monte carlo mensimulasikan data berulang kali dan mengambil nilai acak untuk setiap variabel probabilitas [5].

## TINJAUAN PUSTAKA

Cuaca merupakan keadaan fisik atmosfer pada waktu tertentu dalam waktu yang singkat pada suatu wilayah. Keadaan fisik atmosfer ditentukan oleh parameter cuaca, diantaranya suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara, kecepatan angin, curah hujan, keadaan awan, radiasi matahari, dan lama penyinaran matahari. Parameter cuaca ini sangat erat kaitannya satu sama lain [6].

Menurut Tjasyono (2004) hujan dapat dibedakan menjadi [7]:

### a. Hujan konveksi

Hujan konveksi yaitu hujan yang disebabkan pemanasan radiasi matahari, maka udara permukaan akan memuai dan naik ke atas dan kemudian mengembun.

### b. Hujan orografik

Hujan orografik yaitu hujan yang disebabkan pergerakan udara pegunungan.

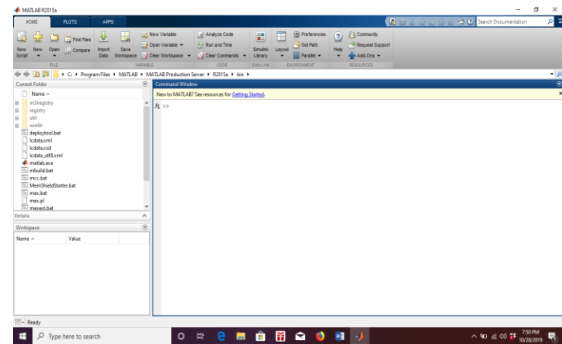
### c. Hujan konvergensi

Hujan konvergensi yaitu hujan yang disebabkan kenaikan udara pada daerah konvergensi.

Kelembaban udara merupakan banyaknya uap air yang terkandung pada 1 m<sup>2</sup> udara di suatu wilayah [8]. Kelembaban relatif merupakan perbandingan jumlah uap air yang terkandung dalam udara dengan jumlah uap air maksimum yang terkandung pada udara di suatu wilayah, dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$\% Rh = \frac{ex}{es} \times 100 \% \quad (1)$$

Matlab atau singkatan dari *Matrix Laboratory* merupakan bahasa pemrograman matematika lanjutan yang digunakan untuk komputasi dan analisis numerik. Matlab pertama kali dikenalkan pada tahun 1970 oleh *University of Mexico* dan *University of Stanford* pada tahun 1970 [9].



Gambar 1. Jendela Utama Matlab.

Metode monte carlo merupakan prosedur numerik pembangkit sample bilangan acak dengan menggunakan hukum bilangan besar sebagai penaksir nilai harapan variabel acak. Proses iterasi pada simulasi monte carlo menggunakan kalkulasi untuk meningkatkan reabilitas hasil simulasi [10]. Metode monte carlo menggunakan konsep deret fourier, yang dapat dirumuskan:

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega x) + b_n \sin(n\omega x)) \quad (2)$$

## METODE PENELITIAN



Gambar 2. Flowchart penelitian.

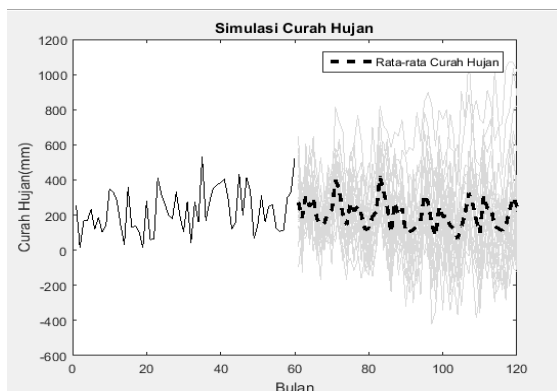
Metode penelitian ini dilakukan dengan simulasi komputer dengan cara membuat program berbasis MATLAB R2015a yang dapat memodelkan data curah hujan dan kelembaban udara menggunakan metode monte carlo sehingga bisa memprediksi curah hujan dan kelembaban udara untuk 5 tahun kedepannya. Tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk membuat program berbasis MATLAB R2015a untuk memperoleh prediksi curah hujan dan kelembaban udara Kota Pekanbaru tahun 2019–2023 dengan menggunakan metode monte carlo. Penelitian ini menggunakan data rata-rata bulanan curah hujan dan kelembaban udara Kota Pekanbaru tahun 2014–2018, kemudian data ini akan disimulasikan menggunakan program berbasis MATLAB R2015a dengan konsep monte carlo.

### Prediksi Curah Hujan Kota Pekanbaru Tahun 2019-2023

Data curah hujan Kota Pekanbaru tahun 2014–2018 akan diolah menggunakan program berbasis MATLAB R2015a, kemudian didapatkan curah hujan Kota Pekanbaru tahun 2019–2023, dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Simulasi prediksi curah hujan Kota Pekanbaru tahun 2019–2023.

Gambar 3 menunjukkan data curah hujan Kota pekanbaru tahun 2014–2018 yang

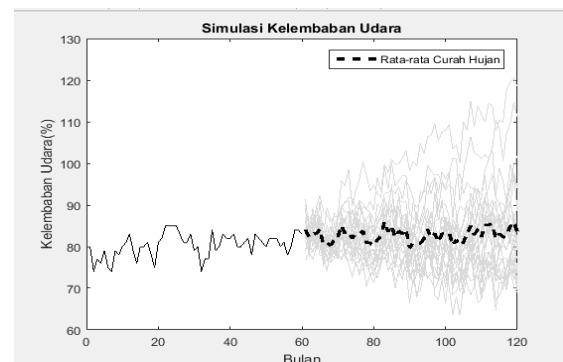
ditandai dengan garis biasa, dan rata-rata simulasi prediksi curah hujan Kota Pekanbaru tahun 2019–2023 yang ditunjukkan dengan garis tebal putus-putus. Penelitian ini menggunakan 30 kali simulasi, kemudian diambil rata-rata simulasi yang ditandai dengan garis abu-abu. Sumbu x merupakan data bulan dan sumbu y merupakan data curah hujan (mm). Data bulan ke-61 sampai bulan ke-120 merupakan data untuk tahun 2019–2023. Berdasarkan Gambar 3, prediksi rata-rata curah hujan berkisar antara 82–382 mm. Prediksi curah hujan tertinggi dan terendah tiap bulannya dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data prediksi rata-rata curah hujan.

Tahun	Curah hujan tertinggi	Curah hujan terendah
2019	November (383,287mm)	Februari (175,630mm)
2020	November (376,326mm)	Agustus (113,956mm)
2021	November (357,504mm)	Agustus (82,1861mm)
2022	November (375,847mm)	Januari (114,984mm)
2023	November (357,024mm)	Agustus (91,9734mm)

### Prediksi Kelembaban Udara Kota Pekanbaru Tahun 2019-2023

Data kelembaban udara Kota Pekanbaru tahun 2014–2018 akan diolah menggunakan program berbasis MATLAB R2015a, kemudian didapatkan kelembaban udara Kota Pekanbaru tahun 2019–2023, dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Simulasi prediksi kelembaban udara Kota Pekanbaru tahun 2019–2023.

Gambar 4 menunjukkan data kelembaban udara Kota Pekanbaru tahun 2014–2018 yang ditandai dengan garis biasa, dan rata-rata simulasi prediksi kelembaban udara Kota Pekanbaru tahun 2019–2023 yang ditunjukkan dengan garis tebal putus-putus. Penelitian ini menggunakan 30 kali simulasi, kemudian diambil rata-rata simulasi yang ditandai dengan garis abu-abu. Sumbu x merupakan data bulan dan sumbu y merupakan data kelembaban udara (%), bulan ke-61 sampai bulan ke-120 merupakan data untuk tahun 2019–2023. Berdasarkan Gambar 4, kelembaban udara berkisar antara 79% hingga 87%. Prediksi kelembaban udara tertinggi dan terendah tiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data prediksi rata-rata kelembaban udara.

Tahun	Kelembaban udara tertinggi	Kelembaban udara terendah
2019	November (84,5821%)	Agustus (79,4897%)
2020	November (85,0958%)	Agustus (80,1206%)
2021	November (84,9716%)	Agustus (79,4980%)
2022	November (86,6261%)	Juni (81,2857%)
2023	November (87,1057%)	Juni (81,5707%)

### Hubungan Curah Hujan dan Kelembaban Udara

Curah hujan sangat mempengaruhi kelembaban udara. Berdasarkan hasil prediksi yang diperoleh pada penelitian ini, jika semakin tinggi curah hujan maka kelembaban udara semakin naik, begitu juga sebaliknya.

### Nilai Error Program

Program pada penelitian ini dapat dikatakan berhasil dilihat dari besar nilai error. Nilai error program pada penelitian ini sebesar 0,0887913, hal ini menunjukkan bahwa program ini berhasil dan dapat digunakan untuk memprediksi keadaan

parameter cuaca karena nilai error pada program kecil.

### KESIMPULAN

Program berbasis MATLAB R2015a menggunakan metode monte carlo berprinsip pada fungsi deret fourier untuk mengambil sampel bilangan acak. Sampel bilangan acak ini akan diolah dan menghasilkan data simulasi prediksi. Penelitian ini menggunakan 30 kali simulasi dan kemudian diambil rata-rata simulasi tiap bulannya. Program pada penelitian ini dinilai berhasil karena nilai error pada program sangat kecil yaitu sebesar 0,0887913. Curah hujan sangat erat kaitannya dengan kelembaban udara, jika curah hujan tinggi maka kelembaban udara semakin tinggi, begiyu sebaliknya. Hal ini karena kelembaban udara adalah banyaknya jumlah uap air yang terkandung pada udara, jika curah hujan semakin tinggi maka jumlah air yang terkandung pada udara juga semakin tinggi.

### REFERENSI

- Gurfinkel, Y. I., Ozheredov, V. A., Breus, T. K., & Sasonko, M. L. (2018). The effects of space and terrestrial weather factors on arterial stiffness and endothelial function in humans. *Biophysics*, **63**(2), 299–306.
- Juandi, M., Gultom, K., & Edisar, M. (2016). Model volume resapan air hujan pada sumur resapan di Kecamatan Rumbai Kota Pekanbaru. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **13**(12), 787–792.
- Sucahyono, D., Pawitan, H., & Wigena, A. H. (2015). Model prakiraan curah hujan bulanan di wilayah Jawa bagian Utara dengan prediktor Suhu Muka Laut (SML) dan Outgoing Longwave Radiation (OLR). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, **10**(2), 98–110.
- Wahyuni, S. & Umar, L. (2016). Detektor kelembaban gabah berdasarkan pengukuran kapasitansi. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **13**(13), 912–918.

5. Basuki, A. (2004). *Modelling and Simulation*. Jakarta Timur: IPTAQ Mulia Media.
6. Prawiwardoyo, S. (1996). *Metereologi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
7. Tjasyono, B. (2004). *Klimatologi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
8. Syech, R., Malik, U., & Fitriani, R. Analisis pengaruh partikulat matter PM10 terhadap suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin di daerah kulim kota pekanbaru. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **14**(2), 1032–1036.
9. Widodo, P. (2012). *Penerapan Soft Computing dengan Matlab*. Bandung: Rekayasa Sains.
10. Muttaqin R. (2008). *Pemanfaatan Metode Monte Carlo untuk Analisis Perubahan Lahan Secara Spasial*. Tesis Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung.



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

## SINTESIS DAN KARAKTERISASI NPP PERAK (Ag-NPs) MENGUNAKAN EKSTRAK KULIT BUAH NAGA SEBAGAI BIOREDUKTOR

Rosman Parningotan\*, Yanuar Hamzah

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [rosmanparningotan5@gmail.com](mailto:rosmanparningotan5@gmail.com)

### ABSTRACT

*Silver nanoparticle were successfully synthesized by using the red dragon fruit peel extract as a bioreductor. The synthesis process is mixed the solution of silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) 1mM and red dragon fruit peel extract with a volume ratio 1 : 5 and and then mixed with a few drops of NaOH solution 1M until the solution has a pH of 10 each and then stirred using magnetic stirrer for 14 minutes for each sample then incubator. The sample are characterized using the Ultra Violet Visible (UV-Vis) spectroscopy resulting in the wavelength peaks and energy band gap at 416 nm and 2.98 eV. A functional group that plays a role in reducing  $\text{AgNO}_3$  using the Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (FTIR) show six major groups that have interval of  $602\text{--}3427\text{ cm}^{-1}$ . The result of the X-Ray Diffraction (XRD) spectrum analysis saw a  $10.07\text{--}102.73\text{ nm}$  crystal size with the Face Center Cubic (FCC) crystalline structure and have an  $\text{Ag}_2\text{O}$  impurity. From Scanning Electron Microscope (SEM) image shows that morphology of sample is still agglomerated. The findings of the present research lead to conclusion that the red dragon fruit peel was found to reduced the silver ions to silver nanoparticle.*

**Keywords:** Silver nanoparticles, Red dragon fruit, UV-Vis, XRD, SEM

### ABSTRAK

*NPP perak telah berhasil disintesis menggunakan ekstrak kulit buah naga merah sebagai bioreduktor. Proses sintesis dilakukan dengan mencampurkan larutan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) 1 mM dan ekstrak kulit buah naga merah dengan rasio volume 1 : 5 lalu dicampurkan beberapa tetes larutan NaOH 1M hingga larutan memiliki pH masing-masing 10 lalu diaduk menggunakan Magnetic Stirrer selama 14 menit untuk masing-masing sampel lalu diinkubator. Kemudian sampel dikarakterisasi menggunakan spektroskopi Ultra Violet Visible (UV-Vis) menghasilkan puncak panjang gelombang absorban dan pita energi gap 416 nm dan 2,98 eV. Gugus fungsional yang berperan dalam mereduksi  $\text{AgNO}_3$  menggunakan Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (FTIR) menunjukkan enam gugus utama yang memiliki 6 interval dari  $602\text{--}3427\text{ cm}^{-1}$ . Hasil dari analisis spektrum X-Ray Diffraction (XRD) memperlihatkan data ukuran Kristal berkisar antara  $10,07\text{--}102,73\text{ nm}$  dengan struktur kristal Face Center Cubic (FCC) serta adanya pengotor (impurity)  $\text{Ag}_2\text{O}$ . Dari foto Morfologi dari hasil karakterisasi Scanning Electron Microscope (SEM) memperlihatkan morfologi sampel masih teraglomerasi (menggumpal). Temuan dari penelitian ini mengarah pada kesimpulan bahwa kulit buah naga merah dapat mereduksi ion perak menjadi NPP perak.*

**Kata kunci:** NPP perak, Buah naga merah, UV-Vis, XRD, SEM

Diterima 29-06-2020 | Disetujui 25-10-2020 | Dipublikasi 30-11-2020

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam skala ukuran nano di bidang material berkembang pesat yang dapat dikembangkan di segi antibakteri, katalis, optis dan medis [1]. Telah

terlihat dalam kurun tahun 10 tahun lalu hingga saat ini telah terlihat kenaikan penelitian dalam aspek nanoteknologi pada bidang industrial hal ini memperlihatkan pada era zaman dunia dalam proses menuju dunia bersifat skala nano berbasis teknologi.



Nanoteknologi dapat diartikan rekayasa teknologi juga penggunaan partikel berukuran dalam skala nano. Kategori perluasan penelitian nanoteknologi yang tengah banyak dilakukan adalah pembuatan NPP. Pembuatan NPP tengah ramai diteliti karena pengembangan kegunaannya dapat diperluas seperti dalam bidang antibakteri, katalis, dan medis. NPP merupakan partikel yang berukuran berdimensi satu yakni berkisar > 1-100 nanometer. NPP dirancang menggunakan prosedur bioreduksi nano menggunakan produk yang bersifat alami yang mengandung kadar polifenol. Prosedur bioreduksi dikategorikan salah satu prosedur pembuatan nano dibidang teknologi, juga sering dikategorikan nano berbasis bioteknologi [2].

Nano berbasis bioteknologi adalah kombinasi dari peranan biologi menggunakan skema kerja fisika serta kimia agar mendapatkan hasil berukuran skala nano dengan kegunaan dan tujuan khusus sesuai aplikasi yang dituju [3]. Sintesis NPP dapat dilakukan menggunakan agen alami sebagai agen pereduksi dimana skema pembentukan ini dikategorikan biosintesis NPP. Pemanfaatan unsur biologi di skema pembuatan NPP dengan menggunakan unsur biologi dimana mengandung fenol dan beberapa gugus organik penting didalam makhluk hidup. Bioreduktor bertindak untuk mereduksi, agen menstabilkan ion, pada skema sintesis NPP. Sintesis NPP diperkirakan mengikut sertakan senyawa kimia organik berupa fenol dan karbonil, juga kategori agen kimia metabolit yang berasal dari makhluk hidup [4].

NPP memiliki sifat kearah mengalami aglomerasi menghasilkan estimasi bentuk yang cukup menggumpal. Kestabilan NPP mengendalikan fungsi utama sewaktu menuju uji karakterisasi juga pengaplikasiannya pada tujuan penggunaannya . Usaha mengurangi terbentuknya penggumpalan atau aglomerasi terhadap NPP bisa dengan menambahkan agen larutan stabilisasi [5].

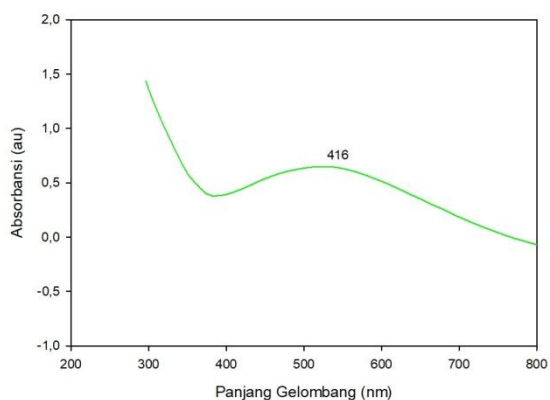
## METODE PENELITIAN

buah naga merah dicuci bersih menggunakan aquades dan pisahkan kulit dari daging buah secara teliti dengan potongan bagian perempat lalu potong bagian kulit secara kecil sebanyak 100 gr agar kulit halus pada proses *blend* setelah itu dicampurkan dengan aquades 1000ml lalu saring agar terpisah dari serat kulit buah naga, lalu panaskan diatas *Hotplate* dengan *Magnetic Stirrer* guna meningkatkan kadar fenolik pada suhu 80 °C, lalu sampel didinginkan. Lalu di pisahkan pada gelas kimia 100 ml dengan perbandingan sampel 5ml ekstrak kulit buah naga merah dan 1 ml larutan AgNO<sub>3</sub>. Setelah itu campurkan dengan perak dengan konsentrasi 0,001M. kemudian panaskan kembali masing-masing sampel menggunakan *Magnetic Stirrer* pada *Hotplate* lalu dinginkan dan ukur pH menggunakan kertas indikator dan pastikan larutan mencapai pH 10 dengan meneteskan sedikit demi sedikit NaOH dengan konsentrasi 1 M pada sampel. Siapkan 6 substrat yang dicuci bersih terdiri dari 3 FTO dan Glass, lalu beri perlakuan 4 tetes yang sama pada substrat dan dipanaskan pada *Hotplate* pada suhu ± 80 °C agar sampel tidak terbakar, lakukan pengulangan dengan perlakuan yang sama hingga sampel *Uniform*, substrat FTO digunakan untuk karakterisasi SEM dan *Glass Substrate* untuk uji XRD.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis

Spektrum absorbansi UV-Vis dari larutan koloid transparan menggunakan Spektrometer UV-Vis pada resolusi 1 nm dengan kisaran hasil gelombang 200-800 nanometer. Gambar 1 memperlihatkan absorpsi UV-Vis sintesis NPP perak dengan perbandingan volume larutan perak nitrat dan ekstrak kulit buah naga adalah 1 : 5.



**Gambar 1.** Spektrum serapan Uv-Vis hasil sintesis Ag-NPs 1 : 5.

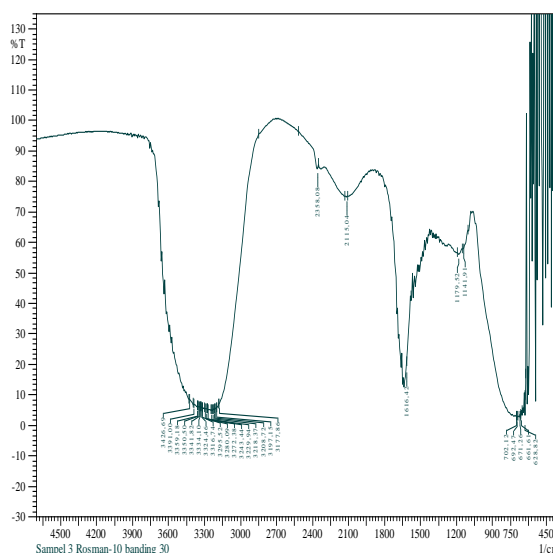
Terlihat pada Gambar 1 diatas sebuah grafik sampel yang memperlihatkan bahwa hasil sampel 1 : 5 memperlihatkan puncak gelombang maksimum absorbansi adalah 416 nm (2,98 eV). Indikasi telah terbentuknya NPP perak pada penelitian ini sama menurut penelitian yang telah dilakukan menggunakan bioreduktor ekstrak daun *Muntinga Calabura*, bahwa pada rentang 400–450 nm telah terbentuk NPP perak [4].

### Analisa Karakterisasi Uji FTIR

Gugus ikatan fungsional yang terdapat di dalam sampel ekstrak kulit buah naga merah dikarakterisasi dengan uji FTIR untuk melihat frekuensi gelombang dan terlihat beberapa bilangan gelombang yang terdeteksi, kemudian dicocokkan dengan data literature yang pernah diteliti [6]. Data pengujian FTIR menunjukkan keberadaan gugus vitamin C pada ekstrak kulit buah naga merah berdasarkan nilai bilangan gelombang yang diperlihatkan pada uji FTIR [7].

Pada Gambar 2 dan Tabel 1 memperlihatkan gugus karbonil pada 1616,42  $\text{cm}^{-1}$  dan juga adanya gugus C-O pada 1141,91  $\text{cm}^{-1}$  muncul dari eter dan C=C siklik dengan bentuk cincin bermolekul pektin. Terdeteksi ikatan alkena berada pada rentang 2100–2200  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi ikatan rangkap C=C dengan panjang gelombang 2114,07  $\text{cm}^{-1}$ . Selanjutnya terdapat panjang rentang gelombang pada 3100–3450  $\text{cm}^{-1}$  yang menandakan bahwa terdapatnya fenol,

aromatic dan alkohol dari beberapa senyawa



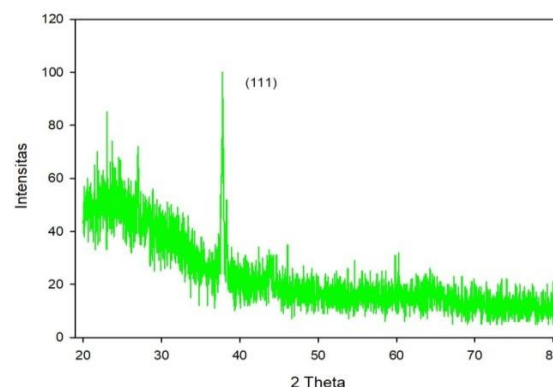
lain [8].

**Gambar 2.** Hasil uji FTIR untuk sampel sintesis NPP perak dari ekstrak kulit buah naga untuk sampel 1 : 5.

**Tabel 1.** Gugus fungsional NPP perak dari ekstrak kulit buah naga merah untuk sampel 1:5

No	Puncak	Gugus Fungsional
1	600 – 730	Ikatan Alkena ( Kuat)
2	1000 – 1300	Alkohol, Eter, Ester, Asam Karboksilat
3	1600 – 1680	Alkena, Karbonil ( Ikatan berubah-ubah)
4	2100 – 2200	Ikatan Alkuna( Berubah - ubah)
5	3100 – 3450	Fenol, Ikatan hidrogen (OH)

### Karakterisasi X-Ray Diffraction



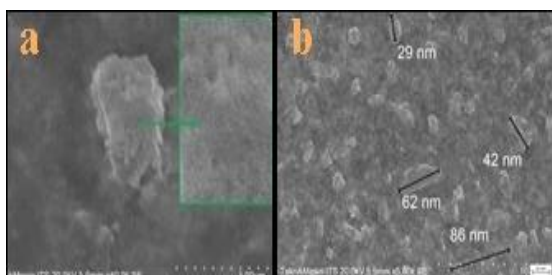
**Gambar 3.** Spektrum XRD sintesis NPP perak sampel 1 : 5.

Hasil uji XRD pada Gambar 3 memperlihatkan bahwa sudut refleksi  $2\theta$   $37,79^\circ$  dengan indeks miler (111). Hasil ini sesuai dengan data JCPDS03-092 memperlihatkan sintesis NPP perak memiliki struktur FCC.

Menggunakan data hasil XRD dilakukan perhitungan mencari ukuran NPP perak dan ukuran parameter kisi menggunakan persamaan Scherrer sehingga dihasilkan ukuran partikel 79,9645 nm dimana ukuran NPP ini cukup besar sehingga diduga bahwa sampel masih dalam keadaan teraglomerasi, ukuran parameter kisi pada sampel ini juga menjadi perhatian, menggunakan persamaan scherrer didapatkan ukuran parameter kisi 4,12 nm. Data ini mengindikasikan yakni struktur Kristal yang terbentuk merupakan FCC seperti hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan bioreduktor ekstrak kulit manggis [9].

#### Analisa Karakterisasi Uji SEM

Uji morfologi permukaan sampel diperoleh dari hasil uji SEM dengan *zoom* 2000x. Berdasarkan hasil karakterisasi SEM, bentuk morfologi ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Foto morfologi sintesis NPP perak sampel 1 : 5 (a) perbesaran 2000x (b) bentuk dan ukurannya.

SEM diperoleh bahwa NPP perak hasil sintesis berbentuk tidak teratur dan tidak homogen. Jika dilihat pada gambar terlihat sebuah partikel yang cukup besar yang semakin memperkuat analisa bahwa sampel dalam konsentrasi ini masih teraglomerasi selaras dengan penelitian yang terdahulu menggunakan bioreduktor ekstrak kulit buah manggis dari hasil pengukuran yang dilakukan

lakukan terdapat sebuah yang juga berukuran 79,05 nm yang hampir mendekati ukuran NPP dengan bioreduktor ekstrak kulit buah naga merah, sehingga terbukti sampel dalam konsentrasi ini NPP yang terbentuk masih dalam keadaan teraglomerasi atau agregasi, dilihat pada gambar yang memperlihatkan ukuran NPP yang terbentuk dalam persebaran ukuran tidak merata atau homogen kedua hal ini diduga terjadi karna ekstrak kulit buah naga merah belum tepat mereduksi  $Ag^+$  menjadi  $Ag^0$  [10].

#### KESIMPULAN

NPP perak telah berhasil disintesis menggunakan ekstrak kulit buah naga merah yang berperan untuk agen bioreduktor dengan metodologi yang sangat sederhana. Panjang gelombang absorpsi NPP perak terbentuk pada panjang gelombang 400–450 nm dengan perbandingan volume larutan antara ekstrak kulit buah naga merah dengan perak nitrat adalah 1 : 5 berwarna kecoklatan. Dari hasil analisis spektrum XRD mengindikasikan bahwa telah terbentuk NPP perak yang memiliki struktur FCC dengan puncak refleksi dominan dengan indeks miler (111). Morfologi hasil sintesis NPP perak masih terbentuk aglomerasi dengan bentuk yang tidak teratur memiliki ukuran 29–86 nm.

#### REFERENSI

1. Lin, J., Chen, R., Feng, S., Li, Y., Huang, Z., Xie, S., Yu, Y., Cheng, M., & Zeng, H. (2009). Rapid delivery of silver nanoparticles into living cells by electroporation for surface-enhanced Raman spectroscopy. *Biosensors and Bioelectronics*, **25**(2), 388–394.
2. Adzani, H. & Rini, A. S. (2020). Sifat optik nanopartikel perak ( $Ag$ -Nps) menggunakan bioreduktor ekstrak kulit semangka kuning. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(2), 104–107.
3. Mikrajudin, A. (2009). *Pengantar nanosains*. Bandung: ITB.

4. Handayani, W., Imawan, C., & Purbaningsih, S. (2010). Potensi ekstrak beberapa jenis tumbuhan sebagai agen pereduksi untuk biosintesis nanopartikel perak. *Seminar Nasional Biologi*, 558–567.
5. Haryono, A., Sondari, D., Harnami, S. B., & Randy, M. (2008). Sistesa Nanopartikel Perak Dan Potensi Aplikasinya. *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)*, 2(3).
6. Phongtongpasuk, S., Poadang, S., & Yongvanich, N. (2016). Environmental-Friendly Methods for Synthesis of Silver Nanoparticles from Dragon Fruit Peel Extract and Their Antibacterial Activities. *Energy Procedia*, 89, 239–247.
7. Shankar, S., Chorachoo, J., Jaiswal, L., & Voravuthikunchai, S. P. (2014). Effect of reducing agent concentrations and temperature on characteristics and antimicrobial activity of silver nanoparticles. *Materials Letters*, 137, 160–163.
8. Ogaji, I. J, Nep, E.I., & Audu-Peter, J. D. (2012). Advances in Natural Polymers as Pharmaceutical Excipient. *Pharmaceutica Analytica Acta*, 3(1), 1–16.
9. Taba, P., Parmitha, N. Y., & Kasim, S. (2019). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Sebagai Bioreduktor Dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antioksidan. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(1), 51–60.
10. Yanti, W. R. O. & Astuti, A. (2018). Sintesis Nanokristal Perak Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Fisika Unand*, 7(3), 286–291.



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

## PENGUNAAN PENCITRAAN MULTISPEKTRAL PADA PANJANG GELOMBANG 520 NM DAN 800 NM UNTUK MENGEVALUASI TINGKAT KEMATANGAN TBS KELAPA SAWIT

Sinta Afria Ningsih<sup>1,\*1</sup>, Minarni Shiddiq<sup>1,\*2</sup>, Dodi Sofyan Arief<sup>2</sup>, Ikhsan Rahman Husein<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: <sup>1</sup>sintaafria16@gmail.com; <sup>2</sup>minarni@unri.ac.id

### ABSTRACT

*Oil palm fresh fruit bunch (FFB) are the main source of crude palm oil (CPO). Sorting and grading FFB are important in order to obtain high quality CPO. Multispectral imaging has been purposed to be implemented in high speed sorting machines due to less wavelength bandwidths used hence less processing time. This study was aimed to evaluate the ripeness levels of oil palm FFB based on relative reflectance intensity and fruit firmness. Multispectral images were acquired using two bandpass filters mounted in a filter wheel with wavelengths of 520 nm and 800 nm respectively. The image acquisition and processing were controlled using python based program. The samples consisted of 30 oil palm FFBs of Tenera varieties with three ripeness levels as unripe, ripe, and overripe. The result showed that the relatif reflectance intensity at wavelength of 520 nm is inversely proportional to the maturity level, on the other hand, relatif reflectance intensity at wavelength of 800 nm is directly proportional to the maturity level. The relation between the firmness and ripeness level are inversely proportional. Relative reflectance intensity of the multispectral images at the wavelength of 800 nm had a better correlation to the palm fruit firmness than the image at the wavelength of 520 nm with the correlation coefficient (r) of -0.0198 at 520 nm and -0.8594 at 800 nm. it can be shown that the multispectral imaging is potensial to be implemented for FFB ripeness evaluation.*

**Keywords:** Multispectral imaging, Filterwheel, Sorting, Python, Oil palm FFB, Firmness

### ABSTRAK

*Tandan buah segar (TBS) kelapa sawit merupakan sumber utama crude palm oil (CPO). Sortasi dan grading TBS kelapa sawit penting untuk memperoleh CPO berkualitas tinggi. Pencitraan multispektral bertujuan untuk diimplementasikan pada mesin sortir kecepatan tinggi karena pita panjang gelombang yang digunakan lebih sedikit sehingga waktu pemrosesan lebih sedikit. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kematangan TBS kelapa sawit berdasarkan intensitas reflektansi relatif dan kekerasan buah. Citra multispektral diperoleh dengan menggunakan dua band pass filter yang dipasang pada roda filter dengan panjang gelombang masing-masing 520 nm dan 800 nm. Proses akuisisi dan pengolahan citra dilakukan menggunakan program berbasis python. Sampel terdiri dari 30 buah TBS kelapa sawit varietas Tenera dengan tiga tingkat kematangan yaitu mentah, kurang matang, dan matang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas reflektansi relatif pada panjang gelombang 520 nm berbanding terbalik dengan tingkat kematangan, sebaliknya intensitas pemantulan relatif pada panjang gelombang 800 nm berbanding lurus dengan tingkat kematangan. Hubungan antara tingkat kekerasan dan kematangan berbanding terbalik. Intensitas pantulan relatif citra multispektral pada panjang gelombang 800 nm memiliki korelasi yang lebih baik terhadap kekencangan buah sawit dibandingkan citra pada panjang gelombang 520 nm dengan koefisien korelasi (r) sebesar -0,0198 pada 520 nm dan -0,8594 pada 800 nm. Dapat dibuktikan bahwa pencitraan multispektral berpotensi untuk diimplementasikan untuk evaluasi kematangan TBS kelapa sawit.*

**Kata kunci:** Pencitraan Multispektral, Roda Filter, Sortir, Phyton, TBS Kelapa Sawit, Kekerasan

Diterima 25-08-2020 | Disetujui 12-11-2020 | Dipublikasi 30-11-2020

## PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi pasca panen terus dilakukan demi meningkatkan kualitas produk hasil pertanian. Teknik *non-destructive* dinilai sangat tepat digunakan dalam mengevaluasi kualitas buah dan sayuran [1]. Sortasi dan *grading* merupakan kegiatan pasca panen yang salah satunya dilakukan untuk menilai tingkat kematangan buah. Kegiatan ini dapat dilakukan secara manual oleh petani, namun cara ini tidak efektif dan lambat.

CPO merupakan produk hasil pertanian Indonesia yang perlu ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat bersaing di pasar global. Peningkatan kualitas CPO dilakukan dengan milih TBS kelapa sawit yang berkualitas melalui kegiatan sortasi. Kandungan minyak yang tinggi dan ALB (Asam Lemak Bebas) yang rendah merupakan parameter yang menentukan kualitas TBS kelapa sawit yang baik diolah menjadi CPO [2]. Kadar minyak dan ALB semakin meningkat pada TBS kelapa sawit matang, sehingga diperlukan metode klasifikasi kematangan yang tepat [3].

Saat ini klasifikasi kematangan TBS kelapa sawit masih dilakukan secara manual oleh petani. Metode klasifikasi yang digunakan yaitu berdasarkan jumlah buah yang terlepas dari tandan [4] dan warna eksokarp TBS kelapa sawit [5] yang mana penilaiannya subjektif. Teknik yang konsisten dan cepat diperlukan dalam mengklasifikasi kematangan TBS kelapa sawit [6].

Berbagai teknik *non-destructive* telah dikembangkan untuk mengklasifikasi kematangan TBS kelapa sawit. Metode *computer vision* menggunakan kamera warna [7], metode spektroskopi *Near Infrared* (NIR) [8], dan metode terkini yaitu pencitraan hyperspektral yang telah dilakukan Bensaeed *et al.* [9] dan Junkwon *et al.* [10]. Metode-metode ini masih dilakukan dalam skala laboratorium, metode alternatif diperlukan yang dapat digunakan pada skala industri.

Pada skala industri, efisiensi waktu sangat diperlukan. Pencitraan multispektral dinilai dapat diimplementasikan pada alat sortasi

skala industri. Pencitraan multispektral merupakan perpanjangan dari pencitraan hyperspektral yang mana sistem optiknya lebih sederhana dan informasi diambil pada rentang panjang gelombang yang lebih sedikit [11]. Hanya rentang panjang gelombang yang memiliki korelasi tinggi yang digunakan. Khodabakhshian *et al.* [12] dan Liu *et al.* [13] telah menggunakan metode pencitraan multispektral untuk menilai kualitas buah, salah satunya memprediksi tingkat kekerasan buah pada setiap tingkat kematangan dengan koefisien korelasi ( $r$ ) 0,94.

Penelitian ini bertujuan menganalisa hubungan tingkat kekerasan buah kelapa sawit terhadap intensitas relatif citra multispektral TBS kelapa sawit setiap tingkat kematangan. Citra multispektral yang dianalisa yaitu citra yang diambil pada panjang gelombang 520 nm dan 800 nm menggunakan *filterwheel* yang terdapat *band pass filter* didalamnya. Citra diolah menggunakan program berbasis python.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen komputasi. Proses komputasi menggunakan bahasa pemrograman python. Penelitian ini terdiri dari tahap akuisisi citra, pengukuran kekerasan buah, dan pengolahan citra.

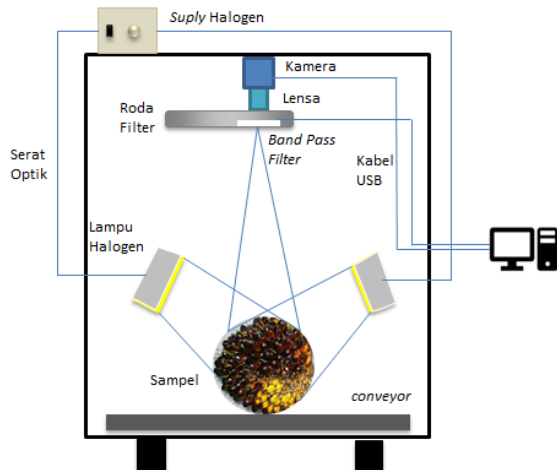
### Persiapan Sampel

Penelitian ini dilakukan pada 30 sampel TBS kelapa sawit varietas Tenera yang terdiri terdiri 10 sampel mentah, 10 sampel kurang matang, dan 10 sampel matang. Tingkat kematangan dinilai oleh mandor berpengalaman. Sampel TBS diperoleh dari perkebunan agribisnis Universitas Riau.

### Akuisi Citra

Akuisisi citra menggunakan sistem pencitraan multispektral yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Sistem terdiri dari sumber cahaya (Dolan Jenner DC-950), roda filter Thorlabs FW102, band pass filter (520 nm dan 800 nm)

untuk mendispersikan cahaya, detektor berupa kamera CMOS monokrom Sentech STC-MBCM401U3V (400-1000), kotak hitam untuk mengisolasi cahaya dan komputer untuk menjalankan program akuisisi data dan pengolahan data.



**Gambar 1.** Sistem pencitraan multispektral.

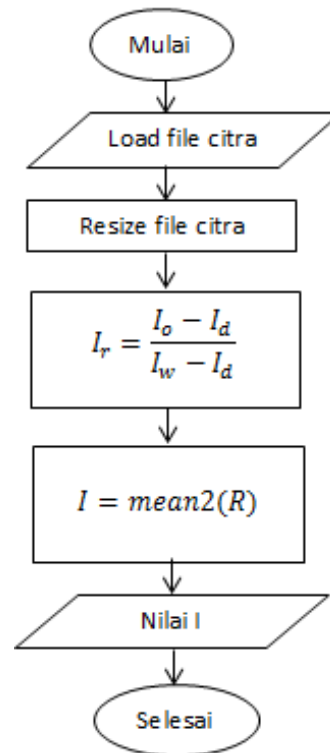
Akuisisi citra dilakukan pada 30 sampel TBS kelapa sawit dengan berbagai tingkat kematangan. Pada setiap tandan diperoleh dua citra dari sisi depan dan belakang, sehingga sebanyak 60 citra multispektral diperoleh. Cahaya polikromatik dari halogen mengenai sampel yang diam diatas conveyor pada sudut 45°. Cahaya yang mengenai sampel dipantulkan menuju *band pass filter* yang mendispersikan cahaya dan melawatkan pita panjang gelombang tertentu., selanjutnya cahaya difokuskan oleh lensa menuju kamera. Roda filter menggerakkan *band pass filter* sejajar dengan lensa dan kamera agar didapatkan citra multispektral pada panjang gelombang lainnya secara sekuensial. Proses ini dikendalikan oleh komputer menggunakan bahasa pemograman python. Citra dalam bentuk matriks tiga dimensi kemudian disimpan dalam file *pickle*.

### Pengukuran Kekerasan Buah

Pengukuran tingkat kekerasan buah kelapa sawit menggunakan penetrometer segera dilakukan setelah akuisisi citra. Pengujian tingkat kekerasan pada 5 buah brondolan sawit

untuk setiap sisi tandan yaitu pada sisi depan dan belakang, dimana buah diambil pada bagian atas, bawah, kiri, kanan, dan tengah. Pengukuran kekerasan dengan menusukkan probe penetrometer secara tegak lurus pada daging buah selama 1 detik sebanyak tiga kali pengukuran. Nilai kekerasan setiap permukaan tandan dirata-ratakan.

### Pengolahan Citra



**Gambar 2.** Flowchart pengolahan citra.

Citra multispektral pertama-tama dimuat dan diubah ukurannya. Selanjutnya citra dikoreksi dengan citra *white reference* dan *black referance*. *White reference* digunakan sebagai intensitas reflektansi referensi. Semenara itu *black referance* digunakan untuk menghilangkan efek arus gelap dari detektor yang sensitif terhadap panas. Seluruh citra terdiri dari matriks yang nilainya merupakan intensitas dalam satuan (a.u.) diperoleh dari setiap pixel citra. Setelah citra dikoreksi menggunakan persamaan (3.1), cita tidak lagi memiliki satuan a.u. Nilai intensitas citra ini disebut intesitas reflektansi relatif. Berikut persamaaan yang digunakan:



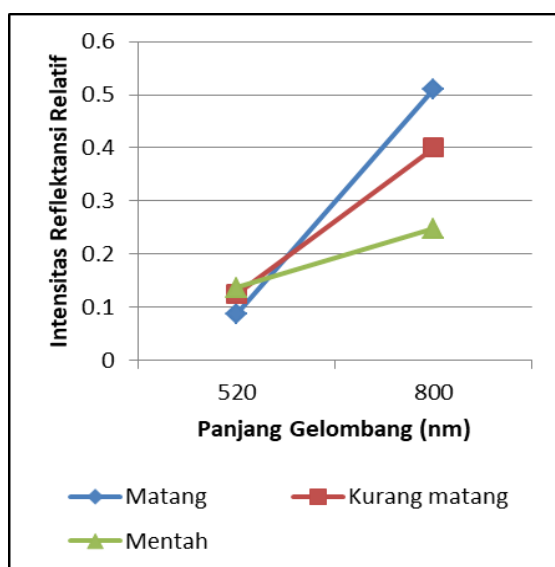
$$I_r = \frac{I_o - I_d}{I_w - I_d} \quad (1)$$

dimana  $I_o$  adalah intensitas citra multispektral yang direkam,  $I_d$  adalah intensitas citra *black reference* dengan pantulan 0% direkam dengan menutup *mount* roda filter, dan  $I_w$  adalah intensitas citra *white reference* dengan pantulan 99%, dan  $I_r$  adalah intensitas citra multispektral setelah dikoreksi.

Citra yang dikoreksi berupa matriks 3 dimensi ( $x, y, \lambda$ ). Setelah citra dikoreksi, daerah ROI (*region of interest*) ditentukan yaitu daerah yang terdapat TBS kelapa sawit. Pada daerah ROI dihitung nilai rata-rata intensitas setiap lapisan matriks untuk memperoleh nilai intensitas reflektansi relatif setiap panjang gelombang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Spektrum Reflektansi



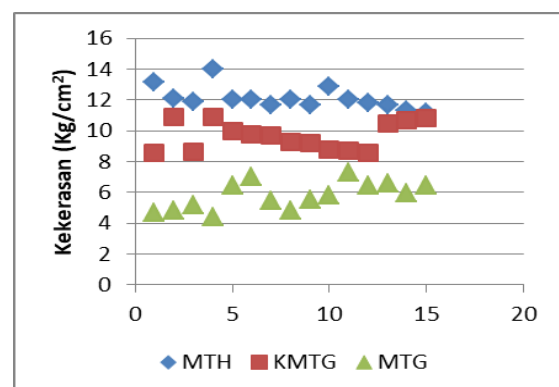
**Gambar 3.** Grafik hubungan intensitas reflektansi relatif terhadap panjang gelombang.

Citra multispektral TBS kelapa sawit yang telah dikoreksi dengan *white reference* dan *dark reference* pada daerah ROI (*Region Of Interest*) menghasilkan grafik hubungan intensitas reflektansi relatif terhadap panjang gelombang yang ditunjukkan pada Gambar 3. Berdasarkan grafik yang ditunjukkan terdapat

perbedaan intensitas reflektansi relatif setiap tingkat kematangan TBS kelapa sawit. Spektrum panjang gelombang 520 nm berkaitan dengan penyerapan klorofil [14]. Pada spektrum panjang gelombang 520 nm, intensitas reflektansi relatif lebih tinggi pada kelapa sawit mentah dan kurang matang dibandingkan pada TBS kelapa sawit matang. Pada spektrum ini intensitas reflektansi relatif menurun seiring peningkatan kematangan. Hal ini dapat disebabkan oleh kandungan klorofil yang pada kelapa sawit yang mengalami peneurunan seiring proses kematangan meningkat.

Intensitas reflektansi relatif pada spektrum panjang gelombang 800 nm yang ditunjukkan oleh grafik mengalami peningkatan yang signifikan seiring meningkatnya kematangan TBS kelapa sawit. Spektrum panjang gelombang 800 nm yang terdapat pada daerah spektrum inframerah dapat berinteraksi dengan materi pada tingkat molekul. Oleh karena itu, respon spektral yang diperoleh dapat disebabkan oleh peningkatan kadar minyak yang signifikan selama proses kematangan TBS kelapa sawit [3].

### Tingkat Kekerasan Buah

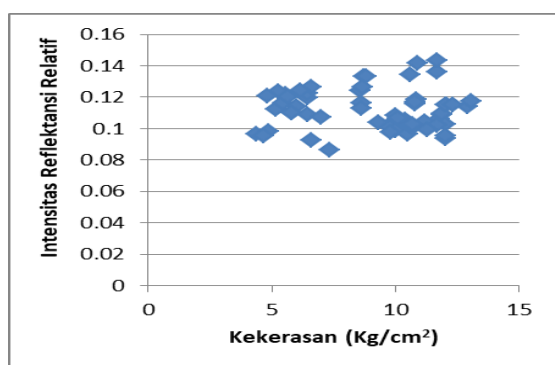


**Gambar 4.** Grafik nilai kekerasan kelapa sawit pada berbagai tingkat kematangan.

Hasil pengukuran kekerasan TBS kelapa sawit setiap tingkat kematangan menggunakan penetrometer ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4. Grafik ini menunjukkan kematangan TBS kelapa sawit dipengaruhi tingkat kekerasan buah kelapa sawit. Pengukuran pada kelapa sawit mentah

menunjukkan nilai maksimum  $14 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai minimum  $10,8 \text{ kg/cm}^2$ , pada kelapa sawit kurang matang menunjukkan nilai maksimum  $10,86 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai minimum  $8,56 \text{ kg/cm}^2$ , sementara itu pada kelapa sawit matang menunjukkan nilai maksimum  $7,32 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai minimum  $4,38 \text{ kg/cm}^2$ . Nilai kekerasan semakin kecil seiring meningkatnya proses kematangan buah kelapa sawit. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kandungan minyak pada sawit yang meningkat seiring proses kematangannya [3].

### Hubungan Intensitas Reflektansi Relatif Terhadap Kekerasan

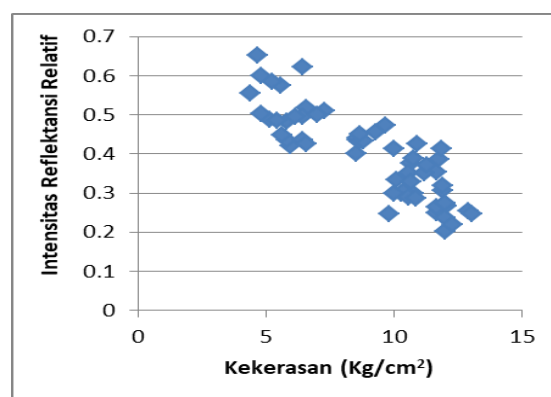


**Gambar 5.** Grafik hubungan intensitas reflektansi relatif pada panjang gelombang 520 nm terhadap tingkat kekerasan.

Hubungan intensitas reflektansi relatif masing-masing panjang gelombang terhadap tingkat kekerasan kelapa sawit dianalisa untuk melihat pengaruh tingkat kekerasan terhadap respon spektral yang diperoleh pada panjang gelombang 520 nm dan 800 nm. Spektrum panjang gelombang 520 nm merupakan spektrum cahaya tampak, sementara itu 800 nm merupakan spektrum panjang gelombang inframerah. Melalui penelitian ini kita dapat membandingkan respon spektral pada daerah spektrum yang berbeda.

Gambar 5 menunjukkan hubungan tingkat kekerasan terhadap intensitas reflektansi relatif pada panjang gelombang 520 nm. pada spektrum panjang gelombang ini terlihat tidak adanya korelasi tingkat kekerasan kelapa sawit terhadap intensitas reflektansi relatif dimana memiliki koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 0,0198.

Spektrum panjang gelombang 520nm pada daerah cahaya tampak berkaitan dengan pita serapan klorofil dimana sepektrum ini hanya mengandalkan karakteristik kematangan TBS kelapa sawit berdasarkan warna kulit buah. Oleh karna itu spektrum ini tidak dapat mengkalsifikasi kematangan berdasarkan tingkat kekerasan buah kelapa sawit.



**Gambar 6.** Grafik hubungan intensitas reflektansi relatif pada panjang gelombang 800 nm terhadap tingkat kekerasan.

Gambar 6 menunjukkan hubungan tingkat kekerasan terhadap intensitas reflektansi relatif pada panjang gelombang 800 nm. Pada spektrum panjang gelombang ini terlihat adanya korelasi cukup baik antara tingkat kekerasan buah kelapa sawit terhadap intensitas reflektansi relatif dimana memiliki koefisien korelasi ( $r$ )  $-0,8594$ . Grafik pada Gambar 6 memperlihatkan hubungan intensitas reflektansi relatif yang berbanding lurus terhadap tingkat kekerasan kelapa sawit. Intensitas reflektansi relatif semakin tinggi apabila tingkat kekerasan semakin tinggi dan sebaliknya. Hal ini berkaitan dengan kadar minyak yang memengaruhi tingkat kekerasan buah kelapa sawit. TBS kelapa sawit akan mengalami peningkatan kandungan minyak dan ALB selama proses kematangannya [3]. Spektrum gelombang inframerah dapat berinteraksi dengan senyawa kimia ini pada tingkat molekul. Oleh karna itu spektrum panjang gelombang ini dapat digunakan untuk mengklasifikasi kematangan berdasarkan kualitas internal TBS kelapa sawit.

## KESIMPULAN

Spektrum inframerah lebih baik dari spektrum cahaya tampak dalam mengklasifikasi kematangan TBS kelapa sawit berdasarkan sifat internal buah, sehingga panjang gelombang 520 nm tidak menunjukkan korelasi yang baik terhadap kekerasan buah kelapa sawit sementara panjang gelombang 800 nm memiliki korelasi yang cukup baik.

## REFERENSI

1. Sheeja, P. S. & Ajay, G. A. J. (2016). Nondestructive quality evaluation for fruits and vegetables. *Int. J. Mod. Trends Eng. Res.*, **3**(8), 1–7.
2. Makky, M., Soni, P., & Salokhe, V. M. (2014). Automatic non-destructive quality inspection system for oil palm fruits. *J. Int. Agrophys.*, **28**, 319–329.
3. Nualwijit, N. & Lerslerwong, L. (2014). Post harvest ripening of oil palm fruit is accelerated by application of exogenous ethylene. *J. Sci. Technol.*, **36**(3), 255–259.
4. Kassim, M. S. M., Ismail, W. I. W., & Teik, L. H. (2014). Oil palm fruit classifications by using near infrared images. *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.*, **7**(11), 2200–2207.
5. Hazir, M. H. M., Shariff, A. R. M., & Amirudin, M. D. (2011). Determination of oil palm fresh fruit bunch ripeness-base on flavonoid konten and antocyanin content. *Ind. Crops Prod.*, **36**(1), 466–475.
6. Minarni, Salumbae, R., & Hasbi, Z. (2018). Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan Pengolahan Citra untuk Klasifikasi Kematangan TBS Kelapa Sawit. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(1), 36-45.
7. Fadilah, N., Mohamad-Saleh, J., Halim, Z. A., Ibrahim, H., & Ali, S. S. S. (2012). Intelligent color vision system for ripeness classification of oil. *Sensors*, **12**(10), 14179–14195.
8. Silalahi, D. D., Reano, C. E., & Panopio, F. P. (2016). Near infrared spectroscopy: A rapid and non-destructive technique to assess tge ripness of oil palm (*elaeis guiness jacq.*) fresh fruit. *J. Near Infrared Spectrosc.*, **24**(2), 179–190.
9. Bensaeed, O. M., Shariff, A. M., Mahmud, A. B., Shafri, H., & Alfatni, M. (2014). Oil palm fruit grading using a hyperspectral device and machine learning algorithm. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Kuala Lumpur, Malaysia, 22-23 April 2014, 1–22.
10. Junkwon, P., Takigawa, T., Okamoto, H., Hasegawa, H., Koike, M., Sakai, K., Siruntawinetti, J., Chaeychomsri, W., Vanavichit, A., Tittinuchanon, P., & Bahalayodhin, B. (2009). Hyperspectral imaging for non-destructive determination of internal qualities for oil palm (*Elaeis guiness jacq.var. tenera*). *J. Agric. Inf. Res.*, **18**(3), 130–141.
11. Aboras, M., Amasha, H., & Ibraheem, I. (2015). Early detection of melanoma using multispectral imaging and artificial intelligence techniques. *Am. J. Biomed. Life Sci.*, **3**(2-3), 29–33.
12. Khodabakhshian, R., Emadi, B., Khojastehpour, M., & Golzarian, M. R. (2015). Determining quality and maturity of promeganates using multispectral imaging. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, **16**(4), 322–331.
13. Liu, C., Liu, W., Lu, X., Chen, W., Yang, J., & Zheng, L. (2014). Application of multispectral imaging to determine quality attributes and ripness stage in strawberry fruit. *PloS One*, **9**(2), 1–8.
14. Kuska, M. T., Behmann, J., & Mahlein, A. -K. (2018). Potential of hyperspectral imaging to detect and identify the impact of chemical warfare compounds on plant tissue. *Pure Appl. Chem.*, **90**(10), 1615–1624.



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

# IDENTIFIKASI AIR TANAH DI PERUMAHAN GRAHA MUSTAMINDO PERMAI 3 MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER

Teta Emi Sapitri Siregar\*, Usman Malik

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

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

## ABSTRACT

*Identification of groundwater at Graha Mustamindo Permai 3 Housing Complex, Rimba Panjang Village, District Tambang, Kampar Regency, Riau Province has been done. The method used in this study is Schlumberger Configuration Geoelectric method. Identification of the aquifer layer was carried out on 2 lines with a length of 100 meters. Measurement data was processed using Software Progress. The results of data processing lines 1 and 2 show a maximum depth of 35 meters. The results of aquifer interpretation on line 1 are at depth of (3.90–11,13) meters with a resistivity values of 246.51 ohms meters. Lane 2 is at a depth of (7.43–14.66) meters with a resistivity value of 142.15 ohms meters. Soil water samples at this research location were tested for pH parameters. All water samples have acid levels with an average pH of 5. So that it can cause rust a inner surface of water pipe resulting smelly water flerefore the water cannot be consump by people.*

**Keywords:** Graundwater, Geoelectric method, Configuration Schlumberger, pH parameter, Rimba Panjang

## ABSTRAK

*Telah dilakukan penelitian tentang Identifikasi Air Tanah di Perumahan Graha Mustamindo Permai 3 Desa Rimba Panjang, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger. Identifikasi lapisan akuifer dilakukan terhadap 2 lintasan dengan panjang lintasan 100 meter. Data hasil pengukuran diolah menggunakan Software Progress. Hasil pengolahan data lintasan 1 dan 2 diperoleh kedalaman maksimum sebesar 35 meter. Hasil Interpretasi Akuifer pada lintasan 1 berada pada kedalaman (3,90–11,13) meter dengan nilai resistivitas 246,51 ohm meter. Lintasan 2 berada pada kedalaman (7,43–14,66) meter dengan nilai resistivitas 142,15 ohm meter. Sampel air tanah pada lokasi penelitian dilakukan pengujian parameter pH. Semua sampel air memiliki kadar asam yaitu dengan nilai rata-rata pH 5. Sehingga dapat menyebabkan karat pada permukaan bagian dalam dari pipa air dan menghasilkan air yang berbau tidak layak untuk dikonsumsi.*

**Kata kunci:** Air tanah, Metode geolistrik, Konfigurasi Schlumberger, Parameter pH, Rimba Panjang

*Diterima 15-07-2020 | Disetujui 30-10-2020 | Dipublikasi 30-11-2020*

## PENDAHULUAN

Negara yang dilalui garis khatulistiwa memiliki musim yang sama disepanjang tahun seperti Negara Indonesia. Hal tersebut menyebabkan terjadinya dua musim, yaitu musim kemarau (kering) dan hujan (basah), sehingga suatu daerah akan mengalami

kelebihan air pada musim hujan dan kekurangan air pada musim kemarau [1]. Air merupakan kebutuhan dasar semua mahluk hidup, sehingga akan menyebabkan kebutuhan air semakin meningkat setiap tahunnya karena pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk, perkembangan pertanian, industri dan sektor ekonomi lainnya [2].

Distribusi hujan yang tidak merata akan menyebabkan ketersediaan air tidak sesuai dengan kebutuhan, baik dari segi volume maupun mutu. Sedangkan ditempat lain resapan air banyak digunakan untuk daerah pemukiman penduduk, hal tersebut mengakibatkan daerah pemukiman mengalami krisis air bersih [3]. Sumber air bersih bersumber dari air tanah yang diimplementasikan sebagai kebutuhan rumah tangga, irigasi, industri dan lain-lain [4].

Metode geolistrik merupakan ilmu yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial dan pengukuran arus yang terjadi baik alamiah maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi [5]. Prinsip kerja metode geolistrik yaitu dengan menginjeksikan arus ke dalam tanah melalui dua elektroda potensial. Jenis metode geolistrik digunakan metode resistivitas atau tahanan jenis [6].

Bumi diasumsikan mempunyai sifat homogen isotropis, tetapi kenyataannya bumi memiliki lapisan-lapisan dengan resistivitas berbeda-beda. Maka harga resistivitas yang terukur bukan merupakan nilai resistivitas untuk satu lapisan saja [7]. Prinsip konfigurasi Schlumberger adalah mengubah jarak elektroda arusnya. Namun semakin jauh elektroda arus dari elektroda potensialnya maka potensialnya yang akan diterima oleh elektroda arus akan mengecil [8]. Modifikasi tersebut dengan cara memperluas elektroda potensialnya. Dampak perubahan tersebut hanya berpengaruh pada kurva perhitungan yang akan *overlap*, tetapi tidak akan berpengaruh terhadap kehomogenan dari resistivitas materialnya [9].

Perumahan Graha Mustamindo Permai 3 Desa Rimba Panjang merupakan salah satu desa yang masyarakatnya banyak menggunakan sumur bor demi memenuhi kebutuhan hidup. Sumur bor digunakan oleh masyarakat untuk mendapatkan sumber air bersih untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Ketika musim kemarau datang sumur bor bias digunakan karna air pada sumur bor tidak mudah tercemar.

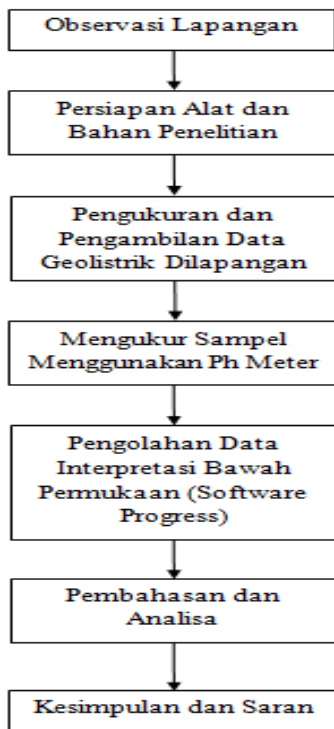
Desa rimbo panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar Provinsi Riau memiliki 2 musim, yaitu musim hujan dan kemarau. Desa rimbo panjang memiliki luas wilayah sebesar 9000 Ha. Batas wilayah desa Rimbo Panjang yaitu: sebelah Utara berbatasan dengan wilayah Desa Karya Indah, sebelah Timur berbatasan dengan wilayah Pekanbaru, sebelah Barat berbatasan dengan wilayah Desa Kualu Nenas, dan sebelah Selatan berbatasan dengan Desa Parit Baru.

Parameter yang digunakan untuk menentukan identifikasi air tanah dan susunan lapisan batuan bawah permukaan tanah yaitu parameter fisis dan parameter kimia. Parameter fisis untuk menentukan sebaran akuifer dengan menggunakan metode geolistrik. Parameter fisis kualitas air dengan bau, rasa dan warna dari sampel air tanah disekitaran masyarakat. Parameter kimia untuk melihat standar mutu pada nilai pH. Parameter ini untuk melihat asam basa air tanah di Perumahan Graha Mustamindo Permai 3 Desa Rimba Panjang.

Metode yang digunakan dalam menentukan potensi air tanah dan susunan lapisan batuan bawah permukaan tanah yaitu menggunakan metode geolistrik. Tujuan menggunakan metode geolistrik untuk menentukan distribusi resistivitas di bawah permukaan dengan pengukuran dari atas permukaan tanah [10].

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi schlumberger. Alat yang digunakan pada penelitian yaitu: resistivimeter, aki, kabel listrik, pH meter, 2 buah elektroda arus, 2 buah elektroda potensial, palu, meteran, GPS, kamera, dan buku catatan. Data yang diukur dilapangan terdapat 2 titik lintasan pengukuran, dengan panjang lintasan masing-masing 100 meter. Tahap dalam penelitian ini dapat dilihat dari pada Gambar 1.



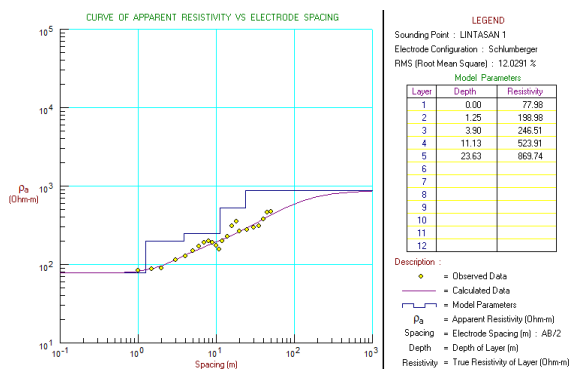
Gambar 1. Susunan Metode Penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan identifikasi potensi air tanah dan susunan litologi serta untuk mengetahui kualitas air tanah menggunakan pH meter.

### Interpretasi Data Resistivitas dan Litologi Lintasan 1

Hasil perhitungan dan pengolahan data dengan *software progress* untuk metode schlumberger diperoleh nilai RMS-error sebesar 12,0291% dengan kedalaman maksimal sampai 35 meter.

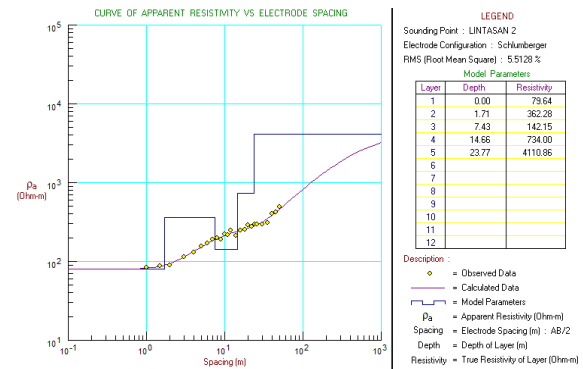


Gambar 2. Restivitas litologi lintasan 1.

Harga resistivitas lapisan tanah berkisar antara (77,98–869,74)  $\Omega$ . Lapisan pertama dilokasi pengukuran dengan nilai resistivitas 77,98  $\Omega$  diinterpretasikan sebagai lapisan tanah gambut. Lapisan kedua dengan nilai resistivitas 198,98  $\Omega$  diinterpretasikan sebagai lapisan pasir. Lapisan ketiga diinterpretasikan sebagai lapisan air tanah (Akuifer) dengan nilai resistivitas 246,51  $\Omega$ . Lapisan keempat dengan nilai resistivitas 523,91  $\Omega$  diinterpretasikan sebagai lapisan pasir. Lapisan kelima diinterpretasikan sebagai lapisan kerikil kering dengan nilai resistivitas 869,74  $\Omega$ .

### Interpretasi Data Resistivitas dan Litologi Lintasan 2

Hasil perhitungan dan pengolahan data dengan *software progress* untuk metode schlumberger diperoleh nilai RMS-error sebesar 5,5128% dengan kedalaman maksimal sampai 35 meter.



Gambar 3. Restivitas litologi lintasan 2.

Harga resistivitas lapisan tanah berkisar antara (79,64–4110,86)  $\Omega$ . Lapisan pertama dilokasi pengukuran dengan nilai resistivitas 79,64  $\Omega$  diinterpretasikan sebagai lapisan tanah gambut. Lapisan kedua dengan nilai resistivitas 362,28  $\Omega$  diinterpretasikan sebagai lapisan pasir. Lapisan ketiga diinterpretasikan sebagai lapisan air tanah (Akuifer) dengan nilai resistivitas 142,15  $\Omega$ . Lapisan keempat dengan nilai resistivitas 734,00  $\Omega$  diinterpretasikan sebagai lapisan pasir. Lapisan kelima diinterpretasikan sebagai lapisan kerikil kering dengan nilai resistivitas 4110,86  $\Omega$ .

## Analisa dan Interpretasi Nilai Resistivitas

Susunan bawah permukaan di lintasan 1 dan lintasan 2 yang terjadi dari lapisan pertama adalah lapisan tanah gambut, lapisan kedua adalah lapisan pasir, lapisan ketiga adalah lapisan air tanah (Akuifer), lapisan keempat adalah lapisan pasir, dan lapisan kelima adalah lapisan kerikil kering. Pada lintasan 1 dan 2 terlihat pada Gambar 4 bahwa pada lapisan ketiga diinterpretasikan sebagai lapisan yang mengandung akuifer yang berada pada kedalaman pada lintasan 1 yaitu (3,90–11,13) meter dan pada lintasan 2 berada pada kedalaman (7,43–14,66) meter. Dari ketebalan lapisan akuifer lintasan 1 dan 2 menunjukkan bahwa lapisan akuifer semakin membesar.

Resistivitas pada lapisan akuifer berbeda setiap lintasan, karna resistivitas suatu batuan sangat sensitif pada kadar airnya. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai pada resistivitas yaitu kandungan air (kandungan ioniknya), tekstur batuan, porositas permeabilitas, serta berpengaruh pada keadaan lapangan pada pengambilan data sounding yang berbeda. Semakin besar kandungan ioniknya didalam suatu batuan, maka semakin kecil nilai resistivitasnya, dan begitu sebaliknya.

## Analisa pH

Parameter pH air normalnya berkisar 6,5–8,5. Hasil uji sampel parameter pH ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 4.3** Hasil parameter pH.

Sampel	pH	Warna
Lintasan I	4,7	Sedikit Keruh
Lintasan II	4,3	Sedikit Keruh
Aqua	7,1	Bening dan Jernih
Air Gambut	5,0	Merah Kecoklatan

Pada sampel lintasan 1, lintasan 2, dan air gambut bersifat asa ( $\text{pH} < 6,5$ ). Hal ini dapat mengakibatkan karat pada permukaan bagian dalam dari pipa air sehingga dapat menyebabkan menjadi racun bagi makhluk hidup yang menggunakannya. Sampel air aqua

sebagai pembanding dengan nilai pH 7,1 bersifat netral sehingga bias dikatakan sebagai air bersih sehingga aman digunakan untuk kebutuhan makhluk hidup. Pada sampel air gambut bersifat asam karna memiliki kadar organik yang tinggi yang dapat mengakibatkan intensitas warna yang tinggi (bewarna merah kecoklatan).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran resistivitas di kawasan Perumahan Graha Mustamindo Permai 3 Desa Rimba Panjang, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau untuk lintasan 1 nilai resistivitas lapisan tanah berkisar antara 77,98  $\Omega\text{m}$  hingga 869,74  $\Omega\text{m}$  dengan kedalaman maksimal 35 m, dan untuk lintasan 2 nilai resistivitas lapisan tanah berkisar 79,64  $\Omega\text{m}$  hingga 4110,86  $\Omega\text{m}$  dengan kedalaman maksimal 35 m. Sedangkan untuk litologi lapisan yaitu tanah gambut, pasir, air tanah (Akuifer), pasir, dan kerikil kering. Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik serta diolah dengan *software progress 3.0* menunjukkan pada lapisan yang mengandung air tanah (Akuifer) dengan nilai resistivitas di lintasan 1 yaitu 246,51  $\Omega\text{m}$  dengan ketebalan 7,23 m pada kedalaman 3,90 m hingga 11,13 m dan lintasan 2, yaitu 142,15  $\Omega\text{m}$  dengan ketebalan 7,23 m pada kedalaman 7,43 m hingga 14,66 m dan kandungan air tanah yang diambil pada 2 titik sampel dirumah warga secara random bersifat asam yaitu dengan nilai rata-rata pH bernilai 5, hal ini dapat menyebabkan karat pada pipa air yang mengakibatkan air berbau sehingga air tidak layak dikonsumsi.

## REFERENSI

1. Hidayat, K. A. & Empung. (2016). Analisis curah hujan efektif dan curah hujan dengan berbagai periode ulang untuk wilayah Kota Tasikmalaya dan Kabupaten Garut. *Jurnal Siliwangi*, 2, 121–126.



2. Budiman, A., Delhasni, & Widjojo, S. (2013). Pendugaan potensi air tanah dengan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi Schlumberger. *Jurnal Ilmu Fisika*, **5**, 72–78.
3. Manelsa, A. A. & Syech, R. Analisis distribusi tingkat resapan air tanah di Kecamatan Bukit Raya Kota Pekanbaru. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **14**(1), 951–954.
4. Sudadi, P. 2003. *Penentuan Kualitas Air Tanah Melalui Analisis Unsur Kimia Terpilih*. Bandung: Sub direktorat Pendayagunaan Air Tanah DTLGP.
5. Putri, C. S. & Malik, U. Analisa kedalaman air panas menggunakan metode geolistrik konfigurasi schlumberger di objek wisata air panas Pawan. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(2), 87–91.
6. Supriyadi, Khumaedi, & Putro, P. S. A. (2017). Geophysical and hydrochemical approach for seawater intrusion in North Semarang, Central Java, Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, **12**, 134–140.
7. Syech, R., Agung, R., & Rajagukguk, A. pengaruh material penyusun bumi daerah rawan longsor di Sibiru-Biru Kabupaten Deli Serdang menggunakan metode resistivitas 2D konfigurasi Wenner Dan Schlumberger. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **12**(11), 739–744.
8. 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.
9. Yeza, F. & Sohibun. (2019). Aplikasi metode geolistrik Schlumberger untuk mengidentifikasi lapisan air tanah di Desa Ulak Patian Rokan Hulu Riau. *Jurnal Fisika Flux*, **16**, 54–60.
10. Fitrianto, N. T., Supriyadi, Taufiq, A. U., Mukromin, M. T., & Wardana, P. A. (2018). Identifikasi potensi air tanah menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Bapangsari Kecamatan Bagelan Kabupaten Purworejo. *Jurnal Fisika Flux*, **15**, 100–104.



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



## PENGARUH PENAMBAHAN LOGAM TRANSISI NIKEL TERHADAP SIFAT FISIS NANOROD ZnO

Sumarti, Iwantono\*, Awitdrus

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

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

### ABSTRACT

*Nickel-doped ZnO nanostructures have been successfully grown using seed mediated hydrothermal method. The growth of ZnO nanostructures has been done by concentration of the Ni-doped solution, is 8 mM with the growth temperature of 90°C in 7 hours. The grown ZnO nanostructures were characterized by using UV-Vis Spectroscopy, FESEM, and XRD. The UV-Vis spectra of the samples showed that the ZnO nanorod is hexagonal in shape with a strong absorption occurred in the wavelength range of 300-380 nm. The FESEM images showed that geometrical shape of Ni-doped ZnO nanostructures are nanorod with a hexagonal and nanoflower faced shapes. XRD patterns observed show five diffraction peaks at  $2\theta$ : 32,09°; 34,76°; 36,65°; 47,95° and 56,97° for Ni doped ZnO nanostructures with crystal orientation of (100), (002), (101), (102) and (110) respectively. The strongest line was found in the crystal plane of (101).*

**Keywords:** Nanostruktur ZnO, Nickel doped, Seed mediated hydrothermal

### ABSTRAK

*Nanostruktur ZnO yang di-doping nikel telah berhasil ditumbuhkan menggunakan metode seed mediated hydrothermal. Penumbuhan nanostruktur ZnO di atas FTO dilakukan dengan konsentrasi larutan pen-doping Ni, yaitu 8 mM dengan suhu penumbuhan 90°C dalam waktu 7 jam. Sampel hasil sintesis, selanjutnya dikarakterisasi menggunakan Spektroskopi UV-Vis, FESEM dan XRD. Spektrum UV-Vis sampel menunjukkan bahwa nanorod ZnO berbentuk heksagonal dengan puncak absorpsi kuat terjadi pada rentang panjang gelombang 300-380 nm. Foto FESEM memperlihatkan bentuk geometris dari nanomaterial ZnO yang di-doping Ni adalah nanorod dengan penampang heksagonal dan berbentuk nanoflower. Pola difraksi dari hasil karakterisasi XRD memperlihatkan lima puncak difraksi pada sudut  $2\theta$ : 32,09°; 34,76°; 36,65°; 47,95° dan 56,97° dengan orientasi bidang kristal (100), (002), (101), (102) dan (110). Intensitas puncak tertinggi (the strongest line) terdapat pada bidang kristal (101).*

**Kata kunci:** Nanostruktur ZnO, Doping nikel, Seed mediated hydrothermal

Diterima 04-07-2020 | Disetujui 15-11-2020 | Dipublikasi 30-11-2020

### PENDAHULUAN

Matahari merupakan sumber energi terbesar yang memiliki banyak manfaat. Cahaya matahari dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif bahan bakar fosil, sehingga penggunaan bahan bakar fosil di bumi semakin berkurang. Sel surya memiliki prinsip kerja seperti fotovoltaiik yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik [1]. DSSC adalah perkembangan sel surya generasi ketiga, yang merupakan

pengembangan dari sel surya elektrokimia yang memiliki susunan seperti *sandwich* yang terdiri dari substrat, fotoanoda, *dye* sensitisasi, elektrolit dan elektroda lawan, dengan nilai efisiensi terungginya saat ini 13% dengan material aktif  $\text{TiO}_2$  [2].

ZnO dapat disintesis dengan metode sederhana seperti metode *seed mediated hydrothermal* [3]. Nanostruktur ZnO pada DSSC berperan sebagai elektroda kerja yang merupakan semikonduktor tipe-n baik dalam keadaan murni maupun setelah diberikan pen-

*doping*. ZnO termasuk semikonduktor golongan II-VI yang memiliki sifat transparansi yang baik, mobilitas elektron tinggi, dan merupakan konduktivitas elektronik suatu material yang menggambarkan celah pita energi gap 3,37 eV [4].

Pengembangan teknik penyisipan atom asing (*doping*) ke dalam nanostruktur ZnO pada proses penumbuhan bertujuan untuk meningkatkan sifat fisik, optik dan elektron dari nanostruktur ZnO. Nikel (Ni) digunakan sebagai *doping* yang bertujuan mampu meningkatkan konduktivitas elektrik dari ZnO. Ni memiliki sifat optik dan listik yang cukup baik dikarenakan reaktivitas oksigen yang rendah. Emas (Au) juga menarik untuk ditambahkan dalam pelapisan katalis platinum, karena memiliki sifat magnetik, elektronik serta optik yang baik. Piranti DSSC dengan lapisan katalisnya diberi nanopartikel Au mampu meningkatkan absorpsi foton. Adanya peningkatan absorpsi dikarenakan adanya osilasi kolektif elektron yang disebabkan oleh medan elektromagnetik cahaya yang beresilasi [5].

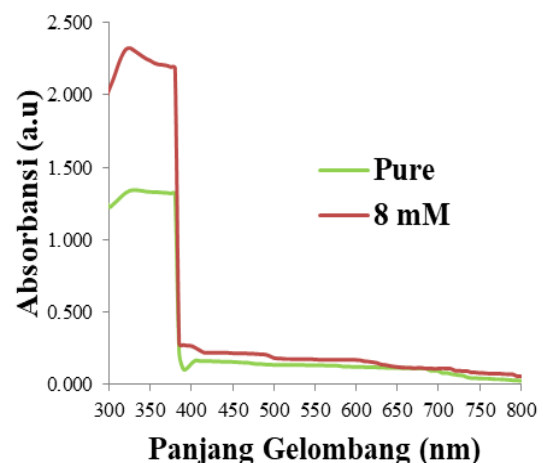
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahapan yaitu sintesis *nanorod* ZnO yang di-*doping* Ni dan karakterisasi sampel. Sintesis *nanorod* ZnO dilakukan melalui dua langkah, yaitu proses pembedahan dan proses penumbuhan *nanorod* ZnO. Sedangkan karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan metode spektroskopi UV-Vis, FESEM dan XRD. Larutan pembedah 0,01 M *Zinc Acetate Dehydrate* (ZAD), dengan mencampurkan 0,0329 gram ZAD ke dalam 15 mL *absolute ethanol*. Selanjutnya pembedahan pada permukaan substrat dilakukan menggunakan *spin coater* dengan meneteskan larutan pembedah sebanyak 50  $\mu$ L diatas *spin coater* dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 detik dan 3000 rpm selama 50 detik. Selanjutnya sampel dipanaskan di atas *hot plate* dengan suhu 100 °C selama 15 menit, kemudian sampel diangkat setelah suhu turun menjadi 60

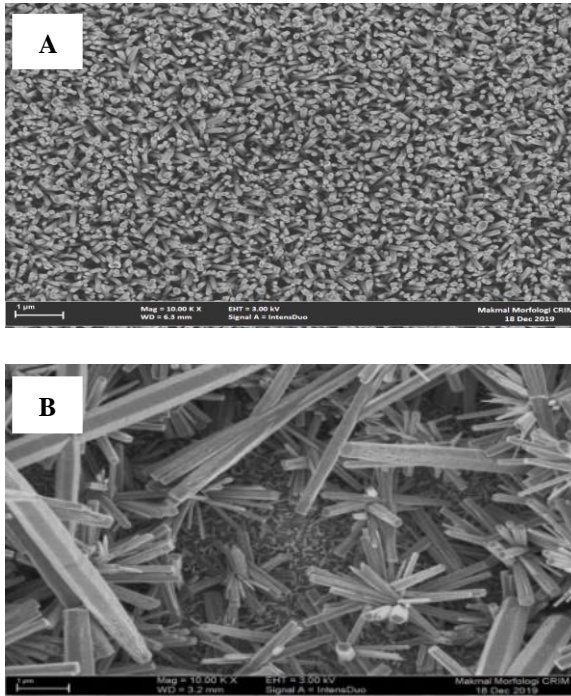
°C. Proses diulang sebanyak tiga kali. Sampel di-*annealing* dengan suhu 275°C selama 1 jam [6]. Proses penumbuhan nanomaterial ZnO diawali dengan membuat larutan penumbuh dengan mencampurkan 0,02 M *Zinc Nitrate Hexahydrate* (ZNH) dan 0,02 M *Hexamethylene Tetramine* (HMT) dalam 20 mL *DI water*. Proses pen-*doping*-an dilakukan bersamaan dengan penumbuhan nanomaterial ZnO, larutan pen-*doping* adalah *Nickel (II) Nitrate* (Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) dengan konsentrasi nikel 8 mM. Substrat yang telah dibenihkan kemudian dimasukkan ke dalam campuran larutan penumbuh dan larutan pen-*doping*, kemudian dimasukkan ke dalam oven selama 7 jam pada suhu 90°C. Sampel dibilas menggunakan *DI Water* dan dikeringkan. Langkah terakhir, sampel di-*annealing* dengan suhu 250°C selama 30 menit [7].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrum absorpsi UV-Vis dari sampel nanomaterial ZnO dan Ni:ZnO terlihat pada Gambar 1. Terlihat bahwa absorpsi kuat terjadi pada rentang panjang gelombang 300-380 nm dan absorpsi lemah terjadi pada rentang panjang gelombang 380-800 nm untuk semua sampel. Hasil ini sesuai dengan karakteristik spektrum absorpsi UV-Vis untuk *nanorod* ZnO dengan struktur heksagonal yang menunjukkan absorpsi berada pada rentang panjang gelombang 200-400 nm [8].



**Gambar 1.** Kurva spektrum absorpsi UV-Vis *nanorod* ZnO di-*doping* nikel.

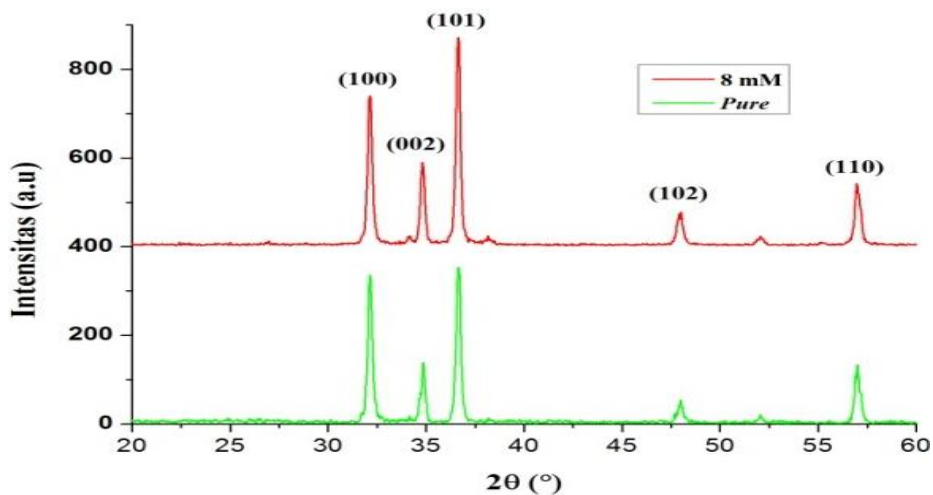


**Gambar 2.** Foto FESEM *nanorod* ZnO yang di-*doping* Ni dengan perbesaran 10000x (a) *pure* dan (b) 8 mM.

Hasil pemindaian FESEM dari penumbuhan sampel ditampilkan pada Gambar 2. Foto FESEM tersebut memperlihatkan bentuk geometri nanostruktur ZnO berupa *nanorod*. *Nanorod* ZnO memiliki bentuk

penampang segienam (heksagonal). Pemberian *doping* nikel membentuk gabungan *nanorod* sehingga menyerupai *nanoflower*. Semakin besar konsentrasi Ni, penampang nanostruktur ZnO yang tumbuh tidak sempurna dan tidak merata di atas FTO, dikarenakan tingginya konsentrasi larutan penumbuh membuat *nanorod* ZnO yang terbentuk lebih tebal, ion  $Zn^{2+}$  lebih cepat berdifusi ketika konsentrasi larutan penumbuh meningkat [9].

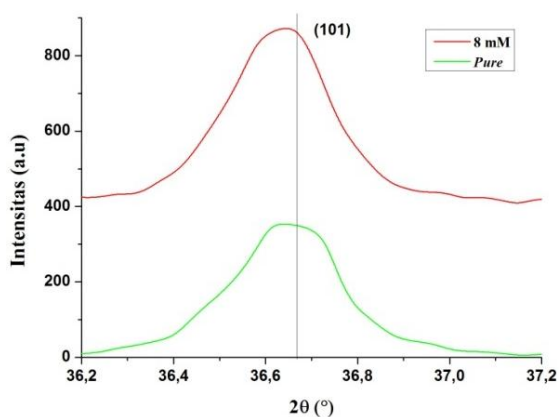
Pola XRD dari sampel yang telah ditumbuhi oleh *nanorod* ZnO *doping* nikel diperlihatkan pada Gambar 3, yang menghasilkan lima puncak difraksi terjadi pada sudut  $2\theta = 32,09^\circ; 34,76^\circ; 36,65^\circ; 47,95^\circ$  dan  $56,97^\circ$  dengan orientasi bidang kristal yaitu (100), (002), (101), (102), dan (110). Puncak difraksi dan kisi yang dihasilkan menunjukkan bahwa material ZnO di-*doping* Ni merupakan jenis wurtzite heksagonal. Berdasarkan pola-pola difraksi tersebut, tampak bahwa hampir semua puncak difraksi sebagai karakteristik ZnO muncul, sehingga sampel ZnO merupakan polikristalin [10] Pola yang dihasilkan menunjukkan bahwa posisi puncak tertinggi (*strongest line*) yaitu (101).



**Gambar 3.** Pola XRD *nanorod* ZnO di-*doping* nikel.

Gambar 4 membandingkan puncak intensitas tertinggi (*strongest line*) dari setiap sampel yang merupakan representasi bidang orientasi (101) pada sudut  $2\theta = 36,65^\circ$ , dengan bertambahnya konsentrasi pen-*doping* Ni puncak difraksi maksimum (*strongest line*)

mengalami sedikit pergeseran ke kiri ke arah sudut yang lebih kecil. Pergeseran puncak ini terjadi akibat arah orientasi difraksi yang bergeser karena susunan atom pada sampel yang berubah dikarenakan pen-*doping*-an unsur nikel.



**Gambar 4.** Pola XRD *nanorod* ZnO pada bidang orientasi (101).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dianalisa, dapat disimpulkan bahwa nanomaterial Ni:ZnO telah berhasil ditumbuhkan diatas FTO dengan konsentrasi Ni 8 mM menggunakan metode *seed mediated hydrothermal* pada suhu 90 °C selama 7 jam. Pen-*doping*-an ini memberikan efek positif pada penumbuhan nanomaterial ZnO yang terlihat dari sifat optik dan morfologi sampelnya. Hasil spektrum absorpsi UV-Vis menunjukkan sampel Ni:ZnO 8 mM merupakan sampel dengan hasil yang baik, sedangkan hasil morfologinya juga menunjukkan bahwa Ni:ZnO 8 mM adalah sampel baik juga.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kemenristekdikti melalui DPRM yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Kompetensi Tahun 2019 dengan kontrak nomor: 734/UN.19.5.1.3/PT.01.03/2019.

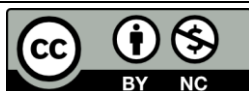
## REFERENSI

1. Kumara, W. S. M. & Prajitno, G. (2012). *Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (Amaranthus Hybridus L.) sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya*

*pada DSSC*. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

2. Yella, A. H. –W., Lee, H. N., Tsao, C., Yi, A. K., Chandiran, Md. K., Nazeeruddin, E. W. –G., Diau, C. –Y., Yeh, S. M., & Zakeerudin, M. (2011). Porphyrin-Sensitized Solar Cells with Cobalt (II/III)-Based Redox Electrolyte Exceed 12 Percent Efficiency. *Science*, **334**, 629–634.
3. Windayani, Iwantono, Awitdrus & Zulkarnain. (2019). Efek Penambahan Atom Tembaga (Cu) dan Perak (Ag) pada Material Aktif Nanomaterial ZnO Sel Surya Fotoelektrokimia. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **16**(1), 20–24.
4. Iwantono, Damayanti, N., Anggelina, F., Naumar, F. Y., & Umar, A. A. (2015). Efek Co-Doping Al-Ga pada Nanorod ZnO Terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cells (DSSC). *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, **02**, 8–16.
5. Guo, K. M., Li, X., Fang, X., Liu, B., Sebo, Y., Zhu, Z., & Hu, X. (2013). Preparation and Enhanced Properties of Dye Sensitized Solar Cells by Surface Plasmon Resonance of Ag Nanoparticles in Nanocomposite Photoanode. *Journal of Power Sources*, **230**, 155–160.
6. Ridha, N. J., Jumali, M. H. H., Umar, A. A., & Alosfur, F. (2013). Defects-Controlled ZnO Nanorod With High Aspect Ratio for Ethanol Detection. *Int. J. Electrochem. Sci.*, **8**, 4583–4593.
7. Iwantono, Oktorina, E., Taer, E., & Taslim, R. 2014. Karakterisasi Penumbuhan Nanopartikel Zinc Oxide di Atas Substrat Padat dengan Metode Hidrotermal. *Prosiding Semirata FMIPA Institut Pertanian Bogor*, 510–517.
8. Irannejad, A., Janghorban, K., Tan, O. K., Huang, H., Lim, C. K., Tan, P. Y., Fang, X., Chua, C. S., Maleksaeedi, S., Hajezi, S. M. H., Shahjamali, M. M., & Ghaffari, M. (2011). Effect of The TiO<sub>2</sub> Shell Thickness on The Dye Sensitized Solar

- Cells with ZnO-TiO<sub>2</sub> Core Shell Nanorod Electrodes. *Internasional Journal of Electrochemical Science*, **10**, 1–6.
9. Ko, H. Y., Sub Kim, M., & Su Yu, T. (2012). Controllable Electrochemical Synthesis of ZnO Nanorod Array On Flexible ITO/PET Substrate and Their Structural and Properties. *Journal Applied Surface Science*.
10. Maddu, A., Basuki C. A., Irmansyah & Pramudito, S. (2006). Struktur dan Sifat Optik Film ZnO Hasil Deposisi dengan Teknik Spin-Coating Melalui Proses Sol-Gel. *Indonesian Journal of Materials Science*, **7**, 80–95.



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

## OPTIMALISASI PENGGUNAAN E-MODUL DAN *PHET SIMULATION* SEBAGAI VIRTUAL LAB DI MASA PANDEMI COVID-19

Vepy Asyana<sup>1,\*</sup>, Arini<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

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

### ABSTRACT

*This study examines the use of e-modules and phet simulations as virtual labs in basic physics. The purpose of this research is to optimize the available virtual labs. To facilitate the implementation of practicum, this study uses e-module as a companion material used by users. The research was conducted in two stages, the first is conducting direct trials using phet simulations and e-modules through google classroom. And the second stage is primary data collection through a questionnaire instrument given to respondents via google form. The questionnaire instrument was then analyzed by testing the validity, reliability and usability. From the validity and reliability test results obtained 9 question items that have valid and reliable criteria of 0.936 with very high criteria. The usability results show the percentage of respondents to the questions given through the questionnaire dominated by agreeing and strongly agreeing to the four usability factors. This shows that the use of e-module and phet simulation as virtual lab fulfills the usability element.*

**Keywords:** E-module, Phet simulations, Virtual lab

### ABSTRAK

*Penelitian ini mengkaji penggunaan e-modul dan phet simulasi sebagai virtual lab pada matakuliah praktikum fisika dasar 1. Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan virtual lab yang tersedia. Untuk memudahkan dalam pelaksanaan praktikum, didalam penelitian ini menggunakan e-modul sebagai bahan pendamping yang digunakan oleh pengguna. Penelitian dilakukan dengan dua tahap, tahap pertama adalah Tahap pertama yaitu melakukan uji coba secara lansung penggunaan phet simulasi dan e-modul melalui google classroom. Dan tahap kedua yaitu pengumpulan data primer melalui intrumen kuisisioner yang diberikan kepada responden melalui google form. Intrumen kuisisioner ini kemudian dianalisis dengan melakukan uji validitas, reliabilitas, dan usability. Dari hasil uji validitas dan reliabilitas diperoleh 9 item pertanyaan yang memiliki kriteria valid dan reliable sebesar 0,936 dengan kriteria sangat tinggi. Adapun hasil usability menunjukkan persentase responden terhadap pertanyaan yang diberikan melalui kuisisioner didominasi oleh pernyataan setuju dan sangat setuju untuk ke empat factor usability. Hal ini menunjukkan penggunaan e-modul dan phet simulasi sebagai virtual lab memenuhi unsur usability.*

**Kata kunci:** E-modul, Phet simulasi, Virtual lab

Diterima 16-11-2020 | Disetujui 20-11-2020 | Dipublikasi 30-11-2020

### PENDAHULUAN

Pandemi COVID-19 telah memberikan dampak yang sangat signifikan pada setiap sector, baik itu sector ekonomi, social, dan Pendidikan [1]. Untuk mempercepat penanggulangan wabah tersebut pemerintah mengambil kebijakan dengan melakukan

pembatasan sosial skala besar melalui Peraturan Pemerintah No. 2 Tahun 2020. Menindaklanjuti peraturan tersebut, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan menerbitkan surat edaran No. 4 Tahun 2020 tentang pelaksanaan pendidikan di masa pandemi COVID-19. Salah satu poin penting dalam surat edaran tersebut adalah pelaksanaan



pembelajaran jarak jauh atau belajar dari rumah [2].

Menindaklanjuti surat edaran tersebut, hampir sebagian besar perguruan tinggi menerapkan pembelajaran secara daring baik itu dilakukan secara *asynchronous* maupun *synchronous* [3]. Perkuliahan secara daring memiliki tantangan tersendiri bagi dosen maupun mahasiswa. Beberapa kendala dalam pelaksanaan perkuliahan secara daring diantaranya jaringan internet yang kurang memadai pada daerah-daerah yang terpencil sehingga dibutuhkan antena pemancar sinyal yang lebih efisien. Selain itu, dosen harus menyesuaikan metode belajar secara daring, dan beberapa matakuliah yang belum dapat terlaksana secara optimal jika dilakukan secara daring [4-6]. Salah satu matakuliah yang belum optimal dalam perkuliahan daring adalah matakuliah praktikum. Upaya untuk menyelesaikan masalah tersebut adalah dengan menerapkan penggunaan virtual lab sebagai sarana pembelajaran praktikum secara daring. Namun tidak semua kampus sudah memiliki system virtual lab yang terintegrasi. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan upaya penggunaan virtual lab yang tersedia. Salah satu virtual lab yang dapat digunakan adalah *physics education technology* (Phet) merupakan salah satu virtual lab dari universitas Colorado yang menyajikan materi fisika secara komprehensif dan open source. Simulasi di dalam Phet ini dirancang secara interaktif sehingga dalam pelaksanaan praktikum dapat dilakukan langsung oleh mahasiswa secara virtual [7].

Penelitian ini mengkaji penggunaan phet simulasi sebagai virtual lab dalam pelaksanaan praktikum fisika dasar 1 dimasa pandemi. Penelitian ini menggunakan phet simulasi dan di dampingi dengan e-modul praktikum yang bertujuan untuk memudahkan mahasiswa dalam melakukan tahapan-tahapan percobaan secara virtual. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan solusi alternatif bagi laboratorium universitas yang belum memiliki virtual lab untuk mengoptimalkan penggunaan virtual lab yang

tersedia. Manfaat dari penelitian ini diantaranya: (1) praktikum di masa pandemic dalam terlaksana dengan optimal, (2) mahasiswa dapat melaksanakan praktikum langsung secara virtual, dan (3) dapat digunakan sebagai metode pelaksanaan praktikum secara daring.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama yaitu melakukan uji coba secara langsung penggunaan phet simulasi dan e-modul melalui google classroom. Dan tahap kedua yaitu pengumpulan data primer melalui instrumen kuisisioner kepada responden melalui google form. Instrumen kuisisioner ini kemudian dianalisis dengan melakukan uji validitas, reliabilitas, dan usability.

### Uji Validitas

Uji validitas merupakan tahapan untuk mengukur ketepatan atau kelayakan instrument kuisisioner yang digunakan. Uji validitas yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan teknik korelasi product moment Pearson. Rumus korelasi product moment Pearson ditunjukkan pada persamaan (1).

$$r_{xy} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2)(n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2)}} \quad (1)$$

dimana  $r_{xy}$  merupakan koefisien korelasi,  $n$  adalah jumlah responden, serta  $x_i$  dan  $y_i$  masing-masing merupakan skor setiap item pada instrumen dan kriteria.

Nilai  $r_{xy}$  menunjukkan koefisien validitas. Penentuan validitas item kuisisioner yang diberikan dilihat dari nilai  $r_{xy}$ , dimana jika  $r_{xy}$  lebih besar dari r-tabel (koefisien korelasi referensi) maka item kuisisioner tersebut dinyatakan valid [8].

### Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas merupakan tahapan untuk mengukur konsistensi item kuisisioner terhadap item kuisisioner lainnya. Dalam penelitian ini uji reliabilitas menggunakan metode Alfa



Cronbach. Rumusan teknik Alfa Cronbach ditunjukkan pada persamaan (2).

$$r_{ca} = \frac{k}{(k-1)} \left\{ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right\} \quad (2)$$

dimana  $r_{ca}$  merupakan koefisien reliabilitas alfa cronbach,  $k$  adalah jumlah item soal,  $\sum s_i^2$  jumlah varians skor tiap item, dan  $s_t^2$  adalah varians total.

Nilai  $r_{ca}$  menunjukkan koefisien reliabilitas. Penentuan reliabilitas item kuisisioner yang diberikan dilihat dari nilai  $r_{ca}$ , dimana jika  $r_{ca}$  lebih besar dari r-tabel (koefisien korelasi referensi) maka item kuisisioner tersebut dinyatakan reliable. Sedangkan jika nilai  $0.8 < r_{ca} \leq 1$  maka item kuisisioner tersebut termasuk reliable dengan kategori sangat tinggi [9].

### Uji Usability

Uji usability merupakan tahapan untuk mengukur kualitas penggunaan phet simulasi sebagai virtual lab. Menurut ISO 9241:11 (1998), suatu produk atau layanan dapat memenuhi tingkat usability jika memenuhi

kriteria *usefulness*, *ease of use*, *ease of learning*, dan *satisfaction* [10].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara memberikan kuisisioner melalui google form. Adapun pertanyaan kuisisioner disusun berdasarkan kriteria yang terdapat pada uji Usability seperti pada tabel 1. Sebelum dilakukan sebelum dilakukan uji usability, kuisisioner tersebut dilakukan uji validitas dan uji reliable yang bertujuan untuk mengukur tingkat valid dan reliable instrument yang digunakan.

### Uji Validitas dan Reliabilitas

Dalam penelitian ini dilakukan uji validitas dan reliabilitas dengan jumlah responden sebanyak 10 orang, maka r-tabel (koefisien referensi validitas) yang digunakan adalah 0,707 dengan level signifikan sebesar 5%. Suatu item kuisisioner dikatakan valid jika  $r_{xy}$  lebih besar dari r-tabel.

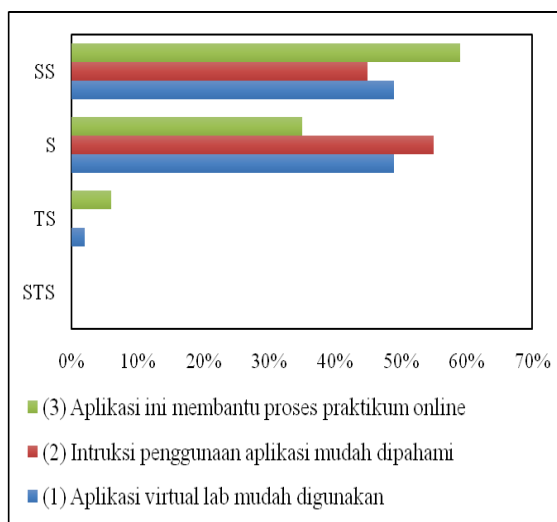
**Tabel 1.** Instrumen kuisisioner.

Faktor	No	Pertanyaan	Penilaian*			
			STS (1)	TS (2)	S (3)	SS (4)
Usefulness	1	Aplikasi google classroom dan virtual lab mudah digunakan	-	-	-	-
	2	Intruksi penggunaan aplikasi mudah dipahami	-	-	-	-
	3	Aplikasi ini membantu proses pembelajaran praktikum online	-	-	-	-
Ease of use	4	Aplikasi ini mudah digunakan	-	-	-	-
	5	Aplikasi ini sederhana digunakan	-	-	-	-
	6	Aplikasi ini user friendly	-	-	-	-
Ease of learning	7	Aplikasi ini memudahkan memahami materi praktikum online	-	-	-	-
	8	Penggunaan aplikasi ini dapat dipelajari dengan cepat	-	-	-	-
	9	Aturan penyajian materi dalam aplikasi ini tidak membuat saya kebingungan	-	-	-	-
Satisfaction	10	Penggunaan aplikasi ini sangat membenatu memahami materi	-	-	-	-
	11	Aplikasi ini menyenangkan untuk digunakan	-	-	-	-
	12	Aplikasi ini nyaman digunakan	-	-	-	-

\* Keterangan: STS (sangat tidak setuju), TS (tidak setuju), S (setuju), SS (sangat setuju).Kuisisioner ini menggunakan skala likert dengan skor 1 sampai dengan 4. Dengan angka 1 untuk skor terendah dan angka 4 untuk skor tertinggi.

Dari hasil penelitian diperoleh 3 pertanyaan yang tidak valid yaitu pertanyaan nomor 6 dengan nilai  $r_{xy} = 0,233$ , pertanyaan nomor 7 dengan nilai  $r_{xy} = 0,571$ , dan pertanyaan nomor 12 dengan nilai  $r_{xy} = 0,644$ . Sedangkan untuk pertanyaan lainnya memiliki kriteria valid. Dengan demikian ketiga pertanyaan tersebut tidak digunakan sebagai item dalam instrumen kuisioner untuk uji usability. Sedangkan hasil dari uji reliabilitas menunjukkan seluruh item pertanyaan yang diberikan memiliki nilai reliable sebesar 0,936 dengan kriteria sangat tinggi. Dari hasil uji validitas dan reliable maka diperoleh 9 pertanyaan yang memiliki kriteria valid dan reliable yang akan digunakan untuk uji usability.

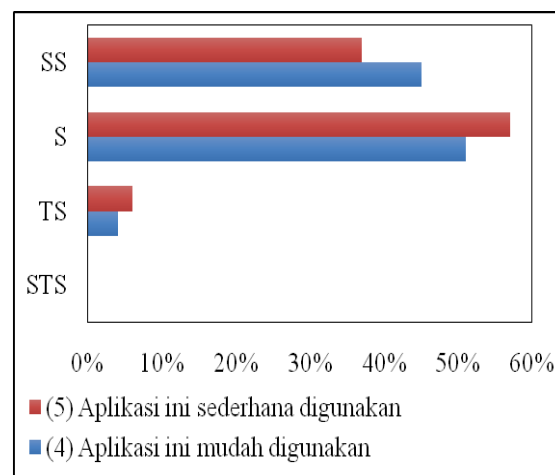
### Uji Usability



**Gambar 1.** Faktor *usefulness*.

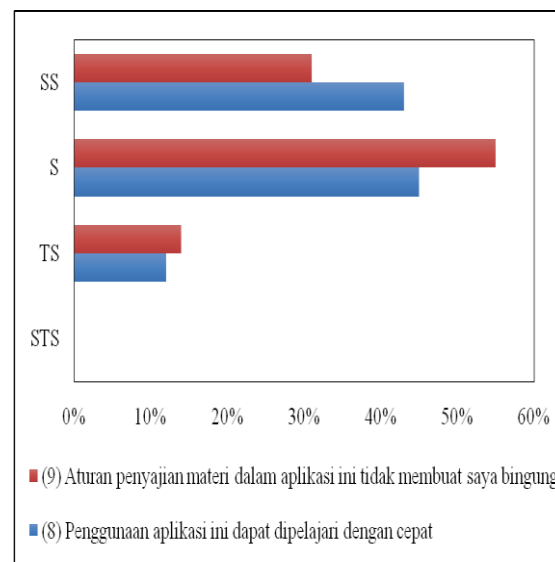
Pengumpulan data primer uji usability diperoleh dari responden yang berjumlah sebanyak 54 orang. Gambar 1 mendeskripsikan persentase responden terhadap 3 pertanyaan yang diberikan melalui kuisioner menunjukkan yang menyatakan setuju dengan rata-rata persentase 46,3% dan sangat setuju dengan rata-rata persentase 51%. Dari hasil kuisioner ini dapat dilihat bahwa pengguna setuju dan sangat setuju penggunaan phet simulasi sebagai virtual lab pada matakuliah fisika dasar [11]. Dengan demikian

penggunaan phet simulasi memiliki kegunaan yang baik dan dapat direkomendasikan sebagai virtual lab pada praktikum fisika dasar.



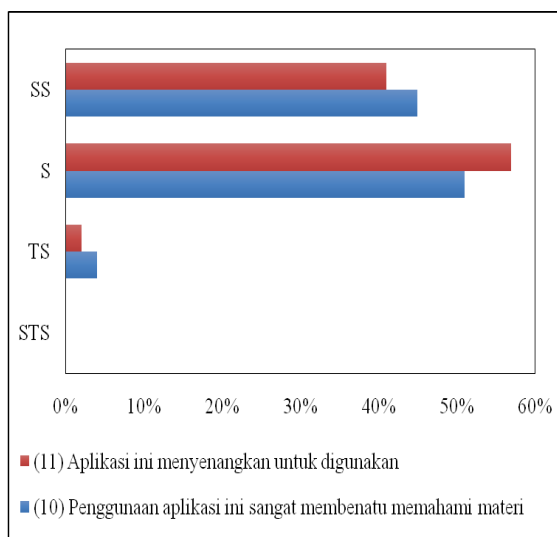
**Gambar 2.** Faktor *ease of use*.

Gambar 2 mendeskripsikan persentase responden terhadap 2 pertanyaan yang diberikan melalui kuisioner menunjukkan yang menyatakan setuju dengan rata-rata persentase 54% dan sangat setuju dengan rata-rata persentase 41%. Dari hasil kuisioner ini dapat dilihat bahwa pengguna setuju dan sangat setuju penggunaan phet simulasi mudah digunakan sebagai virtual lab. Dengan demikian penggunaan phet simulasi memiliki kemudahan yang baik sehingga pengguna dapat menyelesaikan tahapan praktikum saat pertama kali menggunakannya.



**Gambar 3.** Faktor *ease of learning*.

Gambar 3 mendeskripsikan persentase responden terhadap 2 pertanyaan yang diberikan melalui kuisisioner menunjukkan yang menyatakan setuju dengan rata-rata persentase 50% dan sangat setuju dengan rata-rata persentase 37%. Dari hasil kuisisioner ini dapat dilihat bahwa pengguna setuju dan sangat setuju bahwa aplikasi ini mudah dipelajari. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa mahasiswa tidak mengalami kesulitan dalam menggunakan aplikasi phet simulasi sebagai media pembelajaran praktikum online.



**Gambar 4.** Faktor *satisfaction*.

Gambar 4 mendeskripsikan persentase responden terhadap 2 pertanyaan yang diberikan melalui kuisisioner menunjukkan yang menyatakan setuju dengan rata-rata persentase 57% dan sangat setuju dengan rata-rata persentase 43%. Dari hasil kuisisioner ini dapat dilihat bahwa pengguna setuju dan sangat setuju bahwa penggunaan aplikasi ini memuaskan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini memiliki kepuasan yang baik dari responden, artinya aplikasi ini sangat membantu dan nyaman digunakan dalam proses pembelajaran praktikum online.

## KESIMPULAN

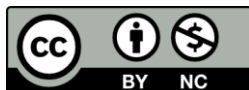
Hasil uji validitas dan reliabilitas diperoleh 9 item pertanyaan kuisisioner yang memiliki

kriteria valid dan reliable sebesar 0,936 dengan kriteria sangat tinggi. Sedangkan hasil usability menunjukkan persentase responden terhadap pertanyaan yang diberikan melalui kuisisioner didominasi oleh pernyataan setuju dan sangat setuju untuk ke empat factor usability. Hal ini menunjukkan penggunaan e-modul dan phet simulasi sebagai virtual lab memenuhi unsur usability. Dengan demikian penggunaan e-modul dan phet simulasi sebagai virtual lab sangat direkomendasikan sebagai media pembelajaran praktikum online.

## REFERENSI

1. Livana, P. H., Suwoso, R. H., Febrianto, T., Kushindarto, D., & Aziz, F. (2020). Dampak pandemi Covid-19 bagi perekonomian masyarakat desa. *Indonesian Journal of Nursing and Health Sciences*, *1*(1), 37–48.
2. RI, B. K. D., Lt, G. N. I. & Subroto, J. J. G. (2020). Implikasi hukum pembatasan sosial berskala besar terkait pencegahan Covid-19.
3. Fahmi, M. H. (2020). Komunikasi synchronous dan asynchronous dalam e-learning pada masa pandemic Covid-19. *Jurnal Nomosleca*, *6*(2). 146–158.
4. 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.
5. Asmuni, A. (2020). Problematika pembelajaran daring di masa pandemi Covid-19 dan solusi pemecahannya. *Jurnal Paedagogy*, *7*(4), 281–288.
6. Lutfi, O., & Zulkarnain, Z. Investigasi pengaruh penambahan tugas terhadap hasil belajar siswa: Temuan di SMP Negeri 1 Lewa Kelas VII. *Komunikasi Fisika Indonesia*, *17*(2), 55–61.
7. Saregar, A. (2016). Pembelajaran Pengantar Fisika Kuantum Dengan Memanfaatkan Media Phet Simulation

- dan LKM Melalui Pendekatan Saintifik .  
*Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, **5**(1), 53–60.
8. Fraenkel, J. N. (2012). *How to design and evaluate research in education eighth edition*. New York: Mc Graw Hill.
  9. Adamson, K. A. & Prion, S. (2013). Reliability: measuring internal consistency using Cronbach's  $\alpha$ . *Clinical simulation in Nursing*, **9**(5), e179–e180.
  10. Rahadi, D. R. (2014). Pengukuran usability sistem menggunakan use questionnaire pada aplikasi android. *JSI: Jurnal Sistem Informasi (E-Journal)*, **6**(1).
  11. Asnawi, N. (2018). Pengukuran usability aplikasi google classroom sebagai e-learning menggunakan USE Questionnaire (Studi Kasus: Prodi Sistem Informasi UNIPMA). *RESEARCH: Computer, Information System & Technology Management*, **1**(1), 17–21.



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

## ANALISIS KUALITAS DATA KELUARAN HARIAN ELEKTRON AKSELERATOR LINIER

Heru Santoso\*, Muhammad Hamdi, Saktioto

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

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

### ABSTRACT

*Linac radiotherapy measurement often experience instability. One of the irradiation errors with Linac can occur because the radiation beam that comes out is not expected properly. Determination of the correction factor and linearity is important to analyze the charge output of the electron energy emitted by Linac's modality to see the stability of the emitted charge. This study uses Electron Linear Accelerator Electron beam daily output data with a 10 cm × 10 cm applicator, 100 cm SSD, 0.125 cc cylindrical ionization detector PTW type 31010 Semiflek and uses a slab solid phantom with energy variations of 6 MeV, 8 MeV, 10 MeV, 12 MeV and 15 MeV. The measurement results are calculated using the IAEA TRS 398 protocol. The result of linearity correction factor of 96.87% which shows the stability value of the electron beam load output is very good, and the results of the correction factor show the enumeration values of each energy 6 MeV, 8 MeV, 10 MeV, 12 MeV and 15 MeV namely 0.030342129 nC, 0.03034 nC, 0.03034 nC, 0.03034 nC and 0.03034 nC values respectively still within the tolerance range of measurement ± 1. The correction factor that has been obtained is used as a parameter in calculating the absorbance dose to the maximum depth.*

**Keywords:** Linac, Electron, Correction factor, TRS 398

### ABSTRAK

*Pengukuran radioterapi Linac sering mengalami ketidakstabilan. Salah satu kesalahan penyinaran dengan Linac terjadi karena berkas radiasi yang keluar mengalami gangguan. Penentuan faktor koreksi dan linieritas penting dilakukan untuk menganalisis keluaran muatan dari energi elektron yang dipancarkan oleh modalitas Linac untuk melihat kestabilan dari muatan yang dipancarkan. Penelitian ini menggunakan data keluaran harian berkas elektron Linier Accelerator Elekta dengan aplikator 10 cm × 10 cm, SSD 100 cm, detektor ionisasi silindris 0,125 cc tipe Semiflek PTW 31010 dan menggunakan slab solid phantom dengan variasi energi 6 MeV, 8 MeV, 10 MeV, 12 MeV dan 15 MeV. Hasil pengukuran dihitung dengan menggunakan protokol TRS 398 IAEA. Hasil linieritas faktor koreksi sebesar 96,87% yang menunjukkan nilai kestabilan keluaran muatan berkas electron yang sangat baik, dan hasil faktor koreksi menunjukkan nilai pencacahan dari setiap energi 6 MeV, 8 MeV, 10 MeV, 12 MeV dan 15 MeV yaitu 0,030342129 nC, 0,03034 nC, 0,03034 nC, 0,03034 nC dan 0,03034 nC nilai masih berada dalam rentang toleransi pengukuran ±1. Faktor koreksi yang telah diperoleh digunakan sebagai parameter dalam perhitungan dosis serap pada kedalaman maksimum.*

**Kata kunci:** Linac, Elektron, Faktor koreksi, TRS 398

*Diterima 17-07-2020 | Disetujui 18-11-2020 | Dipublikasi 30-11-2020*

### PENDAHULUAN

Radiasi pengion banyak digunakan dalam radioterapi untuk pengobatan kanker dengan meradiasi sel kanker dan meminimalisir sel sehat dari efek radiasi dengan memberikan dosis radiasi yang tepat (akurasi ataupun

presisi) [1]. Salah satu modalitas yang digunakan dalam radioterapi adalah *Linear Accelerator* (Linac). Alat ini digunakan untuk menyinari sel kanker yang berada di dalam maupun permukaan tubuh. Linac dapat menghasilkan berkas penyinaran salah satunya berkas elektron. Berkas elektron

biasanya digunakan untuk menyinari kasus kanker di permukaan atau kanker kulit [2].

Pesawat Linac sering mengalami ketidakstabilan keluaran karena Linac terbuat dari rangkaian alat elektronik [3]. Salah satu kesalahan dalam penyinaran radioterapi dengan Linac dapat terjadi karena berkas radiasi yang keluar tidak sesuai [2]. Dianjurkan untuk melakukan koreksi sesuai dengan *Quality Control* (QC) setiap data pengukuran energi [4]. Perhitungan faktor koreksi dilakukan untuk melihat muatan keluaran berkas electron agar kestabilan tetap sesuai yang diharapkan.

Pengukuran dosis radiasi pada radioterapi harus dilakukan dengan tepat dan sesuai standar karena sangat penting untuk memeriksa besaran dosis radiasi dan kualitas alat yang digunakan untuk memastikan keberhasilan dari proses radioterapi. Pengukuran dosis harus sesuai standar protokol *Technical Report Series* (TRS) 398 yang dikeluarkan oleh *International Atomic Energy Agency* (IAEA) dan sebelum melakukan pengukuran dosis sangat penting terlebih dahulu melakukan faktor koreksi [5].

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor koreksi dan linieritas untuk menganalisis keluaran muatan dari energi elektron yang dipancarkan oleh modalitas Linac untuk melihat stabilitas dari muatan yang dipancarkan. Faktor koreksi yang telah diperoleh digunakan sebagai parameter dalam perhitungan dosis serap pada kedalaman maksimum.

## TINJAUAN PUSTAKA

Radiasi merupakan emisi dan perambatan energi melalui suatu materi atau ruang dalam bentuk partikel atau gelombang elektromagnetik<sup>6</sup>. Transmisi radiasi dapat bersumber dari radiasi pengion dan non pengion. Radiasi dapat menyebabkan proses ionisasi apabila berinteraksi dengan materi [7].

Radiasi pengion dalam bentuk elektron digunakan dalam terapi radiasi pada kanker yang dekat dengan permukaan karena

energinya tidak dapat menembus jaringan bagian dalam tubuh. Hal ini terjadi karena elektron berinteraksi dengan bahan maka energinya akan menyebar sehingga semakin jauh jaraknya maka energinya akan semakin kecil [8]. Radiasi eksternal merupakan metode terapi radiasi diluar tubuh dimana sumber radiasi berada pada jarak tertentu dari target tubuh yang akan diradiasi [9]. Sumber yang dipakai pesawat terapi Co-60 dan Linear Accelerator (Linac).

TRS 398 merupakan kode praktis klinis yang diaplikasikan pada pada berkas elektron berenergi tinggi dengan kisaran 4 MeV hingga 22 MeV. TRS 398 menggunakan standar dosis serap air dalam menentukan dosis serap berkas radiasi terapi eksternal. Beberapa faktor koreksi untuk menentukan laju dosis serap berkas elektron dalam fantom [5]. Nilai faktor koreksi harus sesuai standar TRS 398 dengannya standar yang ditetapkan yaitu  $\pm 1$  [10]. Faktor koreksi tersebut tersebut adalah sebagai berikut.

### Faktor Temperatur dan Tekanan ( $K_{TP}$ )

Faktor koreksi temperatur dan tekanan udara terhadap referensi 20 °C dan 101,325 kPa, besar koreksi ini dapat ditentukan dengan Persamaan 1.

$$K_{TP} = \frac{273,15 + T P_0}{273,15 + T_0 P} \quad (1)$$

### Elektrometer ( $K_{elec}$ )

$K_{elec}$  adalah faktor klibrasi elektrometer, jika dalam sertifikat tidak dicantumkan nilainya, maka faktor kalibrasi bernilai 1.

### Efek Polaritas ( $K_{pol}$ )

$K_{pol}$  adalah faktor koreksi respon detektor ionisasi terhadap efek pergantian polaritas yang diberikan pada detektor. Nilai  $K_{pol}$  dapat ditentukan dengan Persamaan 2.

$$K_{pol} = \frac{|M_+| + |M_-|}{2M} \quad (2)$$

## Rekomendasi Ion ( $K_s$ )

Rekomendasi ion ( $K_s$ ) adalah faktor koreksi respon dektektor ionisasi terhadap kurang lengkapnya pengumpulan muatan pada ionisasi di udara. Nilai  $K_s$  dapat dihitung dengan Persamaan 3.

$$K_s = a_0 + a_1 \left(\frac{M_1}{M_2}\right) + a_2 \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2 \quad (3)$$

*Ionisasi chamber* atau bilik ionisasi adalah modalitas dalam mengukur jumlah ionisasi yang terjadi didalam rongga detektor. Bilik ionisasi digunakan dalam proses radioterapi untuk menentukan dosis radiasi. Pembacaan bilik ionisasi dipengaruhi oleh jumlah suhu, tekanan, kalibrasi elektrometer, efek polaritas dan rekombinasi ion [11]. Pembacaan nilai pada bilik ionisasi dapat ditentukan oleh Persamaan 4.

$$M_Q = (M_{un} - M_0) \cdot K_{TP} \cdot K_{esc} \cdot K_{pol} \cdot K_s \quad (4)$$

## METODE PENELITIAN

Menganalisis data keluaran harian berkas elektron sangat penting dilakukan untuk melihat linieritas dari masing-masing data keluaran. Melihat linieritas sini dimulai dari membuat grafik dengan excel dari masing-masing data harian. Selanjutnya melihat faktor korelasi masing-masing data dan menjumlahkannya lalu mendapatkan rata-rata faktor korelasinya.

Pengukuran faktor koreksi dimulai dari pengukuran tekanan dan temperatur yang dilakukan dengan cara mengukur nilai tekanan udara saat pengukuran berlangsung dengan menggunakan barometer dan suhu menggunakan termometer. Selanjutnya data

pengukuran tekanan dan suhu yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung  $K_{TP}$  pada Persamaan 1.

Pada pengukuran efek polaritas berkas elektron dilakukan pada polaritas positif dan polaritas negatif. Polaritas positif diperoleh dari tegangan yang diberikan bernilai positif dan polaritas negatif diberikan pada tegangan bernilai negative. Selanjutnya data hasil pengukuran dapat digunakan untuk menghitung  $K_{pol}$  dengan Persamaan 2.

Faktor koreksi rekombinasi ion ditentukan dengan mengukur tegangan yang biasa digunakan di rumah sakit dan tegangan referensi. Selanjutnya dihitung dengan menggunakan persamaan 3.

Menentukan pencacahan berkas muatan ( $M_Q$ ) dengan mengalikan semua perhitungan rata-rata faktor koreksi menggunakan Persamaan 4.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Faktor Korelasi

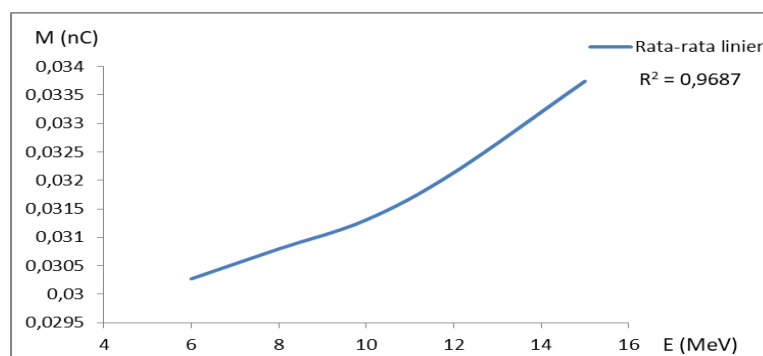
Faktor korelasi digunakan untuk melihat kestabilan dari masing-masing data keluaran harian elektron, dari 24 data pengukuran harian Linac didapatkan tiga data terbaik ditunjukkan pada Tabel 1.

Data Tabel 1 merupakan data rata-rata muatan elektron dari 24 datadan didapatkan tiga data terbaik pada pengukuran tanggal 01 Januari, 09 Januari dan 02 Februari dengan nilai rata-rata muatan elektron 0,03027111 nC pada energi 6 MeV, 0,03079722 nC pada 8 Mev, 0,03130667 nC pada 10 MeV, 0,03213611 pada 12 MeV dan 0,03374333 pada 15 MeV.

**Tabel 1.** Rata-rata muatan elektron pada data mendekati liner.

E (MeV)	M (nC)			Rata-rata
	01 Januari	09 Januari	02 Februari	
6	0,03035	0,03016	0,030303333	0,03027111
8	0,0308733	0,030715	0,030803333	0,03079722
10	0,0313867	0,03122	0,031313333	0,03130667
12	0,03225	0,032015	0,032143333	0,03213611
15	0,03384	0,03363	0,03376	0,03374333





**Gambar 1** Rata-rata muatan elektron pada data mendekati linier.

Gambar 1 menunjukkan rata-rata muatan elektron mendekati linier. Pada energi 10 MeV merupakan energi dengan kemiringan yang cenderung kebawah. Hal ini karena nilai muatan pada energi 15 MeV naik secara signifikan dibandingkan dengan energi sebelumnya. Perbedaan nilai keluaran nilai berkas electron ini terjadi karena adanya fluktuasi yang terjadi pada alat. Interaksi radiasi pengion dengan tubuh terjadi dengan proses ionisasi. Proses ionisasi elektron akan berinteraksi dengan molekul dalam sel yang

dituju (kanker) dengan *deoxyribo nucleic acid* (DNA). Kerusakan pada DNA dapat mencegah kemampuan reproduksi sel kanker kembali. Salah satu efek radiasi yang timbul dari penyinaran partikel electron adalah efek deterministic. Efek ini muncul seketika penyinaran atau beberapa waktu setelah penyinaran [12]. Semakin besar nilai dosis radiasi yang diterima maka semakin besar pula efek deterministic, sehingga dampak negatif radiasi sebanding dengan jumlah radiasi yang diterima [13].

**Tabel 2.** Nilai faktor koreksi rata-rata elektron.

No	Faktor Koreksi	Energi (MeV)				
		6	8	10	12	15
1	Rh (%)	50	50	50	50	50
2	P (KPa)	101,117	101,117	101,117	101,117	101,117
3	T (°C)	21,1333	21,1333	21,1333	21,1333	21,1333
4	$K_{TP}$	1,00569	1,00569	1,00569	1,00569	1,00569
5	M (nC)	0,030170625	0,0307192	0,0312056	0,0320294	0,0336396
6	$K_{Elec}$	1	1	1	1	1
7	$K_{Pol}$	1	1	1	1	1
8	$K_S$	1	1	1	1	1
9	$M_Q$ (nC)	0,030342129	0,03034	0,03034	0,03034	0,03034

Nilai Faktor koreksi digunakan sebagai parameter untuk menentukan nilai dosis keluaran berkas elektron dan deviasi dari keluaran berkas dari Linac. Perhitungan untuk mencari nilai pencacahan dipengaruhi oleh hasil perhitungan parameter faktor koreksi sebelumnya. Nilai rata-rata faktor koreksi dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan data Tabel 2 nilai rata-rata dari perhitungan factor koreksi, didapat hasil

pengukuran kelembaban (Rh), temperatur (T) dan tekanan (P) yaitu sebesar 50%, 21,1333 °C dan 101,117 KPa. Kelembaban, temperatur dan tekanan semua bernilai konstan pada masing-masing energi. Hal ini terjadi karena pengukuran dilakukan pada awal kalibrasi dan untuk semua energi. Perhitungan faktor koreksi temperatur dan tekanan ( $K_{TP}$ ) mendapatkan nilai 1,00569 pada setiap energi. Nilai  $K_{TP}$  dapat dihitung menggunakan Persamaan 1. Nilai

muatan rata-rata ( $M$ ) Tabel 1 pada setiap energi (6, 8, 10, 12,15) MeV diperoleh dari bacaan alat yaitu 0,030170625 nC, 0,0307192 nC, 0,0312056 nC, 0,0320294 nC dan 0,0336396 nC. Nilai faktor koreksi kalibrasi elektrometer ( $K_{elec}$ ) bernilai 1 dimana chamber dikalibrasi dengan elektrometer<sup>15</sup>. Dan faktor  $K_{elec}$  tidak bergantung pada ukuran aplikator, energi dan dosis [14].

Nilai perhitungan faktor koreksi efek polaritas ( $K_{Pol}$ ) bernilai 1 untuk tiap energi ini dikarenakan parameter yang digunakan adalah muatan dengan hanya satu tegangan yaitu 100 Volt. Menentukan nilai  $K_{Pol}$  menggunakan Persamaan 2.

Faktor koreksi rekombinasi ion ( $K_S$ ) diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan Persamaan 3 nilai yang diperoleh adalah 1 pada setiap energi. Nilai ini dipengaruhi oleh parameter muatan elektron ( $M$ ) dimana hanya terdapat nilai muatan pada satu tegangan dan koefisien kuadrat yang digunakan, dapat dilihat pada Tabel 4.III TRS 398 IAEA

Nilai muatan bacaan pencacahan pada tegangan 100 yang telah dikoreksi oleh faktor kuantitas temperatur, tekanan, efek polaritas, kalibrasi elektrometer dan rekombinasi ion<sup>5</sup>. dihitung menggunakan Persamaan 4. Nilai dari setiap energi (6, 8,10, 12 dan 15) MeV yaitu (0,030342129, 0,03034, 0,03034, 0,03034 dan 0,03034) nC nilai masih berada dalam rentang toleransi pengukuran  $\pm 1$ . Faktor koreksi yang telah diperoleh digunakan sebagai parameter dalam perhitungan dosis serap pada kedalaman maksimum.

## KESIMPULAN

Hasil dari muatan variasi energi elektron (6, 8, 10, 12 dan 15) MeV dari 24 data pengukuran harian terdapat tiga pengukuran dengan hasil nilai mendekati linier yaitu pengukuran 01 Januari, 09 Januari dan 02 Februari dengan nilai faktor korelasi 96,99%, 96,97% dan 96,63%. Semakin besar energi elektron maka semakin tinggi nilai muatannya berdasarkan faktor korelasi sebesar 96,87% sehingga

linieritas ini memenuhi nilai kestabilan. Berdasarkan dari hasil perhitungan faktor koreksi diperoleh nilai bacaan pencacahan pada tegangan 100 Volt ( $M_Q$ ) pada setiap energi (6, 8,10, 12 dan 15) MeV yaitu (0,030342129, 0,03034, 0,03034, 0,03034 dan 0,03034) nC. Nilai faktor koreksi keluaran berkas elektron sesuai standar TRS 398 yaitu  $\pm 1$ .

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Riri Yulianti, Sp. Onk. Rad, selaku kepala Radioterapi Kanker Terpadu RSUD Arifin Achmad Pekanbaru atas izin dalam mengambil data. Fiet Fatra Yosandha dan Veni Setyowati, S.Si, selaku Fisikawan Medis Radioterapi RSUD Arifin Achmad Pekanbaru atas bimbingannya.

## REFERENSI

1. Yeslem, A. E. M. O. M., Cheibetta, M. O., Ghassoun, J., Hakam, O. K., Semghouli, S., & Choukri, A. (2017, October). Quality control results for linear accelerator at Oncology Center in Nouakchott. *Proceedings of the Mediterranean Symposium on Smart City Applications*, 759–765.
2. Pratiwi, U. (2010). *Aplikasi analisis citra detail phantom dengan metode konversi data digital ke data matrik untuk meningkatkan kontras citra menggunakan Film Imaging Plate*. Skripsi, Fisika, Universitas Sebelas Maret.
3. Suharni, S., Kusminarto, K., & Anggraita, P. (2013). Analisis Hasil pengukuran Percentage Depth Dose (PDD) berkas elektron LINAC Elekta RSUP Dr. Sardjito. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya*, ISSN 1411-1349.
4. Nazaroh, N. Sunaryati, S. I., & Rajagukguk, N. (2006). Penerapan untuk jaminan kualitas radioterapi pusat teknologi keselamatan dan metrologi

- radiasi Badan Tenaga Nuklir Nasional. *Seminar Keselamatan Nuklir*.
5. IAEA. (2000). *Technical Report Series No. 398 Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy*. Vienna.
  6. Liauw, S. L., Connell, P. P., & Weichselbaum, R. R. (2013). New paradigms and future challenges in radiation oncology: an update of biological targets and technology. *Science translational medicine*, **5**(173).
  7. Podgorsak, E. B. (2005). *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. Vienna: IAEA.
  8. Malicki, J. (2015). Medical physics in radiotherapy: The importance of preserving clinical responsibilities and expanding the profession's role in research, education, and quality control. *Reports of Practical Oncology & Radiotherapy*, **20**(3), 161–169.
  9. Rödel, C., Trojan, J., Bechstein, W. O., & Woeste, G. (2012). Neoadjuvant short-or long-term radio (chemo) therapy for rectal cancer: how and who should be treated?. *Digestive Diseases*, **30**(2), 102–108.
  10. Andreo, P. (2000). *Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy*. Vienna: IAEA.
  11. Rusli, M. (2017). *Uji Keselamatan Paparan Radiasi Dental Sinar-X di Radiologi Atro Muhammadiyah Makasar*. Skripsi Fisika, Universitas Hasanudin.
  12. Fauziah, A. S. & Dwijananti, P. (2013). Pengaruh Radiasi Sinar-X terhadap Mortalitas Sperma pada Tikus Mencit (*Mus Musculus*). *Unnes Physics Journal*, **2**(2), 1–5.
  13. Vadila, M. (2018). *Analisis Keluaran Berkas Radiasi Pesawat Terapi Linac Tipe Varian CX 6264 di RS Unand*. Skripsi Fisika, Universitas Andalas.
  14. Güngör, G., Aydın, G., Mustafayev, T. Z., & Özyar, E. (2019). Output factors of ionization chambers and solid state detectors for mobile intraoperative radiotherapy (IORT) accelerator electron beams. *Journal of applied clinical medical physics*, **20**(2), 13–23.



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