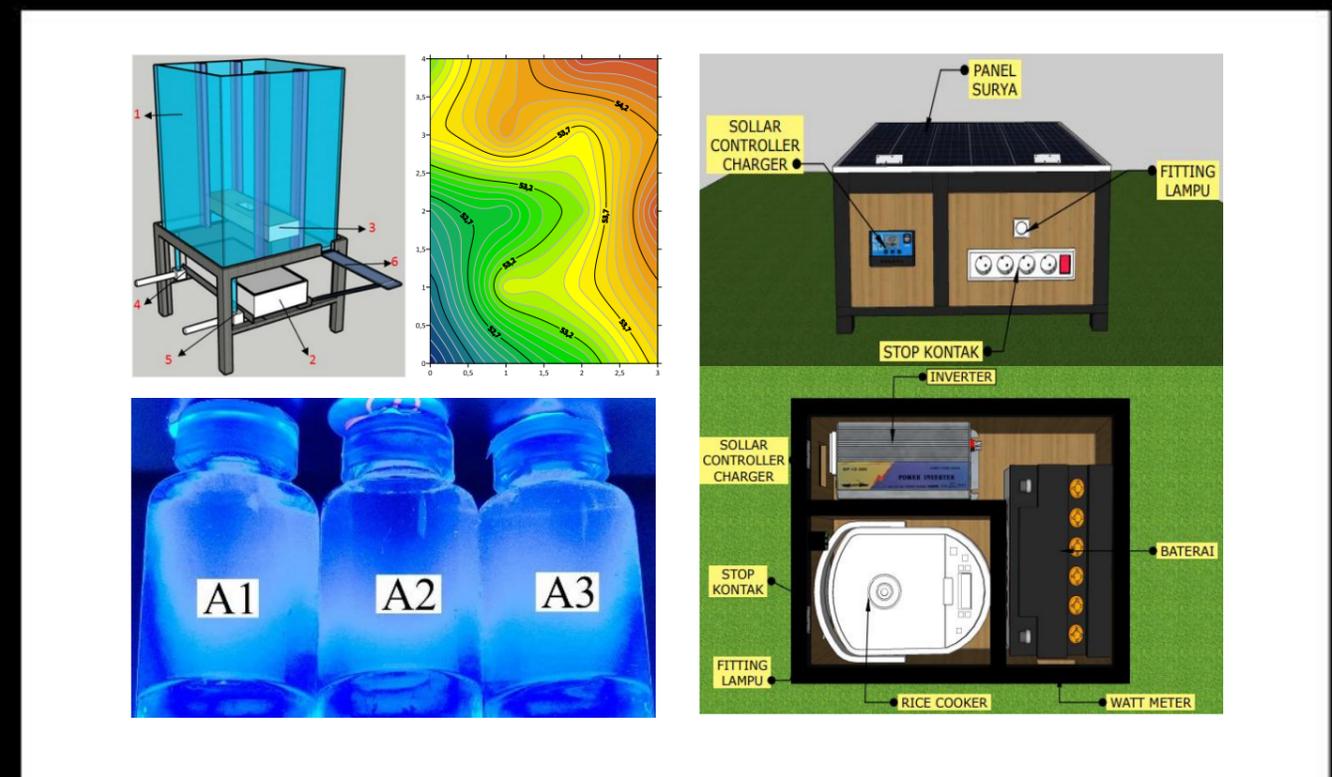


# Komunikasi Fisika Indonesia

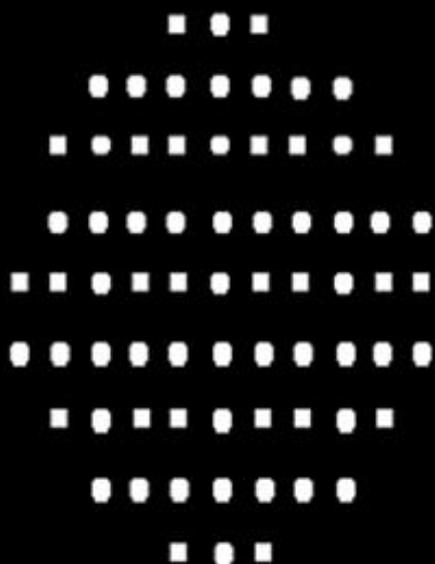


ISSN 1412 2960

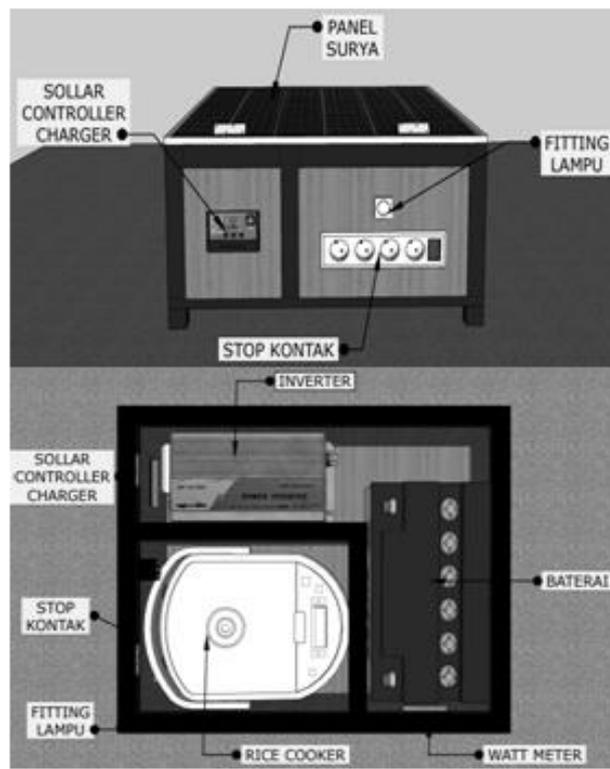
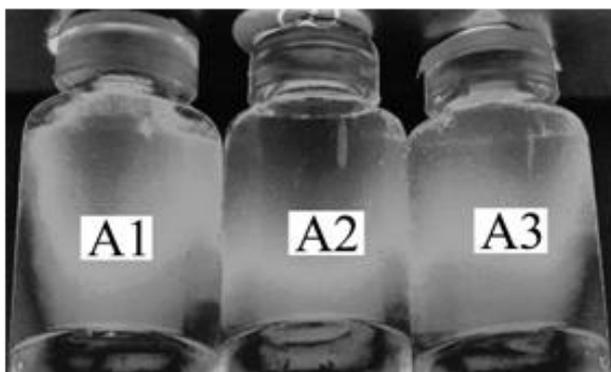
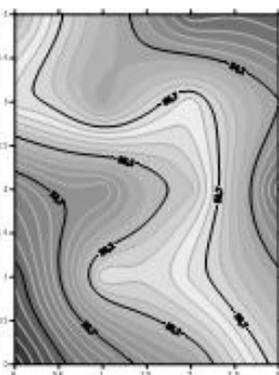
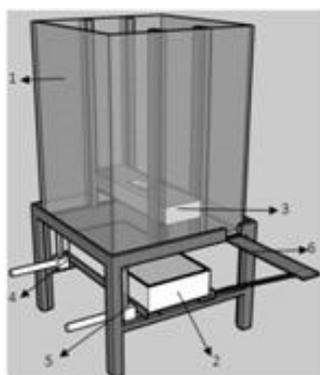
Komunikasi Fisika Indonesia  
Vol. 20 No. 02  
Juli 2023  
Penerbit Jurusan Fisika Universitas Riau  
Pekanbaru



Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5  
Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293



# Komunikasi Fisika Indonesia





**Susunan Dewan Redaksi Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia (KFI)  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau**

**Penanggung Jawab:** Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

**Pimpinan Redaksi:** Drs. Usman Malik, M.Si (Universitas Riau)

**Managing Editor:**

1. Prof. Dr. Saktioto, S.Si., M.Phil, (Universitas Riau)
2. Drs. Defrianto, DEA, Universitas Riau
3. Prof. Dr. Rakhmawati Farma, M.Si, (Universitas Riau)
4. Romi Fadli Syahputra, M.Si, (Universitas Riau)
5. Wahyu Candra, S.Si, (Universitas Riau)
6. Yan Soerbakti, S.Si (Universitas Riau)

**Dewan Reviewer / Editorial Board:**

1. Prof. Madya Dr. Muhammad Azwadi (Universiti Malaysia Kelantan)
2. Prof. Dr. Warsito, DEA (Universitas Lampung)
3. Prof. Dr. Erwin, M.Sc (Universitas Riau)
4. Prof. Dr. Edy Saputra, M.Sc (Universitas Riau)
5. Prof. Dr. Timbangan Sembiring, M.Sc (Universitas Sumatera Utara)
6. Prof. Dr. Erman Taer, M.Si (Universitas Riau)
7. Dr. Hamzah, M.Sc (Universitas Lancang Kuning)
8. Dr. Evizal Abdul Kadir, M.Sc (Universitas Islam Riau)
9. Dr. Minarni, M.Sc (Universitas Riau)
10. Dr. Ari Sulistyono Rini, M.Sc (Universitas Riau)
11. Prof. Dr. Okfalisa, ST., M.Sc (Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim)
12. Dr. Dedi Irawan, M.Sc (Universitas Riau)
13. Dr. Ing. Rahmondia Nanda Setiadi, M.Si (Universitas Riau)
14. 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

HALAMAN SAMPUL	i
SUSUNAN DEWAN REDAKSI	ii
DAFTAR ISI	iii
ANALISIS TINGKAT KEMATANGAN BUAH SAWIT DENGAN INJEKSI TEGANGAN SEARAH <i>Dino Yanuardi, Saktioto Saktioto, Romi Fadli Syahputra, Defrianto Defrianto, Yan Soerbakti</i>	109-114
ANALISA SIFAT ELEKTROKIMIA ELEKTRODA SUPERKAPASITOR BERBASIS KARBON AKTIF DARI KULIT SINGKONG <i>Eva Wahyuni Harahap, Eman Taer, Ari Sulistyo Rini</i>	115-122
ANALISIS PENURUNAN KADAR AIR GAPLEK MENGGUNAKAN ALAT PENGERING KABINET BERBASIS BIOMASSA TEMPURUNG KELAPA <i>Peri Ridwan Nurhedi, Juandi Muhammad</i>	123-126
SINTESIS FISIKOKIMIA DARI KARBON AKTIF BERBASIS BIOMASSA SABUT NIPAH ( <i>Nypa fruticans</i> ) UNTUK PERFORMANSI KINERJA SUPERKAPASITOR <i>Irma Apriyani, Rakhmawati Farma, Awitdrus Awitdrus, Aria Yunita</i>	127-134
ANOTASI CITRA BERBASIS PYTHON UNTUK RANCANG BANGUN PERANGKAT LUNAK DETEKSI OBJEK PADA TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT CACAT <i>Minarni Shiddiq, Muhammad Ikhsan Hamid, Vicky Vernando Dasta, Yohanes Dwi Saputra, Dewi Anjarwati Mahmudah, Dinda Kamia Evkha Putri, Annisya Madani, Ihsan Okta Harmailil</i>	135-140
PENGARUH DOPING <i>CHROMIUM</i> TERHADAP SIFAT KRISTALINITAS DARI NANOPARTIKEL $\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( <i>HEMATITE</i> ) <i>Novia Magdalena Purba, Erwin Amiruddin, Salomo Sinuraya, Krisman Sabar</i>	141-146
PENGARUH GELOMBANG MIKRO DAN SULFUR SEBAGAI AGEN PASIVASI TERHADAP SPEKTRUM ABSORBANSI KARBON DOTS BERBASIS BAN BEKAS <i>Ananda Tira Septiana Sari, Ety Jumiaty, Miftahul Husnah</i>	147-152

IDENTIFIKASI LAPISAN BAWAH TANAH DENGAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER DI AREA WISATA AIR PANAS SUNGAI PINANG KABUPATEN KUANTAN SINGINGI <i>Rizza Naflah Herlinda, Usman Malik</i>	153-158
PENERAPAN <i>EGG TRAY</i> UNTUK MEREDUKSI TINGKAT KEBISINGAN PADA RUANG KELAS MTs ISLAMIAH TANJUNG KASAU <i>Suci Ramadhani Harahap, Mulkan Iskandar Nasution, Nazaruddin Nasution</i>	159-164
PEMISAH AIR DAN <i>CRUDE PALM OIL</i> DENGAN METODE ADSORPSI MENGUNAKAN SENSOR WARNA TCS3200 DAN SENSOR <i>PHOTODIODE</i> BERBASIS ARDUINO UNO <i>Muhammad Iqbal Zailany Nasution, Mulkan Iskandar Nasution</i>	165-170
STUDI PENERAPAN AKUSTIK PADA GERBONG KERETA API SRI LELAWANGSA <i>Riri Angriani Nasution, Zubair Aman Daulay, Abdul Halim Daulay</i>	171-178
PEMANFAATAN SENSOR PIEZOELEKTRIK SEBAGAI PENGHASIL SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF MENGGUNAKAN TETESAN AIR HUJAN <i>Dhani Yonata Hariyono, Nazaruddin Nasution</i>	179-186
PENERAPAN <i>SOLAR CELL</i> TERHADAP PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR BERBASIS IoT <i>Masthura Masthura, Nazaruddin Nasution, Muhammad Rajali Harahap</i>	187-192
SISTEM KERJA PANEL SURYA <i>PORTABLE</i> PADA ALAT ELEKTRONIK RUMAH TANGGA <i>Masthura Masthura, Mulkan Iskandar Nasution, Dwitha Astari</i>	193-198
PENGARUH PENAMBAHAN KONSENTRASI NaCl TERHADAP NILAI KELUARAN LISTRIK BIOBATERAI SARI BUAH MENGGUDU <i>Ety Jumiati, Miftahul Husnah, Riadina Siregar</i>	199-204

## ANALISIS TINGKAT KEMATANGAN BUAH SAWIT DENGAN INJEKSI TEGANGAN SEARAH

Dino Yanuardi<sup>1</sup>, Saktioto<sup>1\*</sup>, Romi Fadli Syahputra<sup>2</sup>, Defrianto<sup>1</sup>, Yan Soerbakti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

<sup>2</sup>Jurusan Fisika FMIPAK Universitas Muhammadiyah Riau

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

### ABSTRACT

*Palm fruit is Indonesia's main communiqué as the largest foreign exchange contributor processed into crude palm oil (CPO). However, the quality of CPO that will be produced is influenced by the right level of maturity of palm fruit so as not to cause losses from the processor. Losses from the palm fruit processing can be overcome using a method that can determine the maturity level of the palm fruit, one of which is by injecting the voltage in the direction of the palm fruit. The purpose of direct voltage objection to the function of time in the palm fruit is to obtain a voltage response relationship to the content of yield, moisture content and free fatty acid (ALB) in the palm fruit. In this study, palm fruit was classified into 4 levels of maturity, namely unripe, almost ripe, ripe and overripe given direct voltage injection of 9 Volts for 1 minute with 3 repetitions using four electrodes arranged parallel to obtain an electrical voltage response with an electrode diameter of 1.4 mm. The distance between electrodes was chosen to be 4 – 6 mm from stainless steel materials, and the depth of the electrode to the palm fruit is 3 – 5 mm. Palm fruit was injected with electrical voltage and obtained the value of voltage response, electric current, resistivity and power of each level of maturity. The electrical information obtained will explain the yield content, water content and ALB in palm fruit in accordance with the classification of ripeness. The results of the study obtained, that the palm fruit is said to ripen when it has a voltage response value of 0.586 – 0.765 V, electric current 385 – 404.9  $\mu$ A, resistivity 40.197 – 54.523  $\Omega$ m, and power 0.238 – 0.299 mW. The results showed that the maturity level of palm fruit based on its chemical content affects the properties of electricity.*

**Keywords:** Palm Fruit, Electric Voltage, Electric Current, Resistivity, Electrical Power.

### ABSTRAK

*Buah sawit merupakan komoditas andalan Indonesia sebagai penyumbang devisa terbesar yang diolah menjadi crude palm oil (CPO). Akan tetapi, kualitas CPO yang akan dihasilkan dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah sawit yang tepat agar tidak menimbulkan kerugian dari pihak pengolah. Kerugian dari pihak pengolah buah sawit dapat diatasi dengan menggunakan suatu metode yang dapat menentukan tingkat kematangan buah sawit, salah satunya dengan cara penginjeksian tegangan searah pada buah sawit. Tujuan penginjeksian tegangan searah terhadap fungsi waktu pada buah sawit adalah untuk mendapatkan hubungan respon tegangan terhadap kandungan rendemen, kadar air dan asam lemak bebas (ALB) pada buah sawit. Pada penelitian ini, buah sawit diklasifikasikan menjadi 4 tingkat kematangan, yaitu mentah, hampir matang, matang dan terlalu matang diberikan injeksi tegangan searah sebesar 9 Volt selama 1 menit dengan 3 kali pengulangan menggunakan empat elektroda yang disusun sejajar untuk mendapatkan respon tegangan listrik dengan diameter elektroda 1,4 mm, jarak antar elektroda 4 – 6 mm dari bahan stainless steel, dan kedalaman elektroda ke buah sawit 3 – 5 mm. Buah sawit diinjeksikan tegangan listrik dan diperoleh nilai respon tegangan, arus listrik, resistivitas dan daya tiap tingkat kematangan. Informasi kelistrikan yang diperoleh akan menjelaskan kandungan rendemen, kadar air dan ALB pada buah sawit yang sesuai dengan klasifikasi kematangannya. Hasil penelitian yang didapat, bahwa buah sawit dikatakan matang saat memiliki dengan nilai respon tegangan 0,586 – 0,765 V, arus listrik 385 – 404,9  $\mu$ A, resistivitas 40,197 – 54,523  $\Omega$ m, dan daya 0,238 – 0,299 mW. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tingkat kematangan buah sawit berdasarkan kandungannya secara kimia berefek pada sifat kelistrikan yang dihasilkannya.*

**Kata kunci:** Buah Sawit, Tegangan Listrik, Arus Listrik, Resistivitas, Daya Listrik.

Diterima 12-09-2022 | Disetujui 15-01-2023 | Dipublikasi 17-04-2023

## PENDAHULUAN

Buah sawit merupakan sumber bahan dasar minyak nabati yaitu *crude palm oil* (CPO) yang dihasilkan dari ekstraksi mesokarp buah sawit [1]. Proses panen buah kelapa sawit memerlukan waktu dalam rentang 5 – 6 bulan dari saat penyerbukan sampai matang [2]. Tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) terdiri dari 4 bagian yaitu mentah, hampir matang, matang, dan terlalu matang. Penentuan tingkat kematangan dari buah sawit dilakukan berdasarkan keadaan visual TBS yaitu dari jumlah brondolan jatuh dari tandannya dan warna pada buah [3]. Akan tetapi, teknik ini bersifat subjektif karena hanya melihat keadaan terluar dari TBS sawit baik warna maupun jumlah brondolan yang jatuh, tanpa menimbang kandungan yang dimiliki oleh buah sawit sehingga kuantitas dan kualitas minyak yang dihasilkan tidak jelas.

Penilaian tingkat kematangan kelapa sawit selama beberapa tahun terakhir memiliki beberapa metode yang salah satunya yaitu computer vision, namun dibutuhkan peralatan pendukung seperti kamera digital canggih dan perangkat lunak komputer serta human graders (operator terlatih) sehingga tidak cocok untuk pengujian di tempat [4]. Selain itu, ada juga analisis spektral yang dilakukan pada gambar sampel buah dan fitur warna RGB digunakan untuk mengklasifikasikan kematangan buah, yang didasarkan pada berbagai panjang gelombang warna merah, hijau, dan biru dari gambar buah [5], namun karena metode ini sangat bergantung pada kualitas warna gambar dan ekstraksi fitur serta mengklasifikasikan buah-buahan matang dari tandan berdasarkan nilai rata-rata komponen merah sehingga tidak dapat membedakan komponen warna merah untuk buah sawit yang berada pada tingkat kematangan di bawah kategori matang [6].

Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian kali ini dengan tujuan untuk memastikan tingkat kematangan buah sawit dengan menginjeksikan tegangan listrik searah (DC) pada bagian mesokarp buah sawit untuk mendapatkan respon tegangan terhadap

kandungan yang dimiliki oleh buah sawit, yaitu rendemen minyak, ALB dan kadar air sehingga tingkat kematangan dari buah sawit bisa ditentukan dan buah sawit dapat diolah menjadi CPO yang memiliki kuantitas dan kualitas yang tinggi.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Buah Sawit

Ukuran buah sawit dengan panjang 2 – 3 cm berbentuk lonjong membulat dengan massa rata-rata buahnya 13 – 20 gram [7]. Anatomi buah kelapa sawit terdiri dari empat lapisan, yaitu: exocarp adalah bagian kulit buah yang berlapis lilin dan memiliki warna sesuai dengan varietas dan umur buahnya, lalu mesocarp adalah bagian buah yang berserabut dan mengandung minyak paling tinggi, kemudian endocarp adalah cangkang pelindung inti dan kernel adalah isi buah sawit yang mengandung minyak sekitar 8% – 100% [8].

Buah sawit akan mengalami perubahan volume dan massa setiap pertambahan waktu, hal ini menunjukkan adanya peningkatan kandungan kimia serta perkembangan dari anatomi buah sawit [9]. Tingkat kematangan buah sawit dapat ditentukan dengan melihat secara visual dari keadaan tandan buah sawit, seperti warna dan jumlah brondolan yang jatuh pada pohon sawit. Berikut ini adalah fraksi tingkat kematangan buah sawit berdasarkan warna dan jumlah brondolan yang disajikan dalam Tabel 1.

### Listrik Searah

Arus listrik sebagai muatan mengalir melalui suatu permukaan didefinisikan sebagai arus listrik. Saat medan listrik diberikan pada suatu konduktor, maka muatan akan mengalir membentuk arus yang searah dengan medan listrik. Ketika sebuah konduktor sepanjang  $L$  yang diberikan tegangan listrik  $V$ , jumlah elektron bebas dalam konduktor tersebut adalah  $n$  dengan nilai muatan  $e$ , dan elektron-elektron tersebut bergerak dengan kecepatan  $v$ .

**Tabel 1.** Standar penilaian tingkat kematangan buah sawit [10].

Tingkat Kematangan Buah Sawit	Kriteria Matang Panen			
	Warna Buah Sawit	Buah yang Terjatuh ke Tanah	Soket Buah yang Lepas dari Tandan	Warna Mesokarp Buah Sawit
Mentah	Hitam Keunguan	0	0	Kuning
Hampir matang	Hitam kejinggaan	0 – 5	>10	Kuning kejinggaan
Matang	Merah Kejinggaan	>10	>10	Kuning Kejinggaan
Terlalu matang	Jingga	>50% dari tandan	>50% dari tandan	Kuning Kejinggaan

Kecepatan elektron  $v$  mengalir pada konduktor yang meningkat dan kemampuan partikel bermuatan untuk bergerak pada medium sebagai respon terhadap medan listrik mengakibatkan meningkatnya medan listrik dan hal ini dipengaruhi oleh  $\mu$  adalah koefisien mobilitas, sehingga diperoleh:

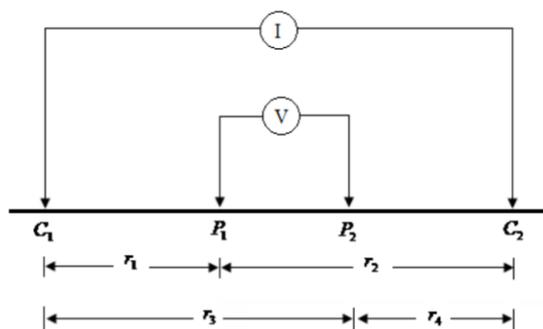
$$J = \mu neE \quad (1)$$

Saat tegangan listrik dihubungkan dengan konduktor maka akan menghasilkan medan listrik pada setiap bagian di dalam konduktor tersebut yang menghasilkan arus listrik  $I$ . Secara matematis arus yang mengalir adalah:

$$V = IR \quad (2)$$

dimana  $I$  arus listrik yang mengalir pada konduktor dalam satuan ampere,  $V$  tegangan listrik dalam satuan volt dan  $R$  resistansi yang dinyatakan dalam ohm [11].

### Kongurasi Elektroda Sejajar



**Gambar 1.** Elektroda arus dan potensial [12].

Pengukuran variable kelistrikan pada suatu bahan dapat dilakukan dengan menggunakan elektroda yang disusun secara linier. Elektroda yang digunakan terdiri dari empat buah, dengan

fungsi dua elektroda sebagai penginjeksi arus listrik ke sampel dan dua elektroda kontak yang mengukur penurunan tegangan [13].

Arus yang diinjeksikan dalam materi akan menghasilkan distribusi medan listrik. Jika arus yang diinjeksikan tersebar di setengah bidang jari-jari, maka potensial listrik untuk satu kontak elektroda dengan jarak  $r$  yang menginjeksikan arus  $I$  adalah [14]:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (3)$$

Gambar 1 yang memiliki dua kontak elektroda nilai potensial listrik yang dihasilkan adalah:

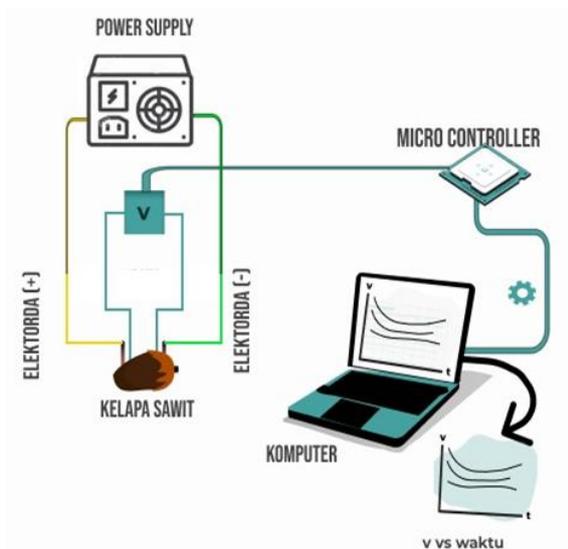
$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \left[ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (4)$$

dengan nilai resistivitasnya adalah:

$$\rho = k \frac{V}{I} \quad (5)$$

### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan eksperimen secara fisika yaitu dengan menginjeksikan tegangan DC pada buah sawit dan eksperimen secara kimia yaitu dengan mengekstrak buah sawit untuk menentukan kandungan rendemen, kadar air dan ALB. Sebelum melakukan penginjeksian tegangan DC, dipersiapkan alat pengukuran tegangan yang terdiri dari 4 jarum jarak antar jarum sekitar 4 – 6 mm yang bertindak sebagai elektroda, baterai 9 Volt, sensor ACS712 dan mikrokontroler Arduino. Alat ini saling terhubung dengan komputer untuk akuisisi data melalui kabel USB.



**Gambar 2.** Perancangan rangkaian pendeteksi tegangan listrik buah sawit.

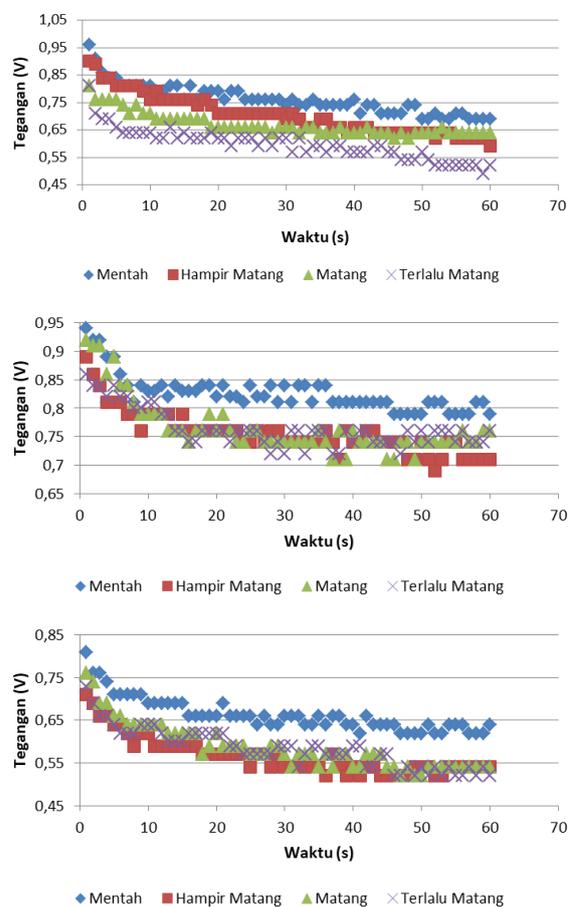
Kemudian langkah selanjutnya dibuat koding pada Arduino Web Editor untuk mengatur pengukuran tegangan luaran dalam fungsi waktu dan agar data terekam oleh komputer, maka digunakan program khusus sebagai komunikasi antara arduino dengan Excel yaitu PLX-DAQ-v2-Power Demos. Setelah itu dilakukan kalibrasi pada alat dengan memberikan hambatan yang diubah-ubah dengan sumber tegangan yang tetap dan hasil pengukurannya diukur menggunakan multimeter. Proses ini dilakukan sampai didapat hasil pengukuran yang sama baik dengan menggunakan alat dan perhitungan dengan pendekatan secara teoritis.

Buah sawit yang digunakan diklasifikasikan berdasarkan tingkat kematangan menjadi 4 bagian, yaitu buah mentah, hampir matang, matang, dan terlalu matang. Pada proses pengambilan buah sawit, tingkat kematangannya ditentukan berdasarkan dari pengalaman yang dimiliki oleh pemanen buah sawit (mandor) yang professional. Buah sawit diambil sebanyak 3 butir untuk setiap tingkat kematangan sampel dengan posisi buah sawit acak di TBS. Buah sawit diinjeksikan tegangan listrik sebesar 9 V dengan kedalaman tusukan 3 – 5 mm. Setelah diinjeksikan, data tegangan luaran akan terekam pada PLX-DAQ-v2-Power Demos dan diplotkan dalam bentuk grafik tegangan terhadap fungsi waktu. Kemudian,

hasil pengukuran respon tegangan akan memperlihatkan hubungan sifat kelistrikan yang dihasilkan dengan kandungan rendemen, kadar air dan ALB yang dimiliki oleh buah sawit dalam setiap tingkat kematangannya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon tegangan yang didapat dari buah sawit disetiap tingkat kematangannya cenderung mengalami penurunan terhadap waktu. Berikut adalah hasil respon voltase saat buah sawit diberikan sumber tegangan dalam Gambar 3.



**Gambar 3.** Respon tegangan buah sawit matang, hampir matang, matang dan terlalu matang.

Respon tegangan yang didapat dari buah sawit disetiap tingkat kematangannya mengalami penurunan terhadap waktu, hal ini menunjukkan bahwa adanya penurunan daya pada buah sawit. Daya yang semakin berkurang disebabkan oleh nilai tegangan respon dan arus

listrik yang menurun. Respon tegangan yang didapat dari buah sawit disetiap tingkat kematangannya mengalami penurunan terhadap waktu, hal ini menunjukkan bahwa adanya penurunan energi listrik pada buah sawit.

Sifat kelistrikan yang dihasilkan oleh buah sawit disebabkan oleh kandungan kimia dominan pada mesokarp buah sawit, yaitu

kandungan rendemen, kadar air dan ALB. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Misron (2020) dan Hasibuan (2020), berikut adalah kandungan rendemen, kadar air dan ALB yang dimiliki oleh buah sawit pada setiap tingkat kematangannya disajikan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil kandungan rendemen, kadar air dan ALB dari buah sawit mentah, hampir matang, matang dan terlalu matang.

Buah Sawit	Kadar Air (%) [15]	Rendemen (%) [16]	ALB (%) [16]
Mentah	86,9	22,5	0,4
Hampir Matang	59	23,5	0,8
Matang	44	24,5	1,9
Terlalu Matang	24,6	24,3	3,2

Energi listrik yang semakin berkurang disebabkan oleh nilai tegangan respon dan arus listrik yang menurun. Pada hasil perhitungan, nilai daya dihasilkan paling besar adalah buah sawit mentah dari 0,664 – 0,752 mW. Daya yang dihasilkan menjelaskan banyaknya jumlah energi yang dihasilkan, sehingga hal ini menunjukkan bahwa banyaknya jumlah muatan listrik yang dapat mengalir pada buah sawit dan sedikitnya molekul penghambat yaitu molekul penyusun rendemen minyak yang menghambat pergerakan muatan listrik sehingga semakin kecil nilai resistivitasnya pada buah sawit, terbukti pada hasil perhitungan didapat nilai resistivitas buah sawit mentah dari 18,420 – 25,232  $\Omega$ m. Sedangkan daya yang dihasilkan paling sedikit yaitu pada buah sawit matang dari 0,238 – 0,299 mW. Hal ini menunjukkan bahwa sedikitnya jumlah muatan listrik yang mengalir pada buah sawit dengan pergerakan muatan listrik yang melambat karena banyaknya molekul penyusun rendemen sehingga kecepatan hanyut muatan listrik menjadi rendah sehingga daya yang dihasilkan rendah. Jumlah muatan yang sedikit menyebabkan nilai resistivitas semakin besar pada buah sawit, sesuai dengan hasil perhitungan didapat nilai resistivitas buah sawit matang sebesar 40,197 – 54,523  $\Omega$ m. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil daya yang dihasilkan maka semakin besar nilai dari

resistivitas, nilai resistivitas yang besar menunjukkan banyaknya molekul penghambat pergerakan muatan listrik dari buah sawit, dan banyaknya molekul penghambat pergerakan muatan listrik dari buah sawit menunjukkan banyak kandungan rendemen minyak pada buah sawit [17,18].

## KESIMPULAN

Respon tegangan memberikan informasi mengenai keadaan dari muatan listrik saat berada dalam buah sawit. Kondisi muatan listrik sangat dipengaruhi oleh kandungan rendemen, kadar air, dan ALB pada buah sawit. Oleh karena itu, semakin kecil respon tegangan maka semakin banyak kandungan rendemen sehingga buah sawit dapat dikatakan matang.

## REFERENSI

1. Okoye, M. N., Okwuagwu, C. O., & Uguru, M. I. (2009). Population improvement for fresh fruit bunch yield and yield components in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, *4*(2), 59–63.
2. Fauzi, Y., Widyastuti, Y. E., Satyawibawa, I., & Hartono, R. (2012). *Kelapa Sawit: Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Limbah*,

- Analisis Usaha dan Pemasaran. *Penebar Swadaya, Jakarta*, 234.
3. Hazir, M. H. M., Shariff, A. R. M., & Amiruddin, M. D. (2012). Determination of oil palm fresh fruit bunch ripeness—Based on flavonoids and anthocyanin content. *Industrial Crops and products*, **36**(1), 466–475.
  4. Harun, N. H., Misron, N., Sidek, R. M., Aris, I., Ahmad, D., Wakiwaka, H., & Tashiro, K. (2013). Investigations on a novel inductive concept frequency technique for the grading of oil palm fresh fruit bunches. *Sensors*, **13**(2), 2254–2266.
  5. Alfatni, M. S. M., Shariff, A. R. M., Shafri, H. Z. M., Saaed, O. M. B., Eshanta, O. M., & Abuzaed, M. (2007). Automated Oil Palm Fruit Bunch Grading System Using Density of Colour (RGB). In *Proceedings of the 7th Saudi Engineering Conference, Riyadh, Saudi Arabia*, 2–5.
  6. Alfatni, M. S. M., Shariff, A. R. M., Shafri, H. Z. M., Saaed, O. B., & Eshanta, O. M. (2008). Oil palm fruit bunch grading system using red, green and blue digital number. *Journal of Applied Sciences*, **8**(8), 1444–1452.
  7. Lubis, A. U. (2008). *Kelapa sawit (Elaeis guineensis jacq.) di Indonesia*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
  8. Ruswanto, A. (2019). *Mengenal Teknologi Pengolahan Tandan Buah Sawit (TBS) Menjadi Minyak Kelapa Sawit*. Instiper Press.
  9. Sukamto, I. T. N. (58). *Kiat Meningkatkan Produktivitas dan Mutu Kelapa Sawit*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
  10. MPOB, Ministry of Plantation Industries and Commodities. (2015). *Grading Procedures. In Oil Palm Fruit Grading Manual*, 3rd ed.; MPOB: Kajang, Selangor, Malaysia, 8–13.
  11. Serway, R. A. & Jewett, J. W. (2009). *Fisika untuk sains dan teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.
  12. Krisman, Julianti, C. S. F., & Juandi, M. (2019). Analisa Interpretasi Pola Aliran Air Bawah Tanah Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki Pekanbaru Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger. *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia*, **16**(1), 1–7.
  13. Lüpke, F., Cuma, D., Korte, S., Cherepanov, V., & Voigtländer, B. (2018). Four-point probe measurements using current probes with voltage feedback to measure electric potentials. *Journal of Physics: Condensed Matter*, **30**(5), 054004.
  14. Schuetze, A. P., Lewis, W., Brown, C., & Geerts, W. J. (2004). A laboratory on the four-point probe technique. *American Journal of Physics*, **72**(2), 149–153.
  15. Misron, N., Kamal Azhar, N. S., Hamidon, M. N., Aris, I., Tashiro, K., & Nagata, H. (2020). Fruit Battery with Charging Concept for Oil Palm Maturity Sensor. *Sensors*, **20**(1), 226.
  16. Hasibuan, H. A. (2020). Penentuan Rendemen, Mutu dan Komposisi Kimia Minyak Sawit dan Minyak Inti Sawit Tandan Buah Segar Bervariasi Kematangan sebagai Dasar untuk Penetapan Standar Kematangan Panen. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, **28**(3), 123–132.
  17. Saktioto, R. F. S., Soerbakti, Y., Saputra, A., Syamsudhuha, H. H., & Anita, S. (2020). Characteristic of Electrical Power Dissipation of Oil Palm Fruits during Storage Time. *Journal of Southwest Jiaotong University*, **55**(6).
  18. Saputra, A., Candra, W., Soerbakti, Y., Syahputra, R. F., Defrianto, D., & Saktioto, S. (2019). Studi Grading Buah Sawit Dengan Bantuan Injeksi Tegangan Listrik Searah. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **16**(2), 103–106.



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

## ANALISA SIFAT ELEKTROKIMIA ELEKTRODA SUPERKAPASITOR BERBASIS KARBON AKTIF DARI KULIT SINGKONG

Eva Wahyuni Harahap, Erman Taer\*, Ari Sulisty Rini

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

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

### ABSTRACT

Another problem from technological developments and advancements is the increase in population which causes increasingly complex waste management problems. One type of urban waste is waste caused by industrial waste such as waste from processing cassava or cassava. The use of cassava peel as a precursor of activated carbon with a high specific capacitance value has been proven. The resulting carbon powder is converted in the form of pellets or monoliths using a hydraulic press without the addition of adhesives. The carbonization process is carried out from room temperature to 600°C in an N<sub>2</sub> gas environment, while the physical activation process is carried out from 600°C to a high temperature of 850°C in a CO<sub>2</sub> gas environment. Density analysis was reviewed as an initial evaluation of porous carbon electrodes. Furthermore, the electrochemical properties of the supercapacitor were evaluated through three different techniques including cyclic voltammetry (CV), galvanostatic charge discharge (GCD) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) techniques in a two-electrode system in 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> electrolyte. The results of the research have obtained carbon electrodes from cassava peel waste through chemical and physical activation processes. After testing the electrochemical properties of the supercapacitor electrode, the specific capacitance value of the supercapacitor cell on the chemical activator ZnCl<sub>2</sub> with a concentration of 0.3 M and 0.7 M, respectively, was 196 F/g, 176.7 F/g in the CV method of 183.62 F/g, 147.64 F/g on the GCD method and 135 F/g, 126.6 F/g on the EIS method. These results confirm that the cassava peel has the potential to be used as a porous activated carbon for the base material for supercapacitor electrodes.

**Keywords:** Cyclic Voltammetry, Galvanostatic Charge Discharge, Electrochemical Impedance Spectroscopy, Carbon Precursor, Specific Capacitance.

### ABSTRAK

Permasalahan lain dari perkembangan dan kemajuan teknologi adalah peningkatan populasi penduduk yang menyebabkan masalah penanggulangan limbah yang semakin kompleks. Salah satu jenis limbah perkotaan adalah limbah yang disebabkan oleh limbah industri seperti limbah hasil pengolahan ubi kayu atau singkong. Pemanfaatan kulit singkong sebagai prekursor karbon aktif dengan nilai kapasitansi spesifik yang tinggi telah dibuktikan. Serbuk karbon yang dihasilkan dikonversi dalam bentuk pellet atau monolit dengan menggunakan hidraulik press tanpa adanya penambahan bahan perekat. Proses karbonisasi dilakukan dari suhu kamar hingga 600°C pada lingkungan gas N<sub>2</sub> sedangkan proses aktivasi fisika dilakukan dari suhu 600°C hingga pada suhu tinggi 850°C pada lingkungan gas CO<sub>2</sub>. Analisis densitas ditinjau sebagai evaluasi awal elektroda karbon berpori. Lebih lanjut, sifat elektrokimia superkapasitor dievaluasi melalui tiga teknik yang berbeda meliputi teknik cyclic voltammetry (CV), galvanostatic charge discharge (GCD) dan electrochemical impedance spectroscopy (EIS) pada sistem dua elektroda dalam elektrolit 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Hasil penelitian telah didapatkan elektroda karbon dari limbah kulit singkong melalui proses aktivasi kimia dan fisika. Setelah dilakukan pengujian sifat elektrokimia elektroda superkapasitor diperoleh nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor pada aktivator kimia ZnCl<sub>2</sub> dengan konsentrasi 0,3 M dan 0,7 M berturut-turut sebesar 196 F/g, 176,7 F/g pada metode CV, 183,62 F/g, dan 147,64 F/g pada metode GCD dan sebesar 135 F/g, 126,6 F/g pada metode EIS. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa kulit singkong berpotensi dijadikan sebagai karbon aktif berpori untuk material dasar elektroda superkapasitor.

**Kata kunci:** Cyclic Voltammetry, Galvanostatic Charge Discharge, Electrochemical Impedance Spectroscopy, Prekursor Karbon, Kapasitansi Spesifik.

Diterima 09-08-2022 | Disetujui 22-01-2023 | Dipublikasi 27-06-2023

## PENDAHULUAN

Permasalahan lain dari perkembangan dan kemajuan teknologi adalah peningkatan populasi penduduk yang menyebabkan masalah penanggulangan limbah yang semakin kompleks. Salah satu jenis limbah perkotaan adalah limbah yang disebabkan oleh limbah industri seperti limbah hasil pengolahan ubi kayu atau singkong [1]. Ubi kayu atau singkong dikenal sebagai salah satu komoditas pertanian terpenting di Indonesia. Singkong digunakan sebagai bahan baku untuk produksi makanan serta kue tradisional. Daunnya dapat dimanfaatkan sebagai sayuran atau obat alami karena mengandung protein dan senyawa bioaktif lainnya dalam jumlah tinggi, dan kayunya sering digunakan sebagai kayu bakar untuk memasak. Pengolahan singkong menghasilkan limbah padat (kulit singkong) dalam jumlah besar, dan pembuangan limbah padat tersebut secara langsung menimbulkan masalah lingkungan [1].

Pemanfaatan kulit singkong sebagai prekursor karbon aktif dengan luas permukaan yang tinggi telah dibuktikan pada beberapa penelitian sebelumnya. Beberapa hasil penelitian tersebut telah didapatkan elektroda karbon dari limbah kulit singkong melalui proses aktivasi kimia dan fisika.

Namun beberapa penelitian tersebut tidak menunjukkan secara detail perbandingan analisis kinerja elektrokimia pada elektroda karbon untuk superkapasitor. Selain itu juga dilakukan dengan penambahan bahan perekat pada karbon aktif, sehingga potensi yang dihasilkan tidak murni berasal dari bahan biomassa tersebut.

Oleh karena itu berdasarkan pertimbangan pemikiran tersebut, proposal penelitian ini difokuskan pada identifikasi sifat elektrokimia berbasis elektroda karbon dari limbah kulit singkong yang bertujuan untuk mendapatkan informasi terbaru pada analisis kinerja elektrokimia dari superkapasitor. Dari analisis tersebut didapatkan nilai kapasitansi yang digunakan untuk menghitung kandungan energi listrik yang dapat disimpan dari sebuah sel

superkapasitor dari bahan asal limbah kulit singkong. Sifat kapasitif karbon aktif dari bahan limbah padat ini akan diuji menggunakan metode *electrochemical impedance spectroscopy* (EIS), *cyclic voltammetry* (CV), dan *galvanostatic charge discharge* (GCD). Selain itu, penelitian ini juga dilakukan atas pertimbangan ramah lingkungan, artinya kinerja yang dihasilkan dari pengujian adalah nilai murni atas kinerja bahan biomassa yang digunakan tanpa penambahan bahan sintetik seperti metal oksida, polimer konduktif, proses pencetakan, pemberian kerangka metal, atau PVDF. Pengujian sifat fisika elektroda karbon yang dihasilkan juga dilakukan pada pengujian densitas atau susut massa dari elektroda karbon.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Superkapasitor

Superkapasitor, juga disebut kapasitor elektrokimia atau ultrakapasitor, telah menjadi daya tarik intensif sebagai perangkat penyimpanan energi, yang menjembatani kesenjangan antara kapasitor dielektrik konvensional dan baterai ion litium [2,3]. Karena kapasitas dayanya yang lebih tinggi, stabilitas siklus yang lebih lama dibandingkan dengan LIB (*lithium ion battery*), dan kepadatan energi yang lebih baik daripada kapasitor dielektrik. Superkapasitor dengan keamanan lebih tinggi dianggap sebagai alternatif untuk baterai yang membutuhkan aplikasi pengiriman daya tinggi [4,5].

Berdasarkan mekanisme penyimpanan atau konfigurasi sel, superkapasitor dapat dibedakan menjadi beberapa jenis seperti kapasitor, elektrokimia lapisan ganda listrik EDLC dan pseudo-kapasitor PC. EDLC didasarkan pada luas permukaan spesifik material nanopori sebagai bahan elektroda aktif, yang mengarah ke kapasitansi yang sangat besar dibandingkan dengan kapasitor elektrostatis. Elektroda biasanya terbuat dari bahan karbon nanopori dengan ketersediaannya relatif melimpah, produksi industri yang ada, dan biaya yang relatif rendah [6].

## Analisi Elektrokimia

### Cyclic Voltammetry (CV)

Pengukuran menggunakan metode voltametri siklis dilakukan untuk memberikan informasi tentang sifat kapasitif sel elektrokimia seperti jendela potensial, kapasitansi dan batas waktu hidup (*cycle life*) [7]. Kapasitansi spesifik  $C_{sp}$  pada superkapasitor adalah refleksi dari muatan listrik  $Q$  disimpan pada perubahan tegangan  $V$ , dimana mengacu pada massa, luas permukaan atau volume bahan elektroda. Oleh karena itu,  $C_{sp}$  sering sesuai dengan kapasitansi gravimetri ( $Fg^{-1}$ ), luas kapasitansi ( $Fcm^{-2}$ ), dan kapasitansi volume ( $Fcm^{-3}$ ). Selain itu,  $C_{sp}$  dapat digunakan untuk menilai kinerja perangkat, ketika dinormalisasi oleh berat atau volume seluruh perangkat [8]:

$$C_{sp} = \frac{\Delta Q}{\Delta V_{\epsilon}} = \frac{I\Delta t}{\Delta V_{\epsilon}} \quad (1)$$

### Galvanostatic Charge Discharge (GCD)

Lebih lanjut, sifat elektrokimia sampel karbon juga dievaluasi dengan metode GCD pada rapat arus yang konstan 2 A/g. Berdasarkan data GCD, kapasitansi spesifik ( $C_{sp}$ ), dan resistansi ( $R$ ) dari masing-masing elektroda superkapasitor dapat dihitung dengan persamaan standar [9]:

$$C_{sp} = \frac{I\Delta t}{m\Delta V} \quad (2)$$

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (3)$$

$I$  adalah rapat arus saat gcd (A/g),  $\Delta V$  adalah tegangan saat pengosongan (V),  $\Delta t$  adalah waktu saat pengosongan (s), dan  $R$  adalah resistansi elektroda ( $\Omega$ ).

Profil GCD menunjukkan bentuk segitiga simetris yang tidak sempurna dengan karakteristik non-linier yang mengindikasikan adanya sifat kapasitor elektrokimia lapis ganda

listrik yang menjanjikan pada sampel dan diikuti oleh reaksi faradaic akibat distribusi unsur sampel yang mengandung heteroatom yang mengindikasikan adanya sifat pseudo-kapasitansi pada tiap sampel [10].

### Elektrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)

EIS merupakan parameter penting untuk menyelidiki konduktivitas listrik elektroda dengan Plot Nyquist, yang memberikan informasi tentang perilaku resistif elektroda [11]. Kurva Nyquist yang dihasilkan dari data EIS merepresentasikan 3 bagian frekuensi: bagian setengah lingkaran berhubungan dengan tahanan pemindahan muatan atau tahanan polarisasi,  $R_p$ . Perpotongan setengah lingkaran pada bagian kiri dari sumbu real adalah tahanan larutan,  $R_s$ . Diameter dari setengah lingkaran adalah menunjukkan polarisasi tahanan,  $R_p$ . Garis lurus dengan kemiringan 45 berkaitan dengan impedan Warburg yang dihasilkan oleh difusi ion elektrolit pada poros elektroda. Garis vertikal pada sumbu real disebabkan oleh sifat kapasitif murni. Kapasitan spesifik dapat dihitung dengan menggunakan impedan plot berdasarkan rumus [12]:

$$C_{sp} = \frac{-2}{2\pi f z'' m_{rata-rata}} \quad (4)$$

### Biomassa Ubi Kayu

Singkong menghasilkan karbohidrat sekitar 40% lebih tinggi dari beras dan 25% lebih banyak dari jagung. Kulit singkong juga mengandung karbohidrat sebanyak 16,72% yang dapat membentuk asam asetat ( $CH_3COOH$ ), selain asam asetat terdapat juga asam sianida (HCN). HCN merupakan salah satu elektrolit yang dapat menghasilkan arus listrik, sehingga sangat memungkinkan bahwa kulit singkong dapat menghasilkan arus listrik [13]. Hasil riset mengungkapkan bahwa rata-rata kulit singkong memiliki kadar air berkisar antara 9,93% – 11,46%, volatile berkisar antara 77,93% – 81,93%, kadar abu berkisar 1,93% –

4,36% menunjukkan rendahnya kandungan mineral pada kulit singkong [14]. Pemanfaatan limbah kulit singkong selama ini masih belum optimal, umumnya sebagai pakan ternak, pupuk organik, dan bahan makanan olahan. Kulit singkong mengandung 59,31% C; 9,78% H; 28,74% O; 2,06 % N; 0,11% S; 0,3% Ash; dan 11,4% H<sub>2</sub>O [15].

## METODE PENELITIAN

### Preparasi Karbon Berpori dari Kulit Singkong

Limbah kulit singkong diperoleh dari ladang pertanian tradisional di provinsi Riau, yang kemudian dicuci, dipotong (4 cm × 5 cm) dan dikeringkan pada sinar matahari selama 2 hari. Selanjutnya dilakukan pra karbonisasi dalam oven pada suhu 250°C selama 2,5 jam, dilanjutkan dengan penggilingan dan penghalusan untuk menghasilkan serbuk prakarbonisasi yang homogen dengan ukuran partikel < 53 μm. Sampel ini kemudian diaktivasi secara kimia melalui ZnCl<sub>2</sub> dengan variasi konsentrasi 0,3 M dan 0,7 M. dengan menggunakan instrumen hotplate pada suhu 80°C dan kecepatan putar 300 rpm, dan setelahnya dikeringkan pada oven pengering suhu 110°C.



**Gambar 1.** Konversi serbuk menjadi monolit.

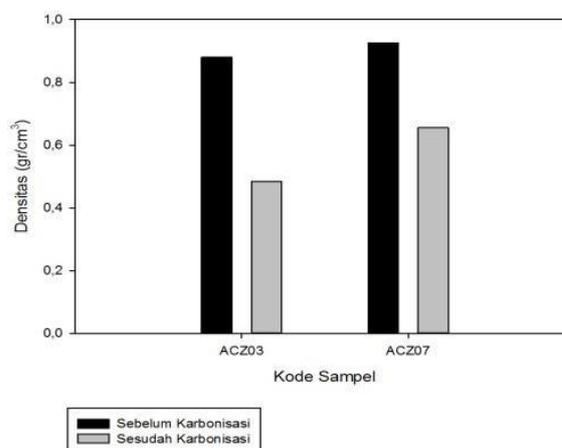
Lebih lanjut, serbuk karbon aktif dikonversi menjadi bentuk monolit dengan menggunakan hidrolik press pada beban yang setara ± 8 ton. Semua sampel dipirolysis terintegrasi satu tahap meliputi karbonisasi pada suhu 600°C di lingkungan gas N<sub>2</sub>, dan aktivasi fisika pada lingkungan gas CO<sub>2</sub> selama 2,5 jam pada suhu 850°C. Tahap terakhir adalah preparasi sel superkapasitor dalam bentuk susunan koin yang terdiri dari dua elektroda karbon dari limbah

kulit singkong, elektrolit 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, pengumpul arus berbahan stainless steel, dan separator dari membran kulit telur itik [16].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Densitas

Perubahan densitas monolit merupakan karakteristik yang penting sebagai analisa awal untuk mengevaluasi sifat fisis karbon aktif monolit yang dapat menunjang sifat elektrokimia yang baik. Perubahan densitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain aktivasi kimia, karbonisasi, dan aktivasi fisika [9]. Aktivator kimia yang digunakan diketahui bereaksi langsung dengan serbuk karbon, sedangkan aktivasi fisika berinteraksi dengan permukaan elektroda, yang selanjutnya menyebabkan penurunan densitas semua variasi sampel. Pada proses pirolisis yang mencakup karbonisasi maupun aktivasi fisika menyebabkan penguapan senyawa non- karbon, volatil, dan kandungan air dalam bahan baku dan otomatis mengurangi dimensi monolit termasuk massa, volume, dan densitas [17].



**Gambar 2.** Perubahan densitas monolit karbon.

Semua sampel menunjukkan penurunan densitas setelah proses pirolisis satu tahap dari karbonisasi dan aktivasi fisika. Penurunan densitas ini jelas disebabkan karena proses karbonisasi dan aktivasi fisika yang dilakukan pada suhu tinggi. Proses karbonisasi dari 30°C hingga 600°C mengurangi dan menguraikan air,

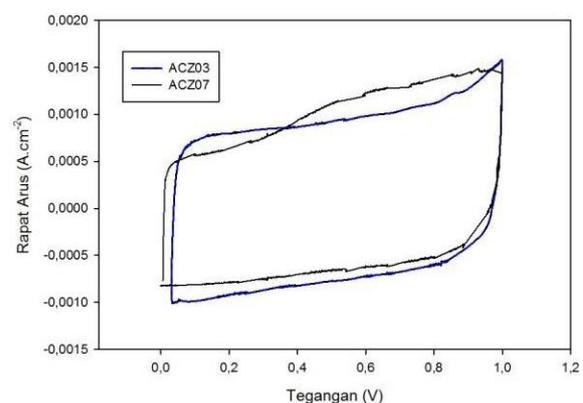
mineral, dan kelembapan, dan semua senyawa kompleks termasuk hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Proses ini mengubah bahan dasar menjadi karbon murni dan dapat meningkatkan kandungan karbon [18]. Akan tetapi, produk sampingan karbonisasi berupa tar padat menutupi pori-pori yang telah terbentuk sehingga perlu dilakukan aktivasi secara fisika pada suhu tinggi pada atmosfer gas  $\text{CO}_2$ . Aktivasi fisika dari suhu  $600^\circ\text{C}$  ke suhu yang lebih tinggi dapat menghilangkan produk sampingan dari proses karbonisasi yang menutupi pori dan dapat mengekspansikan struktur pori ke arah yang relatif lebih baik [9]. Akibatnya, semua sampel karbon monolit mengalami penurunan densitas. Lebih lanjut, Gambar 2 menunjukkan sampel yang telah teraktivasi kimia dengan Zink Klorida secara dramatis menurunkan densitas rata-rata 27%. Hal ini mengkonfirmasi bahwa aktivasi kimia dengan senyawa zink klorida berpengaruh dalam memberikan sifat porositas pada sampel. Densitas sampel monolit setelah pirolisis masing-masing sebesar  $0,655 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,484 \text{ g/cm}^3$  dengan penurunan yang signifikan sebesar 27%.

### Analisis sifat elektrokimia

Analisis tentang sifat elektrokimia karbon aktif monolit yang dipersiapkan dari bahan asal limbah kulit singkong diperlukan untuk optimalisasi aplikasi elektrokimia superkapasitor. Sifat kapasitif meliputi kapasitansi spesifik, energy spesifik dan daya spesifik dari monolit yang dievaluasi menggunakan teknik cyclic voltammetry, teknik galvanostatic charge-discharge, dan teknik electrochemical impedance spectroscopy.

Gambar 3 menunjukkan kurva cyclic voltammetry (CV) dari sampel karbon aktif monolit berbahan asal kulit singkong yang diaktivasi kimia dan diaktivasi fisika pada dalam elektrolit  $1 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ . Kurva CV jelas menunjukkan area loop persegiempat terdistorsi dan beberapa kurva menunjukkan adanya kenaikan arus yang sedikit melonjak. Ini

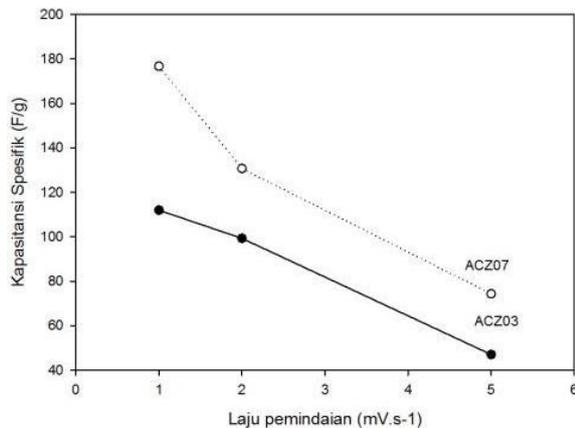
menunjukkan bahwa kinerja kapasitif yang ideal untuk tipe normal kapasitor elektrokimia lapis ganda listrik dan disertai dengan karakteristik pseudo-kapasitansi. Lebih lanjut, sampel precursor menunjukkan kurva CV yang relatif segiempat yang baik mengindikasikan sifat normal kapasitor lapis ganda [8]. Sampel ACZ03 menghasilkan kurva segiempat dengan kenaikan arus pada rentang tegangan  $0.5 - 0.9 \text{ V}$  yang luas mengkonfirmasi pseudokapasitansi faradaic yang dikaitkan dengan keberadaan kelompok fungsional yang beragam atau heteroatom pada distribusi unsur sampel. Beberapa jenis heteroatom yang berkontribusi pada sifat pseudo-kapasitansi ini antara lain seperti N, O, S, dan P. Unsur-unsur ini hadir sebagian kecil disumbangkan dari unsur dasar penyusun limbah biomassa.



**Gambar 3.** Kurva CV dari elektroda karbon aktif monolit berbahan asal kulit singkong.

Kapasitansi spesifik dapat dievaluasi berdasarkan kurva CV melalui persamaan standar yang telah disampaikan sebelumnya. Berdasarkan persamaan ini didapatkan kapasitansi spesifik sebesar  $196 \text{ F/g}$ , dan  $176,7 \text{ F/g}$  pada masing-masing sampel yang diaktivasi melalui  $\text{ZnCl}_2$  dengan konsentrasi  $0,3 \text{ M}$  dan  $0,7 \text{ M}$ . Hasil ini dikarenakan sifat fisis sampel yang berubah akibat impregnasi Zink Klorida dan perbedaan konsentrasi yang diterapkan. Impregnasi Zink Klorida dapat mengubah struktur morfologi permukaan menjadi berpori dan meningkatkan status elemen karbon serta dekomposisi heteroatom. Karakteristik-karakteristik ini membantu menyediakan bidang kontak ion dan elektroda semakin

banyak sehingga meningkatkan kinerja material elektroda.



**Gambar 4.** Kurva kapasitansi spesifik versus laju pemindaian dari elektroda karbon aktif monolit berbahan asal kulit singkong.

Kedua sampel elektroda karbon monolit ini juga dievaluasi pada tingkat pemindaian yang berbeda yaitu 1 mV/s, 2 mV/s, dan 5 mV/s. Kapasitansi spesifik yang dihasilkan terhadap penerapan laju pemindaian pada masing-masing sampel ini dapat ditinjau pada Gambar 4. Lebih lanjut, ternyata, laju pemindaian mempengaruhi kapasitansi spesifik elektroda karbon, dimana peningkatan laju pemindaian lebih tinggi dari 1 mV/s hingga 5 mV/s mereduksi kapasitansi spesifik semua sampel. Hal ini mengkonfirmasi bahwa sampel memiliki daya tahan elektrokimia yang lebih cukup baik.

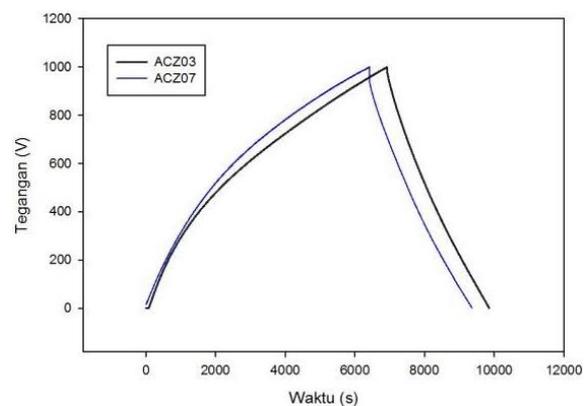
**Tabel 1.** kapasitansi spesifik ( $C_{sp}$ ), rapat energi ( $E_{sp}$ ), dan rapat daya ( $P_{sp}$ ) yang dihasilkan dengan metode pengujian CV.

Kode sampel	$C_{sp}$ (F/g)	$E_{sp}$ (Wh/kg)	$P_{sp}$ (W/kg)
ACZ03	196	26,46	95,35
ACZ07	176,7	23,85	85,96

Rapat energi dan rapat daya juga dievaluasi untuk tiga variasi melalui persamaan standar. Hasil kapasitansi spesifik, rapat energi, dan rapat daya yang dihasilkan dengan metode pengujian CV secara rinci dirangkum pada Tabel 1. Hasil ini serupa dengan yang dilaporkan sebelumnya yang menunjukkan karbon aktif berpori dari bambu dengan energi

spesifik dan daya spesifik 10,9 Wh/kg dan 63 W/kg.

Lebih lanjut, sifat elektrokimia dari elektroda superkapasitor dari kulit singkong dievaluasi dengan metode galvanostatic charge discharge (GCD). Gambar 5 menampilkan profil galvanostatic charge discharge (GCD) pada rapat arus 1 A/g dengan laju pemindaian 1 mV/s. Profil GCD menunjukkan bentuk segitiga simetris yang tidak sempurna dengan karakteristik non-linier yang mengindikasikan adanya sifat kapasitor elektrokimia lapis ganda listrik yang menjanjikan pada sampel dan diikuti oleh reaksi faradaic akibat distribusi unsur sampel yang mengandung heteroatom yang mengindikasikan adanya sifat pseudo-kapasitansi pada tiap sampel.



**Gambar 5.** Kurva CV dari elektroda karbon aktif monolit berbahan asal kulit singkong.

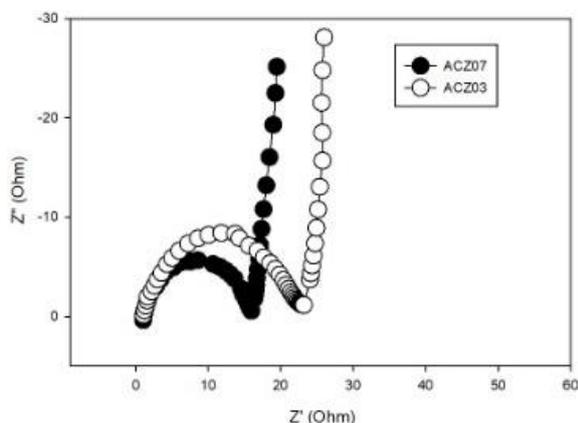
**Tabel 2.** kapasitansi spesifik ( $C_{sp}$ ), rapat energi ( $E_{sp}$ ), dan rapat daya ( $P_{sp}$ ) yang dihasilkan dengan metode pengujian GCD.

Kode sampel	$C_{sp}$ (F/g)	$E_{sp}$ (Wh/kg)	$P_{sp}$ (W/kg)
ACZ03	183,62	24,78	89,41
ACZ07	147,64	19,93	71,89

Kurva menunjukkan kelengkungan terbesar terjadi pada sampel ACZ03 yang mengkonfirmasi tipe pseudokapasitan karena adanya senyawa heteroatom pada elemen sampel. Selanjutnya juga dikonfirmasi dengan nilai kapasitansi spesifik, rapat energi dan rapat daya pada sampel ACZ03 lebih tinggi dibanding sampel lainnya. Dengan nilai kapasitansi spesifik setiap sampel berturut-turut

ACZ03, dan ACZ07 adalah 183,62 F/g, dan 147,6 F/g. Tren data ini juga sama dengan rapat daya dan rapat energi yang dihasilkan dan dapat terlihat pada Tabel 2.

Perbedaan agen aktivator kimia berperan dalam mempengaruhi setiap parameter pada pengujian GCD ini. Lebih lanjut sifat elektrokimia dari elektroda superkapasitor berbasis karbon aktif berbahan limbah kulit singkong dievaluasi dengan teknik Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). Metode ini dianalisa untuk mengkonfirmasi proses elektrokimia yang terjadi pada antarmuka elektroda/elektrolit. Hasil dari analisa ini berupa plot nyquist yang mengkonfirmasi tahanan pemindahan muatan atau tahanan polarisasi,  $R_p$ , tahanan larutan,  $R_s$ , dan sifat kapasitif murni dari elektroda. Perbedaan konsentrasi dari agen aktivator kimia mempengaruhi sifat elektrokimia pada elektroda. Perbedaan tersebut dapat terlihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Kurva EIS dari elektroda karbon aktif monolit berbahan asal kulit singkong.

**Tabel 3.** Nilai kapasitansi spesifik, resistansi polarisasi, dan resistansi elektrolit pada pengujian EIS.

Kode sampel	$C_{sp}$ (F/g)	$R_s$ ( $\Omega/cm^2$ )	$R_p$ ( $\Omega/cm^2$ )	$R_{ct}$ ( $\Omega/cm^2$ )
ACZ03	113	1,24	16,63	15,39
ACZ07	126,6	1,61	13,63	12,02

Kinerja terbaik ditunjukkan pada sampel ACZ07 yang ditandai dengan setengah lingkaran yang menunjukkan tahanan transfer muatan terkecil pada sampel ACZ07. Hal ini

mengartikan bahwa tahanan transfer muatan terkecil ada di sampel ACZ07 sehingga meningkatkan nilai kapasitif dari elektroda. Lebih lanjut hal ini dikonfirmasi dengan nilai yang diperoleh pada persamaan standar yang terlihat pada Tabel 3.

Dari hasil yang didapatkan, setiap parameter mempengaruhi nilai kapasitansi spesifik setiap sampel. Nilai tahanan terbesar didapatkan pada sampel AC003 dengan nilai  $15,39 \Omega/cm^2$  sehingga memiliki nilai kapasitansi terkecil sebesar 113 F/g. Dan kinerja terbaik dihasilkan pada sampel ACZ07 dengan nilai tahanan  $12,02 \Omega/cm^2$  dan kapasitansi spesifik sebesar 126,6 F/g. Tahanan elektrolit ( $R_s$ ) menunjukkan data yang hampir sama, hal ini disebabkan elektrolit yang digunakan untuk semua sampel dalam penelitian ini sama yaitu  $H_2SO_4$  1 M.

## KESIMPULAN

Penerapan konsentrasi aktivator  $ZnCl_2$  juga mempengaruhi sifat fisis dan sifat elektrokimia sampel karbon aktif kulit singkong. Konsentrasi 0,3 M menghasilkan sifat fisis dan sifat elektrokimia karbon terbaik. Hal ini dikonfirmasi dengan nilai kapasitansi spesifik yang lebih baik dari metode CV dan GCD yang diterapkan. Analisa sifat elektrokimia yang telah dilakukan dengan tiga metode yang diterapkan menunjukkan hasil yang relatif sama pada nilai kapasitansi spesifik sampel dengan nilai terbaik ada pada sampel ACZ03. Dari ketiga metode tersebut parameter pengukuran yang lengkap dapat dilihat pada metode EIS yang memperlihatkan juga beberapa nilai resistansi.

## REFERENSI

1. Ismanto, A. E., Wang, S., Soetaredjo, F. E., & Ismadji, S. (2010). Preparation of capacitor's electrode from cassava peel waste. *Bioresource Technology*, **101**(10), 3534–3540.
2. Burke, A. (2000). Ultracapacitors: why, how, and where is the technology. *Journal of power sources*, **91**(1), 37–50.

3. Liu, C., Li, F., Ma, L. P., & Cheng, H. M. (2010). Advanced materials for energy storage. *Advanced materials*, **22**(8), E28–E62.
4. Augustyn, V., Simon, P., & Dunn, B. (2014). Pseudocapacitive oxide materials for high-rate electrochemical energy storage. *Energy & Environmental Science*, **7**(5), 1597–1614.
5. Zhang, S., & Pan, N. (2015). Supercapacitors performance evaluation. *Advanced Energy Materials*, **5**(6), 1401401.
6. Thomas, P., Lai, C. W., & Johan, M. R. B. (2019). Recent developments in biomass-derived carbon as a potential sustainable material for super-capacitor-based energy storage and environmental applications. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **140**, 54–85.
7. Kalpana, D., Cho, S. H., Lee, S. B., Lee, Y. S., Misra, R., & Renganathan, N. G. (2009). Recycled waste paper—A new source of raw material for electric double-layer capacitors. *Journal of Power Sources*, **190**(2), 587–591.
8. Wang, Y., Qu, Q., Gao, S., Tang, G., Liu, K., He, S., & Huang, C. (2019). Biomass derived carbon as binder-free electrode materials for supercapacitors. *Carbon*, **155**, 706–726.
9. Miller, E. E., Hua, Y., & Tezel, F. H. (2018). Materials for energy storage: Review of electrode materials and methods of increasing capacitance for supercapacitors. *Journal of Energy Storage*, **20**, 30–40.
10. Wei, H., Wang, H., Li, A., Li, H., Cui, D., Dong, M., ... & Guo, Z. (2020). Advanced porous hierarchical activated carbon derived from agricultural wastes toward high performance supercapacitors. *Journal of Alloys and Compounds*, **820**, 153111.
11. Amakoromo, T. E., Abumere, O. E., Amusan, J. A., Anye, V., & Bello, A. (2021). Porous carbon from Manihot Esculenta (cassava) peels waste for charge storage applications. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, **4**.
12. Barmawi, I., Taer, E., & Umar, A. A. (2011). Efek Penumbuhan Nanopartikel Platinum Pada Elektroda Karbon Terhadap Prestasi Superkapasitor. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, **11**(1), 1–5.
13. Winarno, F. (1990). Singkong dan Pengolahannya. *Aksara Baru*.
14. Kayiwa, R., Kasedde, H., Lubwama, M., & Kirabira, J. B. (2021). The potential for commercial scale production and application of activated carbon from cassava peels in Africa: A review. *Bioresource Technology Reports*, **15**, 100772.
15. Ikawati, I., & Melati, M. (2010). *Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati*. Semkarbon: Universitas Diponegoro.
16. Taer, E., Yanti, N., Mustika, W. S., Apriwandi, A., Taslim, R., & Agustino, A. (2020). Porous activated carbon monolith with nanosheet/nanofiber structure derived from the green stem of cassava for supercapacitor application. *International Journal of Energy Research*, **44**(13), 10192–10205.
17. Taer, E., Handayani, R., Apriwandi., Taslim, R., Awitdrus, Amri, A., Agustino, & Iwantono, I. (2019). The synthesis of bridging carbon particles with carbon nanotubes from Areca catechu Husk Waste as supercapacitor electrodes. *International Journal of Electrochemical Science*, **14**, 9436–9448.
18. González, A., Goikolea, E., Barrena, J. A., & Mysyk, R. (2016). Review on supercapacitors: Technologies and materials. *Renewable and sustainable energy reviews*, **58**, 1189–1206.



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

## ANALISIS PENURUNAN KADAR AIR GAPLEK MENGUNAKAN ALAT PENGERING KABINET BERBASIS BIOMASSA TEMPURUNG KELAPA

**Peri Ridwan Nurhedi, Juandi Muhammad\***

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

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

### ABSTRACT

*Gaplek is one of the processed cassava products by cutting it into pieces, soaking, and drying it. The drying process for making cassava is necessary because the water content in cassava determines the quality of processed cassava products, one of which is cassava flour. The drying method that can use to dry cassava is to use a cabinet dryer based on coconut shell biomass. In this research, cassava drying was carried out using a cabinet drying machine based on coconut shell biomass. The YL-69 sensor is added to measure moisture content automatically, and then the data read will be calibrated using data from measurements using the MD7822 Grain Moisture Meter sensor. The method used for this research is the experimental method. The coconut shell biomass used was 2500 grams, and the cassava sample used was 500 grams on each drying rack. This study's results indicate a very strong correlation between measuring moisture content using the YL-69 sensor and the Grain Moisture Meter MD7822, which can be seen from the average correlation value of 0.954601. In addition, there was a significant reduction in cassava mass after drying by 44.2%, which indicated that drying with this method could dry cassava optimally.*

**Keywords:** Gaplek, YL-69 Sensor, Grain Moisture Meter MD7822, Coconut Shell.

### ABSTRAK

*Gaplek merupakan salah satu hasil olahan singkong dengan cara dipotong potong, direndam dan dikeringkan. Proses pengeringan pada pembuatan gaplek diperlukan karena kandungan kadar air didalam gaplek menentukan kualitas dari hasil olahan gaplek, salah satunya tepung gaplek. Metode pengeringan yang dapat dilakukan untuk mengeringkan gaplek adalah dengan menggunakan alat pengering kabinet berbasis biomassa tempurung kelapa. Pada penelitian ini dilakukan pengeringan gaplek dengan menggunakan alat pengering kabinet berbasis biomassa tempurung kelapa. Sensor YL-69 ditambahkan untuk mengukur kadar air secara otomatis, kemudian data yang terbaca akan dikalibrasikan menggunakan data dari pengukuran menggunakan sensor Grain Moisture Meter MD7822. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Biomassa tempurung kelapa yang digunakan adalah sebanyak 2500 gram dan sampel gaplek yang digunakan adalah sebanyak 500 gram pada setiap rak pengering. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan korelasi yang sangat kuat antara pengukuran kadar air menggunakan sensor YL-69 dan Grain Moisture Meter MD7822, yang dapat dilihat dari nilai rata-rata korelasi sebesar 0,954601. Selain itu, terjadipengurangan massa gaplek yang signifikan setelah dilakukan pengeringan sebesar 44,2% yang menunjukkan bahwa pengeringan dengan metode ini dapat mengeringkan gaplek dengan optimal.*

**Kata kunci:** Gaplek, Sensor YL-69, Grain Moisture Meter MD7822, Tempurung Kelapa.

Diterima 17-01-2023 | Disetujui 21-03-2023 | Dipublikasi 22-06-2023

### PENDAHULUAN

Sebagian besar petani singkong sudah mengenal cara bercocok tanam dengan baik, mulai dari penanaman, pemupukan hingga pemanenan. Permasalahan utama yang masih

dihadapi oleh petani singkong adalah pengolahan pasca panen, seperti pengeringan, penggilingan, dan penyimpanan. Proses pengeringan berfungsi untuk mengurangi kadar air pada singkong yang cukup tinggi, yakni

sebesar 40-70%. Tingginya kadar air pada singkong dapat mempengaruhi kualitas dan kondisi fisik untuk dapat diolah nantinya [1].

Olahan singkong yang memerlukan proses pengeringan adalah pembuatan gapek. Terdapat dua metode yang dapat dilakukan untuk mengeringkan gapek, yaitu metode pengeringan secara alami menggunakan sinar matahari, dan metode pengeringan secara buatan menggunakan bantuan mesin atau alat pengering [2,3]. Keunggulan dari metode pengeringan secara buatan antara lain, tidak membutuhkan lahan yang luas, dan sampel yang dikeringkan dapat terlindung dari debu dan kotoran. Sedangkan untuk kelemahannya antara lain, proses perancangan dan pembuatannya rumit alat yang rumit, kapasitas pengeringan yang terbatas, serta memerlukan biaya yang cukup mahal untuk membuat alat pengering [4-6]. Alat pengering yang digunakan pada penelitian ini adalah alat pengering tipe kabinet berbasis biomassa tempurung kelapa. Penggunaan alat pengering kabinet jenis ini bertujuan untuk meminimalisir penggunaan energi listrik serta untuk memanfaatkan potensi biomassa tempurung kelapa yang sangat besar di Indonesia. Tempurung kelapa mudah diperoleh karena jumlahnya yang melimpah dan saat ini hanya digunakan sebagai arang [7,8].

Alat pengering kabinet yang digunakan saat ini masih dioperasikan secara manual. Alat ini memiliki kelemahan dimana pengguna tidak mengetahui kadar air bahan selama proses pengeringan dilakukan. Berdasarkan hal tersebut, penulis ingin menambahkan sebuah alat pengukur kadar air otomatis pada alat pengering kabinet, dengan tujuan agar kadar air bahan yang dikeringkan akan memenuhi standar. Alat ini menggunakan mikrokontroler Arduino UNO yang berfungsi untuk mengontrol dan memproses data dari perangkat input ke alat output, kemudian menggunakan sensor YL-69 untuk mendeteksi kadar air pada bahan. Sensor *Grain Moisture Meter* MD7822 digunakan untuk mengkalibrasikan data yang terbaca oleh sensor YL-69 tersebut agar data

yang dihasilkan sesuai dengan standar alat pengukur kadar air lainnya. Hasil pengukuran dapat dilihat secara *real time* menggunakan software Arduino IDE dan dapat diunduh dengan format JSON yang kemudian dikonversikan ke dalam format XLSX. Hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam pengolahan data nantinya.

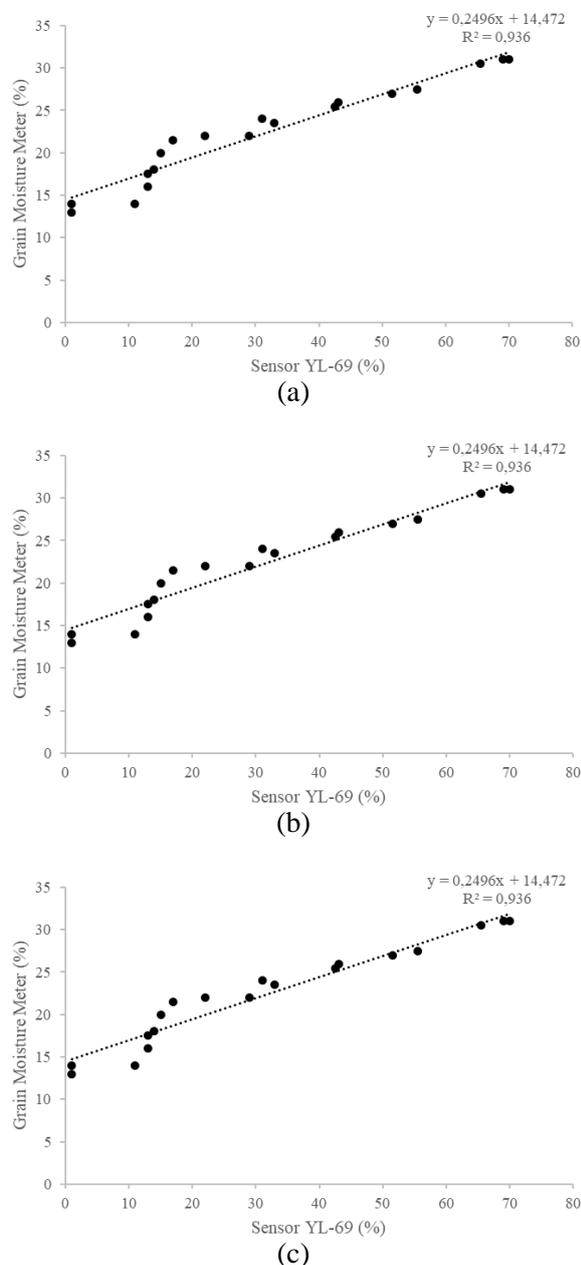
## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu dengan merancang sebuah alat pengering tipe kabinet berbasis biomassa yang ditambahkan sebuah alat dengan sensor YL-69 yang ditempatkan di setiap rak untuk mendeteksi setiap penurunan kadar air yang ada pada sampel. Biomassa tempurung kelapa yang digunakan adalah sebanyak 2500 gram dan sampel gapek yang digunakan adalah sebanyak 500 gram pada setiap rak pengering. Pengukuran kadar air menggunakan sensor YL-69 dilakukan dengan cara mengapitkan 2 buah gapek pada sisi atas dan bawah sensor, sedangkan pengukuran kadar air menggunakan sensor *Grain Moisture Meter* MD7822 dilakukan dengan cara membuka ruang pengering dan diukur sampel gapek pada setiap rak dalam interval waktu 10 menit. Setelah sampel kering, maka sampel akan dikeluarkan dari tempat pengeringan dan di timbang massa dan kadar air yang sudah hilang selama proses pengeringan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Suparto (2017) untuk mengetahui tingkat kekuatan hubungan dan bagaimana arah dari dua variabel dapat menggunakan korelasi sederhana [9]. Rentang dari nilai korelasi terletak antara 0 hingga 1. Pada Gambar 1 ditunjukkan grafik tren penurunan kadar air yang diukur menggunakan sensor YL-69 dan *Grain Moisture Meter* MD7822. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui seberapa akurat pengukuran kadar air menggunakan sensor YL-

69 yang dibandingkan dengan alat yang sudah dikalibrasi sebelumnya yaitu *Grain Moisture Meter* MD7822.



**Gambar 1.** Grafik tren penurunan kadar air menggunakan biomassa 2500 gram tempurung kelapa pada (a) rak 1 (b) rak 2 (c) rak 3.

Pada Gambar 1 ditunjukkan garis tren yang menunjukkan hasil kalibrasi dari pengukuran penurunan kadar air menggunakan sensor YL-69 yang dibandingkan dengan pengukuran menggunakan *Grain Moisture Meter* MD7822 dari hasil pengeringan selama 180 menit. Data hasil kalibrasi pada rak 1 yang ditunjukkan

pada Gambar 1 (a) didapat dari persamaan  $y = 0,2496x + 14,472$ , dengan korelasi sebesar 0,967454. Data kadar air hasil kalibrasi pada rak 2 yang ditunjukkan pada Gambar 1 (b) didapat dari persamaan  $y = 0,2466x + 16,785$  dengan korelasi sebesar 0,947414. Data kadar air hasil kalibrasi pada rak 3 yang ditunjukkan pada Gambar 1 (c) didapatkan dari persamaan  $y = 0,2596x + 16,792$  dengan korelasi sebesar 0,948938. Rata-rata korelasi yang didapatkan dari ketiga rak adalah sebesar 0,954601. Nilai ini menunjukkan bahwa hasil kalibrasi penurunan kadar air pada penelitian ini memiliki hubungan korelasi yang sangat kuat. Korelasi yang berada di interval koefisien 0,8 – 1 menunjukkan tingkat hubungan yang sangat kuat dari suatu data [10]. Data kadar air hasil kalibrasi pada rak 1, rak 2, dan rak 3 dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data kadar air hasil kalibrasi pada rak 1, rak 2, dan rak 3 menggunakan biomassa 2500 gram tempurung kelapa.

Waktu (menit)	Kadar air rak 1 (%)	Kadar air rak 2 (%)	Kadar air rak 3 (%)
0	31,95	33,92	33,93
10	31,70	32,69	32,11
20	30,82	30,72	29,12
30	28,33	28,37	27,95
40	27,33	27,51	27,44
50	25,21	29,11	26,92
60	25,08	25,41	27,82
70	22,21	24,67	22,89
80	22,71	23,57	22,11
90	21,71	22,70	20,95
100	19,96	20,61	20,56
110	18,72	19,99	20,17
120	18,22	20,11	20,04
130	17,97	19,99	19,65
140	17,72	19,50	19,65
150	17,72	17,03	17,05
160	17,22	17,03	17,05
170	14,72	17,03	17,05
180	14,72	17,03	17,05

Perbandingan massa awal dan massa akhir gamplek dari hasil pengeringan menggunakan biomassa 2500 gram tempurung kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Massa Awal dan Massa Akhir Gapek pada Setiap Rak Menggunakan Biomassa 2500 gram Tempurung Kelapa.

Rak	Massa awal (gram)	Massa akhir (gram)
Rak 1	500	302
Rak 2	500	268
Rak 3	500	267

Ditunjukkan pada Tabel 2 bahwa massa akhir gapek terendah terdapat pada rak 3, hal ini disebabkan posisi rak 3 berada paling dekat dengan drum pembakaran biomassa. Perpindahan panas pada proses pembakaran biomassa terjadi secara konduksi, konveksi dan radiasi. Selain itu, terjadi pengurangan massa gapek yang signifikan setelah dilakukan pengeringan sebesar 44,2% yang menunjukkan bahwa pengeringan dengan menggunakan alat pengering kabinet berbasis biomassa ini dapat mengeringkan gapek dengan optimal.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa analisis penurunan kadar air gapek menggunakan alat pengering kabinet berbasis biomassa tempurung kelapa dengan menambahkan sensor YL-69 berhasil dilakukan. Hal ini ditunjukkan dari nilai rata-rata korelasi yang didapatkan dari pengukuran menggunakan YL-69 yang dibandingkan dengan pengukuran menggunakan *Grain Moisture Meter* MD7822 yakni sebesar 0,954601. Kemudian juga ditunjukkan bahwa pengeringan di rak yang berada paling dekat dengan ruang pembakaran lebih cepat terjadi dikarenakan adanya panas radiasi. Persentase pengurangan massa gapek setelah dilakukan pengeringan adalah sebesar 44,2%.

## REFERENSI

1. Purwanti, M., Jamaluddin, J., & Kadirman, K. (2017). Penguapan Air dan Penyusutan

Irisan Ubi Kayu Selama Proses Pengeringan Menggunakan Mesin Cabinet Dryer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 3(1), 127–136.

2. Muhammad, J., & Krisman, K. (2021). Improving homogenous chamber temperature of biomass dryer by automatic air controlling system. *Science, Technology and Communication Journal*, 1(3), 92–96.
3. Juandi, M., Ismawan, I., & Malik, U. (2018). Rancang Bangun Alat Pengering Sistem Isolator Berlapis Papan Batu Kerikil sebagai Penyimpan Panas. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 15(2), 170–174.
4. Tanjung, A., & Zondra, E. (2015). Analisis Sistem Pengaman Menara Seluler Smartfren Pada Perumahan Masyarakat Di Kelurahan Umban Sari. *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, 1(2), 10–19.
5. Juandi, M., Afriyani, E., & Salomo. (2015). Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa sebagai Energi Biomassa untuk Pengeringan Hasil Pertanian. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 12(10), 644–650.
6. Hikma, N., Fitri, A., Izzah, R. F., Syahputra, R. F., & Zulkarnain, Z. (2022). Utilization of Phase Changing Materials as Air Conditioning Alternatives in Eco-Green Systems. *Science, Technology & Communication Journal*, 2(3), 81–84.
7. Jamilatun, S., Salamah, S., & Isparulita, I. D. (2016). Karakteristik Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Dengan Pengaktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Variasi Suhu Dan Waktu. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 13.
8. Fauziah, E., Mooduto, K. R., Nursanti, R. E., & Haryanto, L. W. O. (2022). Pemanfaatan Batok Kelapa sebagai Desain Kemasan Jenang Jacket Khas Banyumas. *Jurnal Desain*, 10(1), 166–177.
9. Suparto. (2017). Analisis Korelasi Variabel-Variabel Yang Mempengaruhi siswa Dalam Memilih Perguruan Tinggi. *Jurnal IPTEK*, 18(02), 1–9.
10. Irdayanti, M. F., Krisman, K., Muhammad, J., & Alqorina, A. (2023). Pemanfaatan Limbah Biomassa Tempurung Kelapa untuk Alat Teknologi Pengering Pakaian Berbasis Arduino Uno. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 20(1), 97–102.



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

## SINTESIS FISIKOKIMIA DARI KARBON AKTIF BERBASIS BIOMASSA SABUT NIPAH (*Nypa fruticans*) UNTUK PERFORMANSI KINERJA SUPERKAPASITOR

Irma Apriyani\*, Rakhmawati Farma, Awitdrus, Aria Yunita  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [irma.apriyani7523@grad.unri.ac.id](mailto:irma.apriyani7523@grad.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*Biomass-based activated carbon materials provide a new approach for the development of high-performance electrode materials for supercapacitor cells. In addition, the carbon materials are low cost and sustainable for large-scale production of electrode materials. In this study, carbon electrodes made from nipa palm (*Nypa fruticans*) coir were synthesized physicochemically. The pore size distribution of the carbon electrodes can be adjusted with the increased CO<sub>2</sub> activation temperature (700°C, 800°C, and 900°C). The results showed that the SN-800 carbon electrode had the lowest density shrinkage and showed excellent electrochemical performance. The highest specific capacitance was obtained at 247 F/g at a current density of 1 A/g in a symmetrical two-electrode system. This work provides an efficient strategy for the preparation of high performance carbon electrodes based on nipa coir biomass.*

**Keywords:** Nipa Coir, Activated Carbon, Physicochemistry, Electrochemical Capacitors.

### ABSTRAK

*Bahan karbon aktif berbasis biomassa memberikan pendekatan baru untuk pengembangan bahan elektroda berkinerja tinggi untuk sel superkapasitor. Selain itu, bahan karbon tersebut memiliki biaya rendah dan bersifat berkelanjutan untuk produksi bahan elektroda dalam skala besar. Pada penelitian ini elektroda karbon berbahan dasar dari sabut nipah (*Nypa fruticans*) yang disintesis secara fisikokimia. Distribusi ukuran pori elektroda karbon dapat disesuaikan dengan suhu aktivasi CO<sub>2</sub> yang ditingkatkan (700°C, 800°C, dan 900°C). Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektroda karbon SN-800 mengalami penyusutan densitas terendah dan menunjukkan kinerja elektrokimia yang sangat baik. Kapasitansi spesifik tertinggi diperoleh sebesar 247 F/g pada rapat arus 1 A/g dalam sistem dua elektroda simetris. Pekerjaan ini memberikan strategi yang efisien untuk persiapan elektroda karbon kinerja tinggi berbasis biomassa sabut nipah.*

**Kata kunci:** Sabut Nipah, Karbon Aktif, Fisikokimia, Kapasitor Elektrokimia.

Diterima 12-09-2022 | Disetujui 15-01-2023 | Dipublikasi 18-04-2023

### PENDAHULUAN

Kemajuan industri dan teknologi modern telah menghasilkan permintaan energi yang tinggi bahkan untuk pengoperasian sehari-hari dan pengembangan selanjutnya [1,2]. Permintaan energi tersebut, sebagian besar dipenuhi oleh eksploitasi konvensional dan alami dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan turunannya dengan biaya tata kelola yang tinggi [3,4]. Permintaan energi yang tidak pernah berakhir dan eksploitasi alam yang tidak terkendali telah mengakibatkan masuknya

polutan baru ke lingkungan, yang mengakibatkan pencemaran lingkungan lebih lanjut [5]. Mengatasi masalah tersebut, pengembangan perangkat penyimpanan energi yang efisien menjadi solusi, yang dapat menyimpan sejumlah besar energi dari sumber terbarukan dan melepaskannya saat dibutuhkan. Perangkat penyimpanan energi di antaranya perangkat penyimpan energi elektrokimia seperti baterai, *fuel cell*, kapasitor dan superkapasitor [6,7].

Superkapasitor adalah sistem penyimpanan energi yang telah menerima perhatian besar

sebagai penyimpan energi karena rapat daya tinggi, siklus hidup yang panjang, dan tingkat pengisian dan pengosongan cepat [8]. Superkapasitor diklasifikasikan berdasarkan mekanisme penyimpanan muatan menjadi pseudokapasitor, kapasitansi yang berasal dari reaksi faraday reversibel dari spesies elektroaktif, *electric double layer capacitor* (EDLC), kapasitansi berasal dari elektrostatik reversible dari adsorpsi ion pada antarmuka elektroda-elektrolit, dan hibrid dengan reaksi lapisan ganda terjadi di satu sisi dan reaksi faraday terjadi di sisi lain [9]. Superkapasitor EDLC memiliki rapat daya dan siklus hidup yang lebih panjang jika dibandingkan superkapasitor hibrid dan PC. EDLC memiliki komponen penyusun yang terdiri dari dua elektroda simetris, elektrolit, kolektor arus dan pemisah [10]. Elektroda adalah inti dari EDLC dan memainkan peran penting dalam mekanisme penyimpanan energi, sehingga desain dan pengembangan bahan elektroda menjadi cara untuk meningkatkan kinerja superkapasitor [11]. Bahan elektroda yang umum digunakan pada EDLC adalah bahan berbasis karbon seperti karbon aktif berbasis biomassa, *carbon nanofiber*, *carbon nanotube*, *carbon aerogel*, *carbon nanobelts*, *graphene*, dan lain-lain.

Karbon aktif adalah bentuk karbon yang telah diproses menjadi karbon yang sangat berpori sehingga memiliki luas permukaan yang sangat besar yang tersedia untuk adsorpsi dan reaksi kimia. Elektroda superkapasitor yang berasal dari karbon aktif berbasis biomassa memiliki kemampuan daya dan energi yang tinggi karena memiliki luas permukaan yang tinggi, konduktivitas yang tinggi, dan kemampuan karbon aktif untuk mengoptimalkan sifat-sifat superkapasitor. Karbon aktif juga sebagai elektroda sel superkapasitor dapat melepaskan energi yang tersimpan yang diperlukan dengan cepat dan tanpa kehilangan energi yang signifikan, serta mengembalikan kapasitas optimal ke sel superkapasitor sehingga dapat melakukan pengisian dan pengosongan berulang kali

selama ribuan siklus tanpa kehilangan kinerja [12]. Karbon aktif telah banyak diterapkan untuk pembuatan elektroda superkapasitor berbasis biomassa lignoselulosa seperti sekam padi [13], bambu [14], kulit mangga [15], biji *datura stramonium* [16] dan lain-lain. Pada paper ini memanfaatkan biomassa limbah dari tanaman nipah yaitu sabut nipah.

Tanaman *Nypa fruticans* atau nipah merupakan spesies tanaman palmaetertua yang pernah ditemuidan pada awalnya tersebar di empat benua, yaitu Afrika tropis, Asia, Eropa, dan Amerika [17]. Nipah juga merupakan tumbuhan berumah satu yang berbeda dengan palmae biasa seperti kelapa (*Cocos nucifera*) dan kelapa sawit (*Elaeis guineensis*), tumbuh subur di muara sungai dan lingkungan air payau di mana garam dan air tawar bercampur. Tanaman nipah dapat dimanfaatkan sebagai; bagian getah nipah dapat disadap untuk pembuatan gula merah, minuman tuba dan cuka. Selain itu, getah nipah dapat diolah menjadi atanol dan butanol. Tunas muda dan kelopak bunganya dimanfaatkan untuk pembuatan teh herbal aromatik. Daun nipah yang sudah tua bermanfaat untuk membuat atap rumah dan kerajinan tangan. Buah nipah memiliki rasa manis dan dapat dijadikan *dessert* serta bahan pembuatan obat-obatan herbal [17,18]. Sabut buah nipah tidak dimanfaatkan dan hanya dianggap sebagai limbah dari buah nipah. Sabut buah nipah memiliki kandungan lignoselulosa yang mengindikasikan adanya unsur karbon yang dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan karbon aktif.

Aktivasi fisika merupakan salah satu metode yang digunakan untuk pembuatan material karbon pada lingkungan pengoksidasi seperti udara, oksigen, uap, karbon dioksida atau campurannya pada temperature 450°C – 900°C [1]. Gas karbon dioksida memiliki karakteristik bersih dan dapat mempertahankan elektroda karbon pada temperature tinggi. Tujuan utama dari proses aktivasi adalah untuk meningkatkan volume pori, diameter pori dan memperbaiki struktur pori dan porositas elektroda karbon.

Proses aktivasi fisika menyebabkan mikropori yang terbentuk pada proses sebelumnya melebar mengacu pada pembentukan pori-pori dengan diameter lebih besar akibat terkikisnya dinding antara mikropori dan terbentuknya pori-pori baru, sehingga meningkatkan luas permukaan spesifik. Tingkat pembentukan porositas tergantung pada sifat gas yang digunakan dan suhu aktivasi. Sifat-sifat ini menentukan struktur berpori dari elektroda karbon berpori dari porositas tinggi hingga rendah.

Studi ini berfokus pada pembuatan material karbon berpori turunan Sabut nipah, berbiaya rendah dan terbarukan. Pengoptimalan suhu pengaktifan CO<sub>2</sub> dipilih sebagai pembentukan struktur berpori untuk mencapai performa kinerja elektrokimia tinggi sebagai bahan elektroda untuk superkapasitor.

## METODE PENELITIAN

Biomassa sabut nipah (SN) dibersihkan dan dikeringkan menggunakan cahaya matahari. SN dengan massa yang konstan dilakukan pra-karbonisasi selama 60 menit pada temperatur 200°C pada keadaan vakum. Proses selanjutnya SN di ball-milling untuk menghasilkan serbuk dengan ukuran yang homogen, kemudian diaktivasi kimia menggunakan KOH 0.5 M selama 2 jam serta dikeringkan pada suhu 110°C. Sampel yang sudah kering dicetak menggunakan hidraulik press untuk menghasilkan elektroda karbon berbentuk seperti koin. Proses selanjutnya yaitu karbonisasi-aktivasi fisika secara terintegrasi dengan memasukkan pelet ke dalam tungku tabung horizontal dan dipanaskan pada laju 3 °C/min hingga 600°C, di mana suhu sampel dipertahankan selama 60 menit di bawah atmosfer nitrogen pada laju aliran 1.5 l/min. Pemanasan dilanjutkan dengan laju 10 °C/min hingga 800°C, di mana suhu sampel dipertahankan selama 60 menit di bawah atmosfer karbon dioksida pada laju aliran 1 l/min. Pada proses pemanasan tahap kedua (aktivasi fisika) suhu divariasikan 700°C,

800°C, dan 900°C, dan masing-masing sampel diberi kode dengan SN-700, SN-800, dan DS-900. Selanjutnya, sampel didinginkan hingga suhu kamar dibawah atmosfer nitrogen, kemudian dinetralkan menggunakan larutan aquades hingga pH ~7, lalu dikeringkan pada suhu 110°C. Elektroda karbon yang dihasilkan dilakukan pengukuran densitas menggunakan timbangan dan jangka sorong.

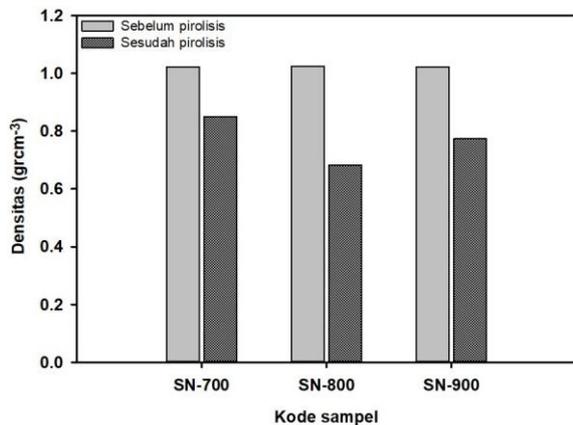
Rangkaian sel superkapasitor terdiri dari elektroda karbon SN simetri yang telah direndam larutan elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M selama 48 jam. Separator dari membran kulit ari telur ayam dan pengupul arus menggunakan *stainless steel*. Rangkaian superkapasitor disusun seperti sandwich. Pengukuran elektrokimia menggunakan metode *cyclic voltammetry* (CV UR Rad-Far 5831, Pekanbaru) dan *galvanostatic charge-discharge* (GCD UR Rad-Far 5831, Pekanbaru) digunakan untuk menentukan kapasitansi spesifik, rapat daya, rapat energi dan IR drop dari sel superkapasitor. Metode *cyclic voltammetry* (CV) menggunakan potensial 0-1 V pada laju pemindaian 1, 2, 5, dan 10 mV/s. Metode *galvanostatic charge-discharge* (GCD) menggunakan potensial 0-1 V pada rapat arus 1, 2, 5, dan 10 Ag<sup>-1</sup>.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Penyusutan Densitas

Nilai densitas yang dimiliki elektroda karbon berhubungan dengan pembentukan struktur pori, ukuran partikel, dan resistansi yang dihasilkan saat pengukuran sel superkapasitor. Gambar 1 menunjukkan hasil pengukuran densitas sebelum dan sesudah dilakukan proses pirolisis dari elektroda karbon SN dengan variasi suhu pengaktifan CO<sub>2</sub>. Sampel SN-700, SN-800 dan SN-900 memiliki densitas dengan perbedaan yang relatif kecil sebelum dilakukannya proses pirolisis masing-masing sebesar 1,0215 g/cm<sup>3</sup>, 1,0251 g/cm<sup>3</sup>, dan 1,0224 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan penyusutan densitas yang signifikan terjadi setelah pirolisis

masing-masing sebesar  $0,8507 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,6833 \text{ g/cm}^3$ , dan  $0,7745 \text{ g/cm}^3$  secara berturut-turut. Penyusutan densitas secara umum terjadi disebabkan oleh penghilangan senyawa selain karbon, pemutusan rantai karbon, dan pembentukan pori-pori baru.

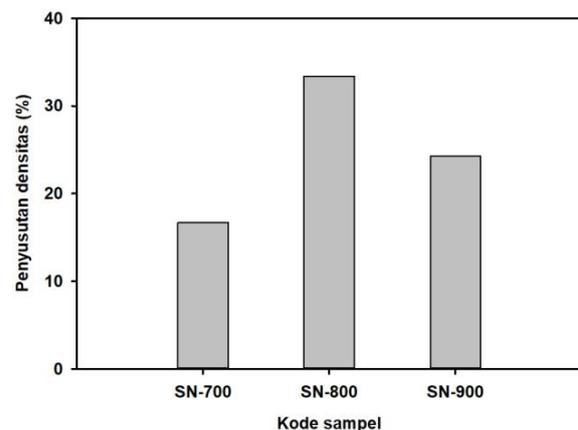


**Gambar 1.** Diagram batang densitas sebelum dan sesudah pirolisis dari elektroda karbon SN dengan variasi suhu pengaktifan CO<sub>2</sub>.

Proses pirolisis masing-masing berperan dalam penyusutan densitas, proses karbonisasi menyebabkan terjadi penguapan air dan menghadirkan kelembaban pada material, terjadi dekomposisi lignoselulosa dan pembentukan struktur kerangka karbon, serta menyebabkan konsolidasi dari struktur elektroda karbon [19]. Proses aktivasi fisika terdiri dari tiga tahap yang terjadi pada suhu tinggi ( $700^\circ\text{C} - 900^\circ\text{C}$ ). Tahap pertama, gas CO<sub>2</sub> bereaksi dengan atom karbon dan senyawa *volatile* yang tidak teratur untuk membuka pori-pori yang tertutup dan mengekspos permukaan karbon selama proses pirolisis. Pada tahap kedua, pori-pori yang terbentuk diperbesar secara intensif, atom-atom karbon pada permukaan bereaksi dengan aktivator, sehingga meninggalkan *hole-hole* pada kerangka karbon. Tahap ketiga, pembentukan situs aktif di permukaan kerangka karbon yang bereaksi dengan gas CO<sub>2</sub> secara terus-menerus sehingga menghasilkan pori-pori baru [9].

Gambar 2 menunjukkan persentase penyusutan densitas elektroda karbon SN dengan variasi suhu aktivasi fisika. Persentase penyusutan tertinggi dimiliki oleh SN-800 yaitu

sebesar 33,4 %, disebabkan oleh peningkatan suhu pengaktifan CO<sub>2</sub> dapat menyebabkan matriks karbon dan gas CO<sub>2</sub> bereaksi secara komprehensif [20]. Fenomena ini menghasilkan produk *solvothermal* yang menguap untuk menghasilkan mikropori. Sementara itu, CO<sub>2</sub> di antara bidang lapisan karbon juga menyebabkan ekspansi kisi karbon, yang disebabkan oleh efek interkalasi CO<sub>2</sub>, yang bertindak sebagai aktivator untuk menghasilkan pori-pori pada proses pirolisis. Peningkatan suhu di atas  $800^\circ\text{C}$  menyebabkan pengaktifan CO<sub>2</sub> terjadi secara eksensif menghasilkan deformasi, keruntuhan dan degradasi muka pada kerangka karbon [21]. Pengaktifan CO<sub>2</sub> dibawah suhu  $800^\circ\text{C}$  menyebabkan interaksi kisi karbon dengan gas CO<sub>2</sub> berfluktuasi, sehingga pori baru yang terbentuk berjumlah sedikit dan pori dasar pada kerangka karbon mengalami pengembangan dengan jumlah yang sedikit [22].

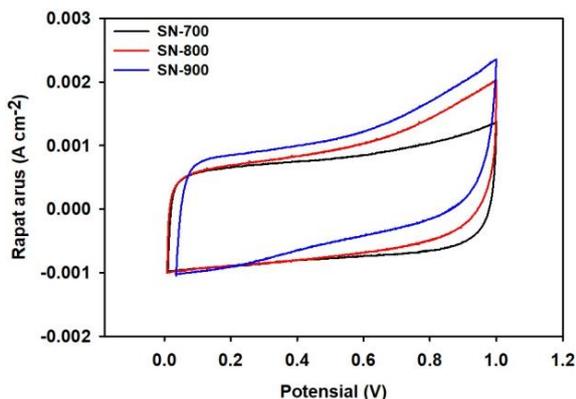


**Gambar 2.** Diagram batang persentase penyusutan densitas elektroda karbon dengan variasi suhu pengaktifan CO<sub>2</sub>.

### Analisis *Cyclic Voltammetry*

Pengukuran CV dilakukan menggunakan sistem dua elektroda simetris di dalam elektrolit berair H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M untuk mengevaluasi kinerja elektrokimia sel superkapasitor berbasis sabut nipah. Gambar 3 menunjukkan kurva CV SN dengan variasi pengaktifan CO<sub>2</sub> pada laju pemindaian 1 mV/s. Kurva yang terbentuk dari sampel SN memiliki bentuk kuasi persegi

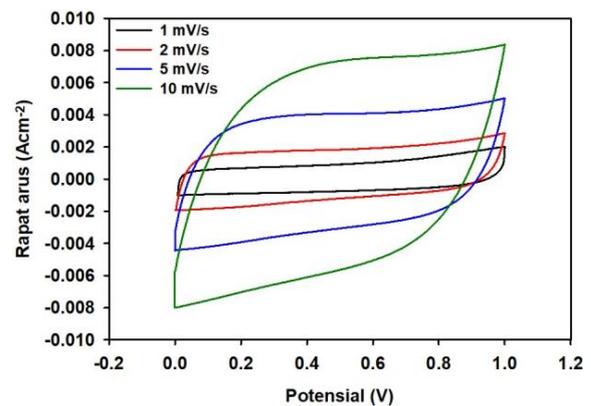
panjang, yang sesuai dengan kapasitor lapisan ganda listrik (EDLC) [23]. Kurva masing-masing sampel memiliki luas kurva yang berbeda, yang membuktikan adanya pengaruh dari variasi suhu aktivasi fisika. Suhu aktivasi fisika yang meningkat pada SN-800 menyebabkan penyusutan densitas terendah yang berhubungan dengan pembentukan pori-pori dengan jumlah terbanyak pada matriks karbon. Fenomena tersebut juga menyebabkan sampel SN-800 mengakumulasi ion-ion elektrolit dengan jumlah terbanyak dan menghasilkan arus pada proses pengisian dan pengosongan yang tinggi menyebabkan kurva yang terbentuk lebih besar dan kapasitansi spesifik yang tinggi. Luas daerah kurva yang terbentuk dengan laju pemindaian yang sama menunjukkan besarnya nilai kapasitansi spesifik, semakin besar luas permukaan kurva yang terbentuk maka semakin tinggi nilai kapasitansi spesifiknya. Sampel SN-800 memiliki luas kurva terbesar dengan nilai  $C_{sp}$  230 F/g dan sampel SN-700 memiliki kurva terkecil dengan nilai  $C_{sp}$  128 F/g. Nilai kapasitansi spesifik sampel SN-900 sebesar 178 F/g.



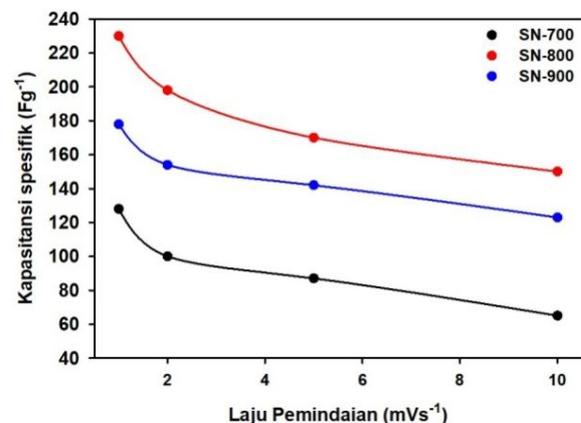
**Gambar 3.** Kurva CV dari sel Superkapasitor berbasis sabut nipah dengan laju pemindaian 1 mV/s

Gambar 4 menunjukkan kurva CV dengan laju pemindaian mulai dari 1 – 10 mV/s pada potensial 0 – 1 V. Semua sampel karbon berpori menunjukkan kurva CV berbentuk kuasi persegi panjang tanpa deformasi yang berbeda bahkan pada pemindaian 10 mV/s,

menunjukkan perilaku kapasitif yang baik. Performa kapasitif yang relatif tinggi dapat disebabkan oleh difusi dan transmisi muatan yang sangat baik di dalam struktur pori-pori. Laju pemindaian yang meningkat menyebabkan kurva CV menjadi lebih luas dan mempertahankan bentuk kuasi persegi panjang, yang dapat dikaitkan dengan resistansi polarisasi kecil dan pergerakan ion-ion elektrolit dengan kecepatan yang tinggi selama proses pengisian-pengosongan muatan [23].



**Gambar 4.** Kurva CV dari sampel SN-800 dengan variasi laju pemindaian.



**Gambar 5.** Kurva hubungan nilai kapasitansi spesifik terhadap laju pemindaian.

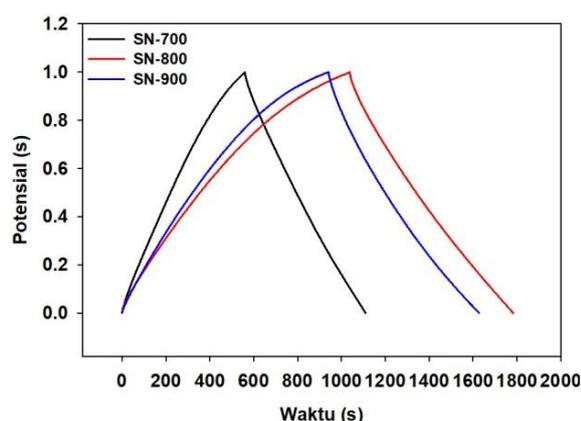
Gambar 5 menunjukkan hubungan laju pemindaian dengan nilai kapasitansi spesifik dari elektroda SN. Tingkat pemindaian yang rendah menunjukkan nilai kapasitansi spesifik yang lebih tinggi, yang disebabkan oleh ion-ion elektrolit dapat berdifusi dan berinteraksi dengan baik ke dalam pori-pori elektroda yang dapat diakses. Pada tingkat laju pemindaian yang lebih tinggi, aksesibilitas yang buruk atau

ketersediaan waktu yang lebih rendah untuk ion ditransfer dari elektrolit ke permukaan elektroda, dan dengan demikian menyebabkan penurunan nilai kapasitansi spesifik [24].

### Analisis Galvanostatic Charge Discharge

Pengukuran GCD dilakukan dalam sistem dua elektroda simetris untuk menyelidiki lebih lanjut sifat elektrokimia sampel SN seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Kurva GCD dari semua sampel menunjukkan bentuk kuarsi segitiga tanpa penurunan tegangan yang jelas, menunjukkan fitur kinerja kapasitif kapasitor lapisan ganda listrik yang baik, resistansi seri rendah, efisiensi Coulomb tinggi dan reversibilitas pengisian-pengosongan muatan yang sangat baik [25].

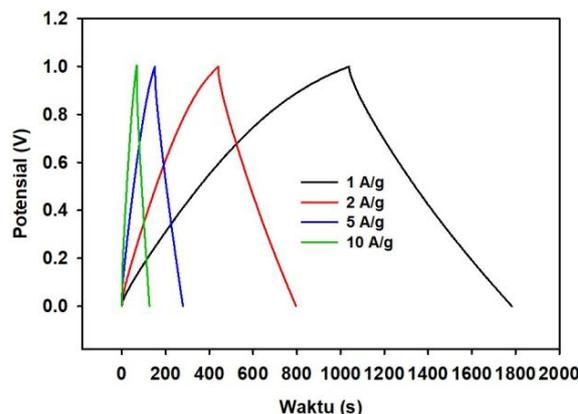
SN-800 memiliki bentuk kurva dengan luas terbesar yang disebabkan oleh waktu pengisian dan pengosongan yang lebih lama dibandingkan dengan sampel lainnya, hasil ini juga berkorespondensi dengan hasil yang diperoleh dari uji CV dengan SN-800 memiliki nilai kapasitansi spesifik tertinggi dibandingkan dengan sampel lainnya. Kapasitansi spesifik dari sampel SN-700, SN-800 dan SN-900 masing-masing sebesar 115 F/g, 247 F/g, dan 187 F/g secara berturut-turut.



**Gambar 6.** Kurva GCD dari sel superkapasitor dengan rapat Arus 1 A/g.

Gambar 7 menunjukkan kurva GCD dari sampel SN-800 dengan kerapatan arus 1 A/g, 2 A/g, 5 A/g, dan 10 A/g. Bentuk kuarsi segitiga dapat dipertahankan ketika peningkatan

kerapatan arus dilakukan yang mengindikasikan reversibilitas dalam kemampuan penyimpanan muatan dari bahan elektroda sel superkapasitor sangat baik.



**Gambar 7.** Kurva GCD dari sampel SN-800 dengan variasi rapat arus.

### KESIMPULAN

Prekursor karbon biomassa disiapkan dengan proses pra-karbonisasi pada suhu rendah dari limbah sabut nipah yang murah dan melimpah, kemudian diaktifkan oleh KOH dan CO<sub>2</sub> untuk mendapatkan karbon aktif berpori. Karya ini mempelajari pengaruh suhu aktivasi CO<sub>2</sub> terhadap kinerja elektrokimia dari elektroda karbon SN. Suhu aktivasi yang digunakan adalah 700°C, 800°C, dan 900°C di lingkungan CO<sub>2</sub>. Suhu aktivasi CO<sub>2</sub> untuk memperoleh kinerja terbaik dari elektroda SN adalah pada suhu 800°C. SN-800 memiliki nilai kapasitansi spesifik, sebesar 247 F/g. Berdasarkan dari proses persiapan yang sederhana, bahan baku yang murah, reversibilitas dan kinerja elektrokimia yang sangat baik, karbon berpori dari sabut nipah akan menjadi bahan elektroda yang menjanjikan untuk superkapasitor.

### REFERENSI

1. De, B., Banerjee, S., Pal, T., Verma, K. D., Tyagi, A., Manna, P. K., & Kar, K. K. (2020). Transition metal oxide-/carbon-/electronically conducting polymer-based ternary composites as electrode materials for supercapacitors. *Handbook of*

- Nanocomposite Supercapacitor Materials II: Performance*, 387–434.
2. Wang, Y., Qu, Q., Gao, S., Tang, G., Liu, K., He, S., & Huang, C. (2019). Biomass derived carbon as binder-free electrode materials for supercapacitors. *Carbon*, **155**, 706–726.
  3. Gopalakrishnan, A., & Badhulika, S. (2020). Effect of self-doped heteroatoms on the performance of biomass-derived carbon for supercapacitor applications. *Journal of power sources*, **480**, 228830.
  4. Wei, X., Li, Y., & Gao, S. (2017). Correction: Biomass-derived interconnected carbon nanoring electrochemical capacitors with high performance in both strongly acidic and alkaline electrolytes. *Journal of Materials Chemistry A*, **5**(38), 20505–20505.
  5. Farma, R., Husni, H., Apriyani, I., Awitdrus, A., & Taer, E. (2021). Biomass waste-derived rubber seed shell functionalized porous carbon as an inexpensive and sustainable energy material for supercapacitors. *Journal of Electronic Materials*, **50**, 6910–6919.
  6. Wang, J., Zhang, X., Li, Z., Ma, Y., & Ma, L. (2020). Recent progress of biomass-derived carbon materials for supercapacitors. *Journal of Power Sources*, **451**, 227794.
  7. Kar, K. K. (2020). *Handbook of nanocomposite supercapacitor materials II*, **302**.
  8. Islam, M. A., Ong, H. L., Halim, K. A. A., Ganganboina, A. B., & Doong, R. A. (2021). Biomass-derived cellulose nanofibrils membrane from rice straw as sustainable separator for high performance supercapacitor. *Industrial Crops and Products*, **170**, 113694.
  9. Jiang, G., Senthil, R. A., Sun, Y., Kumar, T. R., & Pan, J. (2022). Recent progress on porous carbon and its derivatives from plants as advanced electrode materials for supercapacitors. *Journal of Power Sources*, **520**, 230886.
  10. Muzaffar, A., Ahamed, M. B., Deshmukh, K., & Thirumalai, J. (2019). A review on recent advances in hybrid supercapacitors: Design, fabrication and applications. *Renewable and sustainable energy reviews*, **101**, 123–145.
  11. Wang, J., Xu, Y., Yan, M., Ren, B., Dong, X., Miao, J., ... & Liu, Z. (2022). Preparation and application of biomass-based porous carbon with S, N, Zn, and Fe heteroatoms loading for use in supercapacitors. *Biomass and Bioenergy*, **156**, 106301.
  12. Sundriyal, S., Shrivastav, V., Pham, H. D., Mishra, S., Deep, A., & Dubal, D. P. (2021). Advances in bio-waste derived activated carbon for supercapacitors: Trends, challenges and prospective. *Resources, Conservation and Recycling*, **169**, 105548.
  13. Zhang, X., Sun, B., Fan, X., Liang, P., Zhao, G., Saikia, B. K., & Wei, X. (2022). Hierarchical porous carbon derived from coal and biomass for high performance supercapacitors. *Fuel*, **311**, 122552.
  14. Pang, X., Cao, M., Qin, J., Li, X., & Yang, X. (2022). Synthesis of bamboo-derived porous carbon: Exploring structure change, pore formation and supercapacitor application. *Journal of Porous Materials*, **29**(2), 559–569.
  15. Jalalah, M., Sivasubramaniam, S. S., Aljafari, B., Irfan, M., Almasabi, S. S., Alsuwian, T., ... & Harraz, F. A. (2022). Biowaste assisted preparation of self-nitrogen-doped nanoflakes carbon framework for highly efficient solid-state supercapacitor application. *Journal of Energy Storage*, **54**, 105210.
  16. Subramanian, D., Raju, G., Palanivel, B., Al-Zaqri, N., & Hossain, M. S. (2022). Exploration of ONS heteroatom self-doped mesoporous activated carbon derived from *Datura stramonium* seed pods as a

- potential electrode for supercapacitor application. *Ionics*, **28**(5), 2363–2375.
17. Moudingo, J. H., Ajonina, G., Dibong, D., & Tomedi, M. (2020). Distribution, devastating effect, and drivers of the exotic mangrove *Nypa fruticans* Van Wurmb (Arecaceae) on the mangroves of West and Central Africa. *Biotechnological Utilization of Mangrove Resources*, 49–78.
  18. Tamunaidu, P., & Saka, S. (2011). Chemical characterization of various parts of nipa palm (*Nypa fruticans*). *Industrial Crops and Products*, **34**(3), 1423–1428.
  19. Farma, R., Putri, A., Taer, E., Awitdrus, A., & Apriwandi, A. (2021). Synthesis of highly porous activated carbon nanofibers derived from bamboo waste materials for application in supercapacitor. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, **32**, 7681–7691.
  20. Baig, M. M., & Gul, I. H. (2021). Conversion of wheat husk to high surface area activated carbon for energy storage in high-performance supercapacitors. *Biomass and Bioenergy*, **144**, 105909.
  21. Jiang, C., Yakaboylu, G. A., Yumak, T., Zondlo, J. W., Sabolsky, E. M., & Wang, J. (2020). Activated carbons prepared by indirect and direct CO<sub>2</sub> activation of lignocellulosic biomass for supercapacitor electrodes. *Renewable Energy*, **155**, 38–52.
  22. Saka, C., Baytar, O., Yardim, Y., & Şahin, Ö. (2020). Improvement of electrochemical double-layer capacitance by fast and clean oxygen plasma treatment on activated carbon as the electrode material from walnut shells. *Biomass and Bioenergy*, **143**, 105848.
  23. Gunasekaran, S. S., Gopalakrishnan, A., Subashchandrabose, R., & Badhulika, S. (2021). Single step, direct pyrolysis assisted synthesis of nitrogen-doped porous carbon nanosheets derived from bamboo wood for high energy density asymmetric supercapacitor. *Journal of Energy Storage*, **42**, 103048.
  24. Gupta, G. K., Sagar, P., Pandey, S. K., Srivastava, M., Singh, A. K., Singh, J., ... & Srivastava, A. (2021). In situ fabrication of activated carbon from a bio-waste *desmostachya bipinnata* for the improved supercapacitor performance. *Nanoscale research letters*, **16**(1), 85.
  25. Xiao, K., Ding, L. X., Chen, H., Wang, S., Lu, X., & Wang, H. (2016). Nitrogen-doped porous carbon derived from residuary shaddock peel: a promising and sustainable anode for high energy density asymmetric supercapacitors. *Journal of Materials Chemistry A*, **4**(2), 372–378.



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

## ANOTASI CITRA BERBASIS PYTHON UNTUK RANCANG BANGUN PERANGKAT LUNAK DETEKSI OBJEK PADA TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT CACAT

Minarni Shiddiq\*, Muhammad Ikhsan Hamid, Vicky Vernando Dasta, Yohanes Dwi Saputra Dewi Anjarwati Mahmudah, Dinda Kamia Evkha Putri, Annisya Madani, Ihsan Okta Harmailil  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

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

### ABSTRACT

*Object detection can determine the existence of an object, scope and image. Object detection begins with the introduction of an object. This method can be used to automate the process of sorting and grading oil palm fresh fruit bunches (FFB) at palm oil mills, which are still done manually. Image annotations are needed in building the software so that the software can identify object features in an image, especially imager in video frames. This study aims to annotate images of oil palm FFB into 2 categories, namely normal palm and abnormal palm. This category is the standard regulation of the Minister of Agriculture No. 14 of 2013. Image acquisition is carried out by varying the position of each oil palm FFB with the top and bottom position of the fruit which is then augmented 4 times which function to multiply the image data model to be annotated. Annotation is done using the python program application, namely Labeling. The amount of image data that has been annotated is 200 images consisting of 100 normal palm images and 100 abnormal palm images.*

**Keywords:** Computer Vision, Annotation, Oil Palm, Python.

### ABSTRAK

*Deteksi objek dapat menentukan keberadaan sebuah objek, ruang lingkup dan gambar. Deteksi objek diawali dengan melakukan pengenalan suatu objek. Metode ini dapat digunakan untuk automasi proses sortasi dan grading tandan buah segar (TBS) kelapa sawit di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang masih dilakukan secara manual. Anotasi citra diperlukan dalam membangun perangkat lunak tersebut agar perangkat lunak dapat mengidentifikasi fitur-fitur objek di dalam sebuah citra khususnya citra dalam frame video. Penelitian ini bertujuan untuk menganotasi citra-citra TBS kelapa sawit dengan 2 kategori yaitu sawit normal dan sawit abnormal. Kategori ini merupakan standar peraturan Menteri Pertanian No. 14 tahun 2013. Akuisisi citra dilakukan dengan bervariasi posisi dari setiap TBS kelapa sawit dengan posisi atas dan bawah buah yang kemudian di augmentasi kan sebanyak 4 kali yang berfungsi untuk memperbanyak model data citra yang akan dianotasi. Anotasi dilakukan menggunakan aplikasi program python yaitu Labeling. Jumlah data citra yang telah dianotasi sebanyak 200 citra yang terdiri dari 100 citra sawit normal dan 100 citra sawit abnormal.*

**Kata kunci:** Visi Komputer, Anotasi, Kelapa Sawit, Python.

Diterima 17-01-2023 | Disetujui 23-06-2023 | Dipublikasi 18-07-2023

### PENDAHULUAN

Metode pencitraan berbasis kamera dan komputer bertujuan untuk menganalogikan proses pengelihatian visual manusia. Metode ini dikenal juga sebagai *Computer vision* yang menghasilkan persepsi visual melalui beberapa proses yaitu perekaman, pengolahan citra,

klasifikasi, pengenalan pola, dan pembuatan keputusan [1]. Sistem *computer vision* dapat digunakan dalam sistem otomatis untuk mengenali objek fisik nyata dan memberikan informasi yang diperlukan melalui citra atau gambar suatu objek [2,3].

Deteksi objek merupakan sistem yang mengidentifikasi objek apa saja pada suatu

gambar atau video yang diolah menggunakan komputer yang dapat dilakukan dengan cara mengambil *image feature* seperti garis sudut, kontur dan warna dari sebuah gambar [4]. Deteksi objek dibagi menjadi dua, yaitu *soft detection* dan *hard detection*. *Soft detection* hanya dapat mendeteksi keberadaan suatu objek sedangkan *hard detection* mendeteksi keberadaan objek dan lokasi objek pada gambar [5,6]. Objek deteksi dilakukan dengan mencari setiap bagian dari gambar untuk melokalisasi bagian, yang bersifat fotometrik atau geometrinya cocok dengan objek target dalam *training* basis data. Hal ini dapat dicapai dengan memindai template objek pada seluruh gambar dilokasi yang berbeda, skal, dan rotasi, dan deteksi dinyatakan jika kesamaan antara template dan gambar cukup tinggi. Beberapa tahun terakhir telah terbukti bahwa objek deteksi berbasis gambar sensitif terhadap data *training* [5,7]. Salah satu output dari deteksi objek yaitu *bounding box*. Pada setiap *bounding box* memiliki 5 parameter prediksi yaitu  $x$ ,  $y$ ,  $w$ ,  $h$ , dan *confidence*. Koordinat ( $x$ ,  $y$ ) mewakili pusat dari kotak relatif ke batas sel grid. Koordinat ( $w$ ,  $h$ ) atau lebar dan tinggi mewakili pusat dari kotak relatif ke gambar. Dan *confidence* mewakili *Intersection over union (IoU)* antara kotak prediksi dan kotak *ground truth*.

Indonesia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar didunia dan industrinya telah menjadi andalan dalam perekonomian karena kelapa sawit menjadi salah satu sumber penghasil devisa dari ekspor pertanian. Usaha budidaya kelapa sawit memberikan pendaatan yang dapat diandalkan sebagian besar penduduk miskin pedesaan di Indonesia, terutama Sumatera dan Kalimantan. Sebanyak kurang lebih 11,44 juta ton minyak sawit dihasilkan oleh perkebunan rakyat dari 42 persen luas areal perkebunan kelapa sawit diseluruh Indonesia [8,9].

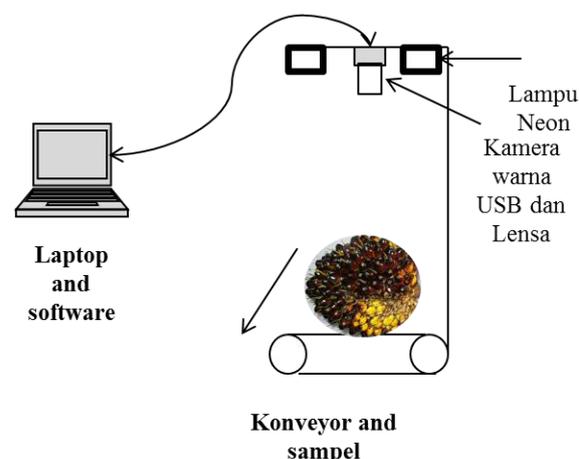
Sortasi atau grading merupakan suatu kegiatan yang dilaksanakan untuk mengetahui mutu dan memilaj Tandan Buah Segar (TBS) yang masuk ke pabrik pengolahan untuk

diproses menjadi CPO. Pada tahap ini buah yang datang dari kebun, baik itu kebun inti, plasma maupun kebun masyarakat dilakukan pemeriksaan. Tujuan pemeriksaan adalah untuk mengetahui mutu TBS yang diterima pihak pabrik, sebagai laporan kepada pihak kebun (*escape*) atau mutu TBS yang diterima, sebagai acuan atau dasar dalam perhitungan pembayaran yang harus ditanggung pabrik kepada pihak ketiga (penyuplai buah) dan sebagai parameter dalam menganalisis mutu hasil produksi oleh pabrik [10].

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen komputasi yang bertujuan untuk memberikan informasi berupa label pada gambar atau citra dengan memberikan kotak pembatas (*bounding box*). Buah kelapa sawit sebagai objek penelitian mempunyai bentuk dan warna yang berbeda dari masing-masing objek.

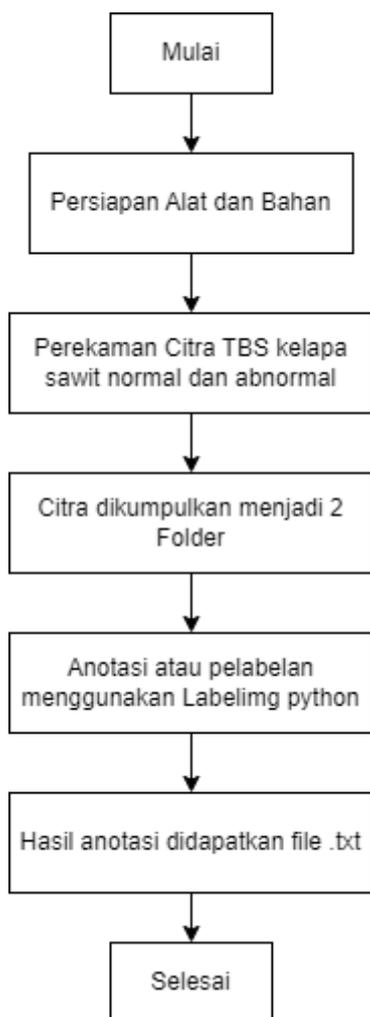
### Skema Penelitian



**Gambar 1.** Skema penelitian.

Sistem *computer vision* dibangun menggunakan kamera, konveyor, lampu neon dan laptop. Pengambilan citra dilakukan melalui kamera warna RGB dengan sensor CMOS beresolusi sebesar 744 x 480 dan mempunyai frame rate 76 FPS. Jarak kamera yang digunakan dari permukaan konveyor hingga lensa berjarak 90 cm. Pengaturan jarak

antara kamera dan konveyor perlu dilakukan untuk mendapatkan objek pada frame tidak terlalu jauh dan tidak terlalu dekat. Lampu neon dengan pencahayaan 250 lux diposisikan diantara kamera yang berfungsi untuk menerangi sampel sehingga pencahayaan yang didapatkan oleh kamera stabil dan citra yang diperoleh terlihat jelas disetiap sisi objek sampel.



**Gambar 2.** Diagram alir penelitian.

Alur kerja sistem diawali dengan persiapan alat dan bahan yang dibangun dengan sistem *computer vision* menggunakan kamera, konveyor dan laptop. Selanjutnya perekaman citra (akuisisi data) dilakukan dengan mengambil citra kelapa sawit dengan beberapa variasi. Citra yang telah direkam dibagi menjadi 2 folder yaitu kelapa sawit normal dan abnormal untuk mempermudah proses anotasi

data. Anotasi data dilakukan dengan software python yang kemudian menghasilkan berupa file berekstensi .txt.

### Akuisisi Data

Pengambilan gambar dilakukan dengan 10 sampel TBS kelapa sawit normal dan 10 TBS kelapa sawit abnormal. Penangkapan citra diambil satu frame setiap posisi dari TBS kelapa sawit. Pengambilan citra dilakukan dengan memvariasikan posisi dari kelapa sawit yaitu 2 posisi atas dan bawah kemudian di augmentasikan sebanyak 4 kali. Setiap posisi dan augmentasi dilakukan pengambilan citra sebanyak 4 segmen. Variasi pengambilan dilakukan ini dilakukan untuk memperbanyak model gambar yang akan dianotasi sehingga nantinya model deteksi objek dapat mengenali objek dari berbagai keadaan. Citra yang telah didapatkan akan di anotasi dan diberi label nama sesuai dari 2 kategori yaitu TBS kelapa sawit normal dan abnormal menggunakan aplikasi program python yaitu Labelimg.

### Proses Pelabelan

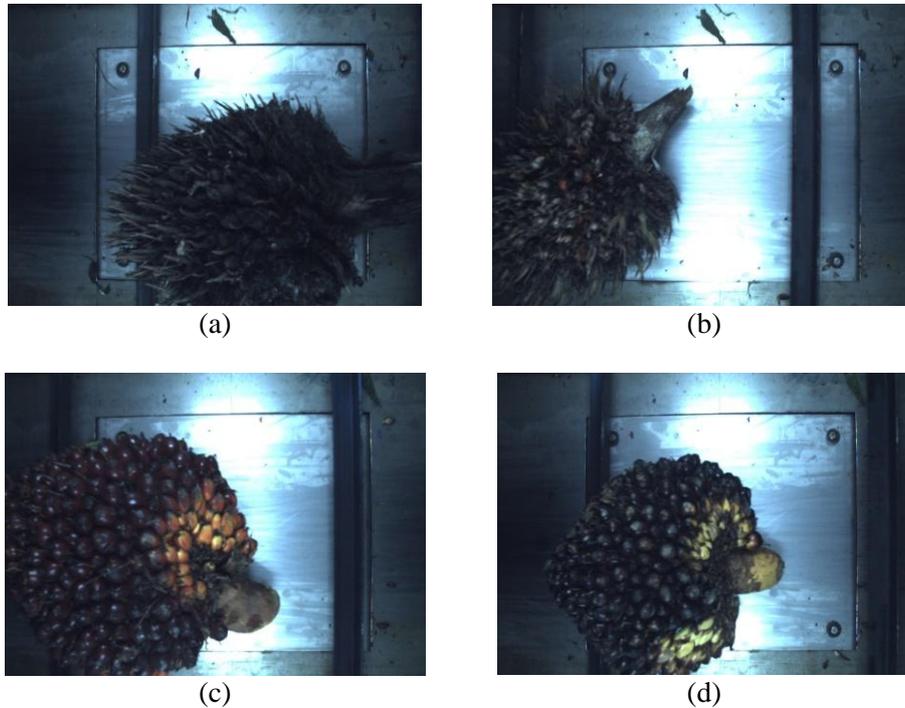
Anotasi adalah proses pelabelan data yang biasa dilakukan dengan menggunakan tools. Proses pelabelan ini dilakukan dengan membuat kotak pembatas atau *bounding box* disekeliling objek yang akan digunakan sebagai dataset untuk deteksi objek dan pengenalan citra. Untuk melakukan hal tersebut biasa dilakukan dengan tools siap pakai. Tools yang dipakai adalah program aplikasi python Labelimg. Sebuah script program python yang dijalankan melalui *command prompt* yang akan menampilkan aplikasi untuk membuat label yang akan digunakan pada deteksi objek.

Pada Labelimg akan menghasilkan file dalam format .txt yang berisikan data-data dari gambar seperti lokasi gambar pada komputer, nama file, dan lokasi *bounding box* dalam koordinat. Pemberian label nama pada setiap objek dibagi menjadi 2 kelas yaitu sawit normal, dan sawit abnormal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Akuisisi Citra

Citra yang telah di dapatkan dapat dilihat pada Gambar 1. Citra diambil dengan sistem



**Gambar 3.** Citra sawit (a) kelapa sawit abnormal (busuk), (b) kelapa sawit abnormal (tandan kosong), (c) kelapa sawit normal, (d) kelapa sawit normal.

Proses pengambilan citra kelapa sawit normal diambil dengan jumlah total sampel sebanyak 10 sampel dan kelapa sawit abnormal sebanyak 10 sampel. Citra diambil setiap frame dengan posisi atas dan bawah buah yang kemudian diaugmentasikan sebanyak 4 kali. Pengambilan citra sawit dapat dilihat seperti pada Tabel 1.

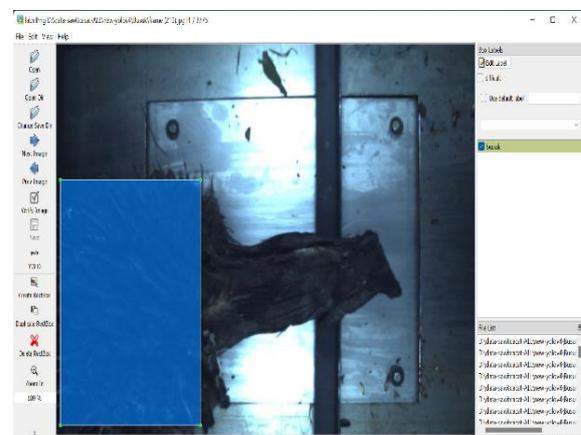
Tabel 1. Jumlah Citra Sawit	
Kelas Cacat	Jumlah Citra
Sawit normal	100
Sawit abnormal	100
<b>Total</b>	<b>200</b>

### Hasil Anotasi Citra

Proses anotasi dilakukan menggunakan aplikasi software python. *Bounding box* (kotak pembatas) yang dibentuk mempunyai ukuran

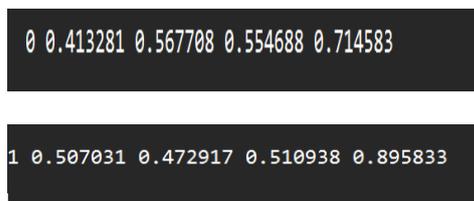
*computer vision* yang telah disusun dengan kamera, laptop, konveyor, dan lampu neon yang telah terintegrasi langsung dengan laptop. Proses akuisisi citra menghasilkan citra seperti pada Gambar 3.

yang berbeda dari setiap objek kelapa sawit yang terdapat didalam setiap frame. Terlihat ukuran kotak pembatas yang terbentuk terlihat pada nilai koordinat setiap file .txt yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 4.** Anotasi citra menggunakan labeling.

Hasil anotasi citra yang didapatkan berupa file .txt yang berisikan informasi letak kotak pembatas dan label yang telah diberikan berupa sebuah koordinat data lokasi. Data lokasi tersebut terdiri dari nilai xmin, xmax, ymin, dan ymax. Gambar 3 ditunjukkan hasil file .txt berupa nilai koordinat kotak pembatas



**Gambar 5.** Hasil file .txt a) kelapa sawit normal b) kelapa sawit abnormal.

Pada gambar ditunjukkan nilai koordinat dari file .txt yang memiliki format `<object-class><x_center><y_center><width><height>`. `<object-class>` merupakan bilangan bulat yang menyatakan kelas objek. `<x_center>` dan `<y_center>` adalah koordinat pusat persegi kotak pembatas atau *bounding box*. `<width>` dan `<height>` adalah nilai *float* relatif terhadap dimensi gambar. Proses pelabelan menghasilkan jumlah anotasi seperti pada Tabel 2.

Kelas Cacat	Jumlah Anotasi
Sawit normal	100
Sawit abnormal	100
<b>Total</b>	<b>200</b>

Jumlah anotasi yang didapatkan sama dengan jumlah citra sawit yang diambil. Hal ini dikarenakan setiap satu citra sawit terdapat hanya satu objek yang terdapat didalam frame sehingga jumlah anotasi dengan jumlah citra yang didapatkan sama. Dan begitu juga dengan jumlah file .txt yang diperoleh, setiap satu citra didapatkan satu file .txt.

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa anotasi data atau pemberian label pada

objek yang akan digunakan untuk data *training* pada objek deteksi mempengaruhi hasil deteksi. Banyak sampel dan variasi pengambilan citra juga mempengaruhi hasil deteksi. Semakin banyak variasi sampel dan citra, semakin baik hasil deteksi yang akan digunakan nantinya.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Fotonik Fisika FMIPA Universitas Riau atas segala fasilitas yang diberikan. Terimakasih kepada BDPDKS dan LPDP yang telah memberikan dukungan finansial terhadap penelitian ini.

## REFERENSI

- Rachmat, E., & Cahyanti, M. (2015). *Algoritma Transformasi Ruang Warna*. Indie Publishing: Depok.
- Kodagali, J. A., & Balaji, S. (2012). Computer vision and image analysis based techniques for automatic characterization of fruits-a review. *International Journal of Computer Applications*, **50**(6), 6–12.
- Yani, R. A., Minarni, M., Saktioto, S., & Husein, I. R. (2020). Volumetric prediction of symmetrical-shaped fruits by computer vision. *Science, Technology and Communication Journal*, **1**(1), 20–26.
- Rohcastu, T. K., & Rahmad, C. (2019). Object Detection System Sebagai Alat Bantu Mendeteksi Objek Sekitar untuk Penyandang Tunanetra. *Seminar Informatika Aplikatif Polinema*, 81–88.
- Jalled, F., & Voronkov, I. (2016). Object detection using image processing. *arXiv preprint arXiv:1611.07791*.
- Defrianto, D., Shiddiq, M., Malik, U., Asyana, V., & Soerbakti, Y. (2022). Fluorescence spectrum analysis on leaf and fruit using the ImageJ software application. *Science, Technology & Communication Journal*, **3**(1), 1–6.
- Ningsih, S. A., Shiddiq, M., Arief, D. S., & Husein, I. R. (2020). Penggunaan

- Pencitraan Multispektral pada Panjang Gelombang 520 nm dan 800 nm untuk Mengevaluasi Tingkat Kematangan TBS Kelapa Sawit. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(3), 144–149.
8. Sudrajat. (2019). *KELAPA SAWIT: Prospek Pengembangan dan Peningkatan Produktivitas*. IPB Press: Bogor.
9. Putri, J. L. E., Minarni, M., Candra, F., & Herman, H. (2019). Analisa Citra Hiperspektral Daun dari Tanaman Kelapa Sawit yang Mengalami Kekurangan Air Menggunakan Program Matlab. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **16**(2), 143–148.
10. Nugroho, A. (2019). *Buku Teknologi Agroindustri Kelapa Sawit*. Lambung Mengkurat Universitas Press: Banjarmasin.



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

## PENGARUH DOPING *CHROMIUM* TERHADAP SIFAT KRISTALINITAS DARI NANOPARTIKEL $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (*HEMATITE*)

Novia Magdalena Purba\*, Erwin Amiruddin, Salomo Sinuraya, Krisman Sabar  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [novia.magdalena1852@student.unri.ac.id](mailto:novia.magdalena1852@student.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*This study aims to determine the crystal structure and particle composition as well as the effect of iron oxide nanoparticles ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) doped chromium for methylene blue degradation. Iron oxide nanoparticles were obtained by 3 stages of ball milling with the total time milling of 120 hours. Each stage of ball milling, the product was processed by strong NdFeB magnet in order to separate between iron oxide and non iron oxide phases. The last product of ball milling process is called BM 3. The BM 3 product was divided into 4 parts with the same amount of weight namely BM 3A, BM 3B, BM 3C, and BM 3D with variations in the concentration of 0 wt.% chromium; 5 wt.%; 10 wt.%; and 20 wt.% These samples were characterized using X-ray diffraction (XRD) method and X-ray fluorescence (XRF). The XRD measurements show that the BM 3 product has a Hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) phase with a Rhombohedral structure. The crystal size of the samples decreases with increasing chromium concentration. The amount of Fe decreases from 57.316% to 54.204% as chromium increases from 0 wt.% to 5 wt.% respectively. Meanwhile, the percentage of Cr increases before being doped with 0.08% chromium and then increases after being doped with 5 wt.% chromium to 7.758%.*

**Keywords:** Iron Sand, Hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Chromium, Crystal Properties, Crystal Composition.

### ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur kristal dan komposisi partikel serta pengaruh nanopartikel oksida besi ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) didoping chromium terhadap degradasi metilen biru. Nanopartikel oksida besi diperoleh dengan 3 tahap ball milling dalam waktu total 120 jam. Setelah tahap ball milling, produk diproses menggunakan magnet kuat Neodymium Iron Boron (NdFeB) untuk memisahkan antara fase oksida besi dan non oksida besi. Produk akhir pada proses ball milling disebut BM 3. Produk BM 3 terbagi dalam 4 bagian BM 3A, BM 3B, BM 3C, dan BM 3D dengan variasi konsentrasi chromium 0 wt.%; 5 wt.%; 10 wt.%; dan 20 wt.% Sampel tersebut dikarakterisasi menggunakan metode X-Ray diffraction (XRD) dan X-ray fluorescence (XRF). Pengukuran XRD menunjukkan bahwa produk BM 3 memiliki fase Hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dengan struktur Rhombohedral. Pengukuran XRF ukuran kristal pada sampel berkurang dengan meningkatnya konsentrasi chromium seperti pada jumlah Fe menurun dari 57,316 % menjadi 54,204 % karena chromium meningkat dari 0 wt.% menjadi 5 wt.%. Sedangkan persentase Cr meningkat sebelum didoping chromium 0,08% lalu meningkat setelah didoping chromium 5 wt.% menjadi 7,758 %.*

**Kata kunci:** Pasir Besi, Hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Chromium, Sifat Kristal, Komposisi Kristal.

Diterima 06-02-2023 | Disetujui 22-04-2023 | Dipublikasi 18-06-2023

### PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi memiliki dampak negatif bagi kehidupan manusia seperti dalam bidang industri. Sebagai contoh pembuatan kain batik saat ini tidak lagi dibuat secara manual tetapi

telah menggunakan mesin. Dampak dari penggunaan mesin untuk pembuatan batik dalam skala besar mengakibatkan banyaknya zat warna yang tersisa yang akan dilepas ke badan perairan seperti danau atau sungai dengan volume sebesar 322.295 ton/tahun [1].

Limbah industri yang dibuang ke dalam

sungai menyebabkan terjadinya pencemaran apalagi limbah yang mengandung zat warna yang memiliki efek toksisitas. Tentu perusahaan industri tekstil harus memiliki saluran limbah pembuangan [2,3]. Pasir besi yang berada di alam memiliki susunan oksida besi dari *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), *maghemite* ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Ketiga senyawa tersebut memiliki kegunaan dan karakteristik yang berbeda-beda dan sering diberi pengotor lainnya. *Magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) nanopartikel yang memiliki banyak aplikasi diantaranya sebagai penyimpanan informasi kepadatan tinggi, ferrofluida, katalisis, perangkat elektronik, biomedis dan pigmen [4-6]. *Hematite* semikonduktor tipe-n intrinsik yang memiliki nilai celah pita sekitar  $\sim 2,2$  eV menimbulkan penyerapan cahaya matahari hingga 600 nm. Pada saat ini *hematite* menjadi bahan penelitian yang sangat populer karena memiliki stabilitas yang sangat tinggi, efisiensi biaya yang rendah, tidak memiliki efek toksisitas dan ketersediaan bahan yang mudah dicari [7,8]. Oksida besi yang berasal dari pasir alam dapat dipreparasi dengan metode seperti *high energy milling* (HEM), *top down* dan *ball milling*. *Ball milling* menjadi pilihan terbaik dalam preparasi nanopartikel karena sederhana, efisien dan tidak mahal [9-11].

Dalam penelitian ini dilakukan preparasi nanopartikel oksida besi dari pasir alam Logas menggunakan metode *ball milling*. Doping *chromium* diberikan pada nanopartikel hematite dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi konsentrasi tembaga pada nanopartikel magnetik ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) terhadap ukuran kristal oksida besi menggunakan *X-ray diffraction* (XRD) dan komposisi kristal menggunakan *X-ray fluorescence* (XRF) [12].

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu: magnet *neodymium iron boron* (NdFeB) sebagai pemisah partikel non

magnetik dan magnetik, *ball milling* sebagai penghancur sampel, *Chromium* sebagai doping sampel Pasir besi. XRD sebagai alat analisis sifat kristal sampel dan XRF sebagai alat analisis komposisi kristal sampel.

### Pemisahan Partikel Oksida Besi dan Oksida Lainnya dengan Magnet Kuat NdFeB

Pengukuran induksi magnetik Pasir alam yang masih bercampur dengan oksida non magnetik ditaburkan di atas wadah kaca. Magnet NdFeB harus dilapisi dengan plastik bertujuan untuk melindungi magnet agar partikel dari produk tidak secara langsung menempel pada magnet. Magnet ditempelkan di bawah wadah kaca yang berisi oksida besi kemudian magnet digerakkan ke kanan dan ke kiri agar oksida besi dengan non oksida besi terpisah. Oksida besi mengikuti arah magnet bergerak sedangkan oksida non besi diam tidak bergerak mengikuti magnet. Non oksida besi dibuang dengan posisi magnet masih menempel pada bagian bawah kaca sehingga oksida besi tidak ikut terbuang.

### Proses *Ball Milling*

Partikel pasir alam akan hancur oleh bola-bola *milling* saling bertubrukan sehingga ukuran dari produk *ball milling* menjadi lebih kecil. Pengerjaan *ball milling* dilakukan selama 100 jam dengan dua tahap masing-masing 50 jam. Setiap tahap *ball milling* maka partikel oksida besi dan non oksida besi dipisahkan dengan magnet kuat NdFeB, kemudian dilanjutkan dengan *ball milling* tahap kedua selama 50 jam. Produk dari *ball milling* tahap 2 ini dipisahkan kembali antara partikel oksida besi dan non oksida besi menggunakan magnet kuat NdFeB.

### Proses Doping dengan *Chromium*

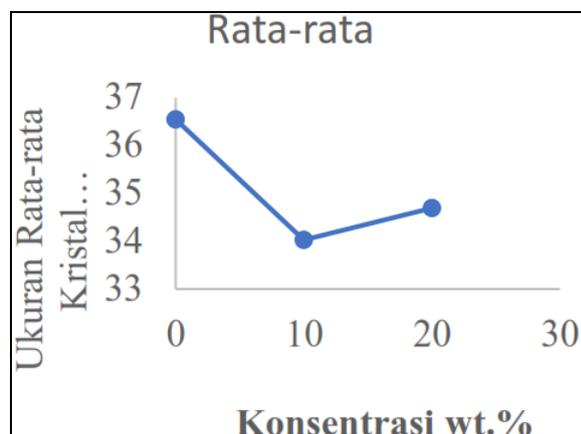
Proses pendopongan dilakukan dengan membagi terlebih dahulu produk BM 2 menjadi 4 bagian yang sama beratnya. Produk- produk ini dimasukkan dalam botol kaca yang

berukuran 5 ml dengan berat yang sama. Produk BM 2 ini masing-masing didoping dengan *chromium* dengan komposisi 0 wt.%, 5 wt.%, 10 wt.%, dan 20 wt.% menggunakan *ball milling* selama 20 jam. Produk akhir dari *ball milling* ini dinamakan dengan BM 3A, BM 3B, BM 3C, dan BM 3D, Produk BM 3A dengan *chromium* 0% atau tidak diberi pendopingan, BM 3B diberi doping *chromium* sebesar 5% (0,05), BM 3C dengan doping *chromium* sebanyak 10% (0,1). dan BM 3D dengan doping *chromium* sebanyak 20% (0,2). Dengan variasi pendopingan *chromium* bertujuan agar dapat mengetahui peningkatan aktifitas katalitik dari nanopartikel hematit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis X-Ray Diffraction (XRD)

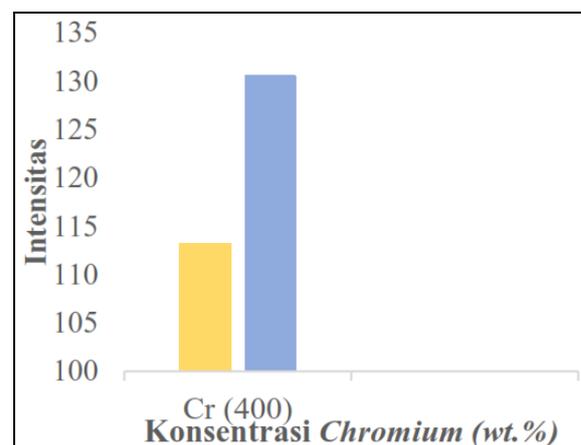
Analisis XRD dilakukan di Laboratorium UNP dengan detector LynxEye XE-T yang sumber radiasi adalah CuK- $\alpha$  dengan panjang gelombang 1,5406 Å. Prinsip kerja dari XRD yaitu dengan meletakkan sampel pada dudukan, lalu sampel akan terpapar sinar-X dengan panjang gelombang tertentu. Sinar-X yang dikenai sampel akan mengalami difraksi gelombang pada saat intensitas tertentu dengan bidang yang berjarak  $d$  dan sudut  $2\theta$  ( $^\circ$ ) yang akan dihitung menggunakan hukum Bragg berdasarkan pola difraksi yang dihasilkan.



**Gambar 1.** Grafik ukuran rata-rata kristal oksida besi sebagai fungsi konsentrasi *chromium*.

Pola difraksi nanopartikel oksida besi yang didoping dengan *chromium* 10 wt.% dan 20 wt.% menunjukkan adanya perubahan jika dibandingkan dengan pola XRD yang sebelum didoping *chromium* 0 wt.%. Intensitas yang dihasilkan dari pola XRD yang belum didoping lebih tinggi dibandingkan dengan intensitas yang sudah didoping artinya adalah bahwa ukuran kristal mengecil ketika persentase komposisi *chromium* meningkat.

Berdasarkan Gambar 1 disimpulkan bahwa ukuran rata-rata kristal sebelum didoping dan setelah didoping dengan konsentrasi 10 wt.% dan konsentrasi 20 wt.% menurun. Ukuran rata-rata pada setiap dopingnya memiliki nilai sebagai berikut 36.5464 nm pada *hematite* yang tidak didoping *chromium* lalu mengalami penurunan setelah didoping *chromium* 10 wt.% dan *chromium* 20% dengan nilai 34.0263 nm dan 34.9564 nm. Penurunan ukuran kristal terjadi karena proses *ball milling* lebih lama 20 jam pada *hematite* yang telah didoping berbeda dengan *hematite* yang belum didoping. Sehingga penghancuran partikel pada *hematite* yang telah didoping terpecah lebih kecil dan *chromium* yang didoping memiliki ukuran atom yang lebih kecil dibandingkan dengan Fe.



**Gambar 2.** Intensitas sinar-x Vs komposisi *chromium* 10 dan 20 wt.%.

Grafik pada Gambar 2 menjelaskan nilai dari Intensitas dengan konsentrasi *chromium* 20 % lebih besar dari konsentrasi *chromium* 10 wt.% pada indeks miller Cr (400). Indeks miller Cr (400) pada konsentrasi *chromium* 10 wt.% dengan sudut  $44.3851^\circ$  memiliki intensitas

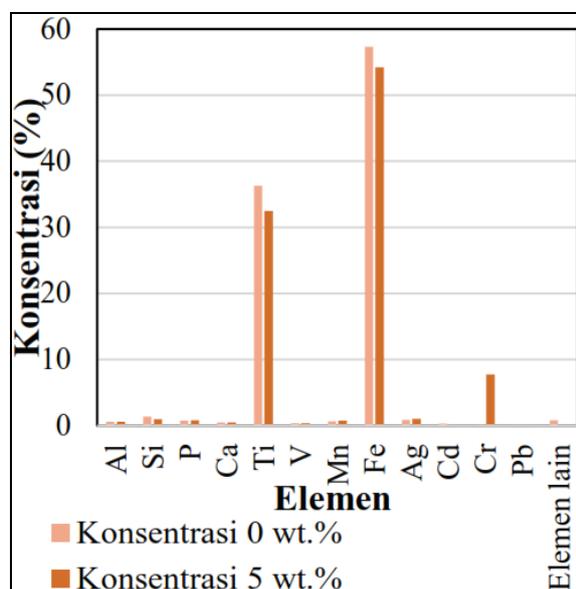
113,186 (arb.Units) lalu nilainya bertambah pada sudut  $44.3591^\circ$  dengan intensitas sebesar 130.571 (arb.Units) pada konsentrasi *chromium* 20 wt.%. Dilihat dari grafik dan nilai intensitas dapat disimpulkan bahwa bertambahnya konsentrasi doping *chromium* membuat nilai intensitas puncak menjadi tinggi. Hal ini terjadi karena pengaruh pertambahan waktu *ball milling* pada saat doping *Chromium* sehingga semakin bertambah konsentrasi *chromium* maka semakin meningkat nilai intensitas namun nilai ukuran kristal akan menurun sesuai perhitungan dari persamaan scherrer yang didapatkan.

### Data Analisis X-Ray Fluorescence (XRF)

Uji analisis pada XRF dalam mengetahui komposisi dari pasir alam Desa Logas untuk mengetahui elemen-elemen yang terdapat dalam produk yang tidak didoping dengan *chromium* (BM 3A) dan produk yang didoping dengan *chromium* (BM 3B). Hasil analisis yang terdapat dalam komposisi seperti elemen, senyawa dan oksida pada produk diperoleh dari hasil pengukuran sampel.

**Tabel 1.** Data identifikasi elemen pasir alam Desa Logas dengan sampel yang tidak didoping *chromium* (BM 3A) dan yang didoping *chromium* (BM 3B).

Waktu (menit)	Absorbansi		
	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cr } 10\%$	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cr } 20\%$
20	0,351	0,131	0,145
40	0,165	0,044	0,053
60	0,108	0,028	0,027
80	0,042	0,018	0,023
100	0,073	0,021	0,017
120	0,033	0,025	0,029



**Gambar 3.** Grafik kandungan elemen pasir alam Desa Logas dengan sampel yang tidak didoping *chromium* (BM 3A) dan yang didoping *chromium* (BM 3B).

Elemen yang teridentifikasi pada XRF terdapat pada Tabel 1 yaitu Al, Ti, V, Mn, Fe dan Cd yang merupakan bagian dari kelompok elemen magnetik sementara elemen yang non

magnetik adalah Si, P, Ca, Cr, Ag, dan Pb. Diagram yang terdapat pada Gambar 3 menunjukkan perbedaan konsentrasi doping dalam elemen yang terkandung mengalami peningkatan dan penurunan. Tabel 1 tertera bahwa setiap kandungan elemen memiliki perbedaan selisih data persentase seperti elemen Ti pada konsentrasi 0 wt.% atau tidak didoping memiliki persentase sebesar 36,309% dengan lama waktu *ball milling* 100 jam, pada konsentrasi 5 wt.% atau telah didoping *chromium* mengalami penurunan dengan persentase 32,5% dengan waktu *ball milling* 120 jam begitu juga dengan elemen Fe mengalami penurunan persentase pada konsentrasi 5 wt.% atau setelah didoping *chromium* dengan persentase yang tidak didoping atau konsentrasi 0 wt.% sebesar 57,316% pada waktu *ball milling* 100 jam dan setelah didoping persentase menurun menjadi 54,204% pada konsentrasi 5 wt.% dengan waktu *ball milling* 120 jam berbeda dengan elemen Cr yang mengalami peningkatan pada konsentrasi 5 wt.% atau setelah didoping

*chromium* dengan persentase yang tidak didoping atau konsentrasi 0 wt.% sebesar 0,08% pada waktu *ball milling* 100 jam dan setelah didoping persentase menjadi 7,758% pada konsentrasi 5 wt.% dengan waktu *ball milling* 120 jam.

## KESIMPULAN

Hasil analisis XRD membuktikan bahwa produk BM 3 adalah nanopartikel oksida besi dengan fasa *hematite* dengan sistem kristal rhombohedral. Penambahan doping *chromium* menyebabkan ukuran kristal dari produk BM 3 (A, C, dan D) mengalami penurunan 36,5464 nm, 34,0263 nm, dan 34,6943 nm. Hasil uji XRF menyatakan bahwa pada produk BM 3A menunjukkan bahwa beberapa elemen mengalami penurunan yang signifikan setelah didoping *chromium* yaitu elemen Ti dan Fe dengan persentase sebelum didoping 36,309 % dan 57,316 % lalu setelah didoping menjadi 32,5 % dan 54,204 %. Sedangkan beberapa elemen mengalami peningkatan salah satunya adalah elemen Cr dengan persentase sebelum didoping 0,08 % dan setelah didoping menjadi 7,758 %

## REFERENSI

1. Asril, A., Murwindra, R., & Ningsih, J. R. (2021). Identifikasi Logam Berat Hg, Pb Dan Cd di Aliran Sungai Batang Kuantan, Kabupaten Kuantan Singingi. *JEDCHEM (Journal Education and Chemistry)*, 3(1), 1–3.
2. Teja, A. S., & Koh, P. Y. (2009). Synthesis, properties, and applications of magnetic iron oxide nanoparticles. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 55(1-2), 22–45.
3. Rangga, A., Widyasari, Y. D. L., & Sahid, D. S. S. (2022). Integrated production facilities clustering and time-series forecasting derived from large dataset of multiple hydrocarbon flow measurement. *Science, Technology & Communication Journal*, 2(2), 32–45.
4. Widodo, R. D., Anis, S., Ichwani, A. A., Setiawan, B., Fitriyana, D. F., & Rochman, L. (2020). Synthesis and characterization of iron (III) oxide from natural iron sand of the south coastal area, Purworejo Central Java. *Journal of Physics: Conference Series*, 1444(1), 012043.
5. Wulandhari, A., & Erwin, E. (2020). Penentuan Sifat Magnetik dan Morfologi Partikel Magnetik Pasir Besi Pantai Arta Pariaman Sumatera Barat. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 17(1), 14–18.
6. Hidayat, T., Dewi, R., & Hamzah, Y. (2021). Effect of holding time on optical structure properties of Ba (Zr<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>) O<sub>3</sub> thin film using sol-gel method. *Science, Technology & Communication Journal*, 1(2), 59–66.
7. Dewi, S. H., & Adi, W. A. (2018, September). Synthesis and characterization of high purity Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> from local iron sand. *Journal of Physics: Conference Series*, 1091(1), 012021.
8. Sihombing, M., & Amiruddin, E. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dari Pasir Alam Desa Logas Kabupaten Kuantan Singingi. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 17(2), 68–73.
9. Erwin, A., Salomo, S., Adhy, P., Utari, N., Ayu, W., Wita, Y., & Nani, S. (2020, May). Magnetic iron oxide particles (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) fabricated by ball milling for improving the environmental quality. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 845(1), 012051.
10. Royka, A., & Amiruddin, E. (2021). Penentuan Nilai Suseptibilitas dan Ukuran Partikel Magnetik Pasir Alam Logas Kabupaten Kuantan Singingi Menggunakan Variasi Ukuran Ball Milling. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 18(1), 42–47.
11. Daviny, N., & Erwin, E. Pengaruh Ukuran Bola Milling terhadap Nilai Suseptibilitas Magnetik dan Distribusi Ukuran

Nanopartikel Magnetik Disintesis dari Pasir Pantai Sungai Suci Bengkulu. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **18**(3), 204–207.

12. Amiruddin, E., & Prayitno, A. (2019). The

synthesis of magnetic nanoparticles from natural iron sand of Kata beach Pariaman West Sumatera using ball milling method as environmental material. *MATEC Web of Conferences*, **276**, 06014.



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

## PENGARUH GELOMBANG MIKRO DAN SULFUR SEBAGAI AGEN PASIVASI TERHADAP SPEKTRUM ABSORBANSI KARBON DOTS BERBASIS BAN BEKAS

Ananda Tira Septiana Sari, Ety Jumiati, Miftahul Husnah\*

Program Studi Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

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

### ABSTRACT

*Used tires that are not used are usually thrown away and cause damage and environmental pollution. Information on the use of used tires is still limited, used tires are usually used in the synthesis of nanomaterials such as in the field of nanotechnology. This research was conducted to determine whether carbon dots can be synthesized from used car tires, sulfur can be used as a passivation agent in the synthesis of carbon dots, and to determine the wave absorption and fluorescence of carbon dots synthesized purely and with the addition of a passivation agent. Sulfur was used as a passivation agent with a carbon and sulfur ratio of 1:1. Microwave time variations were used 30, 35, and 40 minutes. The UV-Vis characterization of carbon dots showed a higher absorbance with variations in the length of microwave time and the addition of passivation agents. Luminance analysis with UV lamp obtained a brighter glow on karbon dots with the addition of a passivation agent.*

**Keywords:** Carbon Dots, Used Tires, UV-Vis.

### ABSTRAK

*Ban bekas yang tidak digunakan biasanya dibuang begitu saja dan menyebabkan kerusakan serta pencemaran lingkungan. Informasi pemanfaatan ban bekas masih terbatas, ban bekas biasa dimanfaatkan dalam proses sintesis nanomaterial seperti dalam bidang nanoteknologi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karbon dots dapat disintesis dari ban bekas kendaraan bermotor, sulfur dapat digunakan sebagai agen pasivasi dalam sintesis karbon dots, dan mengetahui serapan gelombang serta perpendaran karbon dots yang disintesis secara murni dan dengan tambahan agen pasivasi. Sulfur digunakan sebagai agen pasivasi dengan perbandingan karbon dan sulfur 1:1. Variasi waktu Microwave yang digunakan 30, 35, dan 40 menit. Karakterisasi UV-Vis pada karbon dots menunjukkan absorbansi semakin tinggi seiring dengan adanya variasi lama waktu microwave dan penambahan agen pasivasi. Analisa pendaran dengan lampu UV diperoleh pendaran yang lebih cerah pada karbon dots dengan penambahan agen pasivasi.*

**Kata kunci:** Karbon Dots, Ban Bekas, UV-Vis.

Diterima 17-01-2023 | Disetujui 22-03-2023 | Dipublikasi 18-04-2023

### PENDAHULUAN

Salah satu negara yang mempunyai lahan perkebunan karet terbesar di dunia adalah Indonesia. Di Indonesia sendiri karet lokal banyak dimanfaatkan untuk industri sektor otomotif kendaraan bermotor [1]. Apabila produksi kendaraan bermotor meningkat, maka produksi ban juga menjadi meningkat, sehingga terjadi penumpukan ban bekas pakai dan mengakibatkan kerusakan serta pencemaran

lingkungan. Informasi pemanfaatan ban bekas masih terbatas, maka dari itu ban bekas dapat dimanfaatkan dalam proses sintesis nanomaterial dalam bidang nanoteknologi. Nanomaterial yang terus dikembangkan hingga saat ini yaitu karbon dots [2,3].

Karbon dots adalah nanomaterial karbon yang mempunyai kerangka atom  $sp^2$  hibridasi dengan residu oksigen yang melimpah. Permukaan karbon dots dilapisi dengan oksigen, polimer atau spesies lainnya, dan

memiliki struktur amorf, serta berbentuk bulatan seperti bola [4]. Karbon dots memiliki titik larut tinggi apabila direaksikan dengan air dan mengandung toksisitas yang rendah [5].

Dari pengertian dan sifat karbon dots tersebut maka karbon dots memiliki potensi untuk dikembangkan dalam aplikasi yang lebih luas. Pemanfaatan karbon dots dalam berbagai pengaplikasian, seperti sebagai fotokatalis, sensor logam berat, cat berpendar, dan dapat dikombinasikan dengan nanopartikel logam yang digunakan untuk terapi kanker, serta dapat diaplikasikan sebagai bahan dasar pigmen pengaman alami pada mata uang [6].

Pembuatan karbon dots yang dilakukan menggunakan metode *microwave synthesis*. Metode *microwave synthesis* merupakan metode yang menggunakan atom atau molekul yang menjadikan partikel berukuran nanometer yang dikehendaki. *Microwave synthesis* juga menghasilkan nanomaterial dengan cacat yang sedikit, lebih homogen, sedikit terkontaminasi, dan distribusi partikel berukuran lebih kecil. Prinsip dari metode *microwave synthesis* yaitu menggetarkan molekul sehingga menghasilkan karbon dots yang lebih unggul. Proses penggetaran pada metode *microwave synthesis* menyebabkan rantai karbon tersusun ulang, sehingga kadar air tidak banyak terbuang dan juga menghasilkan karbon dots tidak berupa gel yang sukar larut di air [7].

Karbon dots dibuat menggunakan ban bekas dengan tambahan sulfur sebagai agen pasivasi. Agen pasivasi merupakan senyawa yang dapat meningkatkan perpendaran permukaan karbon dots. Agen pasivasi memiliki atom nitrogen dalam strukturnya, seperti 1,2-etilenadiazina, dietilamina, trietilamina, dan 1,4-butanadiazina [8]. Pasivasi adalah lapisan tipis yang terbentuk pada permukaan karbon dots. Sulfur dijadikan sebagai agen pasivasi karena sulfur dapat berperan untuk mengikat (*cross linked*) yang dapat mempengaruhi sifat fisis karbon dots [9].

Spektrum panjang gelombang pada karbon dots dapat dilihat menggunakan spektroskopi UV-Vis (*ultra-violet visible*). UV-Vis merupakan spektrofotometer yang melihat

interaksi atom suatu zat menggunakan bantuan radiasi elektromagnetik ultraviolet yang berprinsip interaksi energi sinar monokromatis dari sumber sinar diserap dan mengakibatkan tereksitasinya elektron dari keadaan dasar ke lebih tinggi [10].

## METODE PENELITIAN

Telah dilakukan penelitian menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini menggunakan sampel ban bekas pakai dan sulfur sebagai agen pasivasi serta aquades sebagai pelarut padatan. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gunting, *furnace*, wadah plastik, ayakan, alu dan mortal, *beaker glass*, spatula, botol kaca, neraca analitis, *microwave*, UV-Vis dan lampu UV. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Negeri Medan.

Proses pembuatan karbon dots diawali dengan pembuatan karbon dari ban bekas pakai. Prosedur yang dilakukan terlebih dahulu mempersiapkan ban bekas yang akan digunakan, kemudian dipotong dengan ukuran sekitar 5 – 10 cm dengan tujuan untuk mempermudah proses pembakaran. Dibakar menggunakan *furnace* dengan suhu 300°C selama 1 jam. Setelah sampel di-*furnace* lalu ditumbuk dengan alu dan mortal kemudian disaring menggunakan ayakan 100 mesh.

Tahapan pembuatan karbon dots selanjutnya yaitu melakukan sintesis menggunakan *microwave*. Pertama disiapkan karbon ban bekas yang akan digunakan, kemudian ditimbang dengan neraca analitis sebanyak 4 gram karbon dan 4 gram sulfur untuk agen pasivasi. Bahan tersebut kemudian dilarutkan menggunakan 60 ml aquades. Selanjutnya dilakukan sintesis menggunakan *microwave* dengan variasi waktu (lihat Tabel 1).

Setelah dilakukan sintesis dengan *microwave*, kemudian sampel diuji menggunakan UV-Vis untuk melihat serapan gelombang yang dihasilkan oleh karbon dots dan juga dianalisa perpendaran warna menggunakan lampu UV.

**Tabel 1.** Variasi waktu sintesis *microwave*.

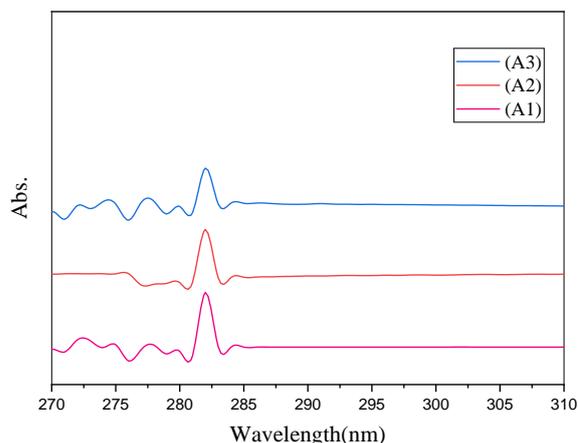
Sampel	Kode Sampel	Microwave(menit)
Murni (A)	A1	30
	A2	35
	A3	40
Agen Pasivasi (B)	B1	30
	B2	35
	B3	40

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Karakterisasi UV-Vis karbon dots

#### *Sampel Murni*

Gambar 1 memperlihatkan perbandingan hasil absorbansi dan panjang gelombang pada sampel murni dengan variasi waktu *microwave*. Puncak yang dihasilkan menggambarkan adanya satu puncak absorbansi dan satu bahu puncak. Nilai absorbansi dan panjang gelombang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Gambar 1.** Hasil UV-Vis karbon dots murni.**Tabel 2.** Perbandingan absorbansi dan panjang gelombang sampel murni.

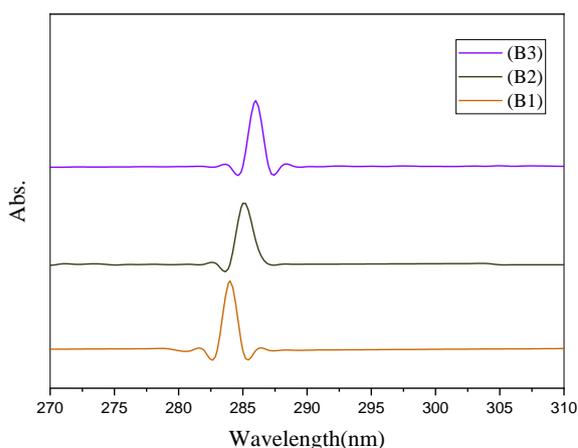
Sampel	Kode Sampel	Panjang Gelombang (nm)	Puncak Absorbansi
Murni (A)	A1	282	1,4703
	A2	282	1,5028
	A3	282	1,5923

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa sinar uv telah diserap oleh karbon dots untuk sampel murni yang terjadi di gelombang yang sama pada rentang 282 nm. Dapat dilihat bahwa semakin lama waktu *microwave* maka berpengaruh dengan kenaikan nilai puncak absorbansi. Rahmayanti (2015) menggunakan bahan sulfur, urea, dan citric acid menghasilkan nilai optimum pada spektrum absorbansi 279,50 nm dengan waktu *microwave* 35 menit [6]. Kenaikan puncak absorbansi dipengaruhi oleh lama waktu pemanasan *microwave*, hal ini terjadi karena gelombang mikro menyebabkan pergetaran antar molekul yang mengakibatkan terjadi penyusunan ulang sehingga karbon dots yang dihasilkan mengikat lebih banyak energi.

#### *Sampel Agen Pasivasi*

Gambar 2 menunjukkan perbandingan hasil absorbansi dan panjang gelombang pada sampel

agen pasivasi. Menggambarkan puncak yang dihasilkan adanya satu puncak absorbansi dan satu bahu puncak. Nilai absorbansi dan panjang gelombang dapat dilihat pada Tabel 3.

**Gambar 2.** Hasil UV-Vis karbon dots agen pasivasi.

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa sinar UV telah diserap oleh karbon dots untuk sampel

agen pasivasi dan terjadi pergeseran gelombang pada ketiga sampel tersebut pada rentang 284 – 286 nm. Juga dapat dilihat bahwa semakin lama waktu *microwave* maka berpengaruh dengan kenaikan nilai puncak absorbansi.

Ghifari (2019) menggunakan bahan dasar asam sitrat dan doping nitrogen, sulfur serta boron menghasilkan spektrum absorbansi terukur pada rentang panjang gelombang 200-300 nm [9]. Kenaikan puncak absorbansi dan pergeseran gelombang dipengaruhi oleh lama

waktu pemanasan *microwave* dan dengan adanya penambahan doping sulfur.

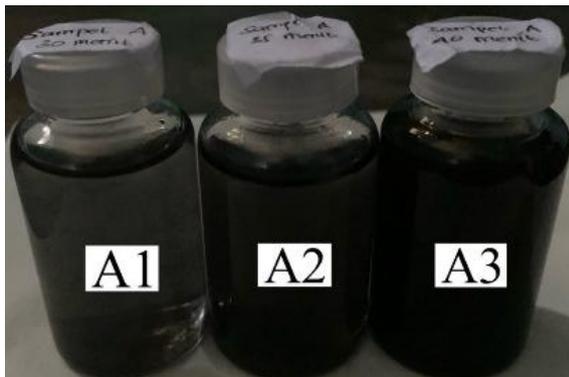
Sulfur dapat menyebabkan terjadinya pergeseran gelombang dan kenaikan puncak absorbansi, hal ini dikarenakan gelombang mikro menyebabkan pergetaran antar molekul karbon dan sulfur yang mengakibatkan terjadi penyusunan ulang rantai karbon dan membentuk *cluster* sehingga karbon dots yang dihasilkan mengikat lebih banyak energi.

**Tabel 3.** Perbandingan absorbansi dan panjang gelombang sampel agen pasivasi.

Sampel	Kode Sampel	Panjang Gelombang (nm)	Puncak Absorbansi
Agen Pasivasi (B)	B1	284	1,8660
	B2	285	1,8741
	B3	286	1,9103

### Hasil Uji Perpendaran

#### *Sampel Murni*



**Gambar 3.** Karbon dots murni di bawah cahaya tampak.



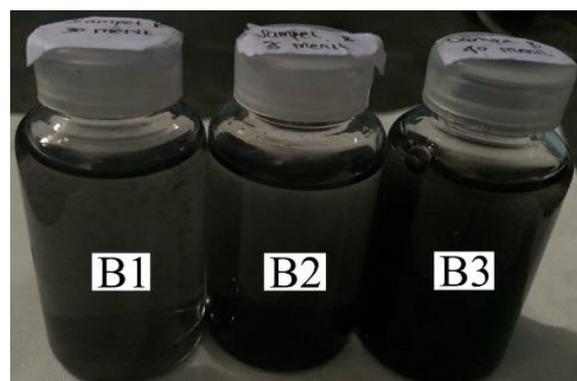
**Gambar 4.** Karbon dots murni di bawah sinar UV.

Hasil karbon dots murni apabila dilihat menggunakan cahaya tampak berwarna hitam

pekat ditunjukkan oleh Gambar 3. Karbon dots murni yang dilakukan uji perpendaran menggunakan lampu UV menghasilkan sampel berwarna biru. Karbon dots murni yang dilihat menggunakan sinar UV ditunjukkan oleh Gambar 4.

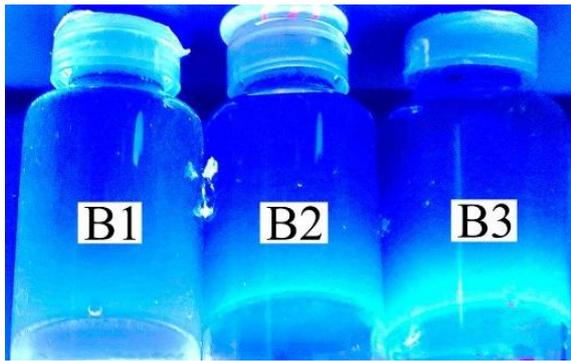
#### *Sampel Agen Pasivasi*

Hasil karbon dots agen pasivasi apabila dilihat menggunakan cahaya tampak berwarna abu-abu kehitaman ditunjukkan oleh Gambar 5.



**Gambar 5.** Karbon dots agen pasivasi di bawah cahaya tampak.

Karbon dots agen pasivasi yang dilakukan uji perpendaran menggunakan lampu UV menghasilkan sampel berwarna biru kehijauan ditunjukkan oleh Gambar 6.



**Gambar 6.** Karbon dots agen pasivasi di bawah sinar UV.

Pendaran karbon dots yang lebih cerah dipengaruhi oleh adanya penambahan sulfur yang mengakibatkan terjadinya pasivasi permukaan sehingga menghasilkan karbon dots pada daerah warna *cyan* dan berwarna lebih cerah.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa ban bekas dan sulfur dapat digunakan dalam pembuatan karbon dots. Karakterisasi UV-Vis menghasilkan kenaikan puncak absorbansi seiring dengan lamanya variasi waktu *microwave* dan terjadinya pergeseran gelombang pada sampel agen pasivasi. Serta karbon dots agen pasivasi mengalami pendaran yang lebih cerah pada daerah warna *cyan*.

## REFERENSI

1. Andriani, Y., Sari, I. R. J., Fatkhurrahman, J. A., & Harihastuti, N. (2019). Potensi Cemar Lingkungan Di Industri Karet Alam Crumb Rubber. *Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek) Ke-4*, 445–451.
2. Effendy, S., Rusnadi, I., Amin, J. M., Aina, N., Rossa, B., & Waltin, M. (2021). Unjuk Kerja Proses Pirolisis Katalitik Limbah Ban Bekas Menjadi Bahan Bakar Cair

Ditinjau Dari Jumlah Katalis, Variasi Temperatur, dan Waktu Operasi. *Kinetika*, **12**(1), 32–39.

3. Yuniarti, E. Sintesis dan Karakteristik Optik Carbon Quantum Dot yang Berasal dari Asam Sitrat dengan Variasi Massa Urea. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **18**(2), 99–105.
4. Putro, P. A., & Roza, L. (2018). Karakterisasi Sifat Optik C-Dots dari Kulit Luar Singkong Menggunakan Teknik Microwave. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 128–136.
5. Triwardiati, D., & Ermawati, I. R. (2018). Analisis Bandgap Karbon Nanodots (C-Dots) Kulit Bawang Merah Menggunakan Teknik Microwave. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, **3**(2502), 25.
6. Rahmayanti, H. D. (2015). *Sintesis Carbon Dots Sulfur (C-Dots Sulfur) Dengan Metode Microwave*. Skripsi Universitas Negeri Semarang.
7. Sujana, G. & Agus P. P. (2021). Sintesis Carbon Dots Dengan Bahan Dasar Asam Sitrat Menggunakan Metode Pemanasan Secara Berulang Di Dalam Oven Microwave. *Buletin Fisika*, **22**(01), 29–37.
8. Sari, E. P. (2019). *Sintesis Carbon Dots Dari Gula Aren Menggunakan Metode Microwave Dengan Urea Sebagai Agen Pasivasi*. Skripsi Universitas Sumatera Utara.
9. Al Ghifari, A. D., Sanjaya, E., & Isnaeni, I. (2019). Pengaruh Doping Nitrogen, Sulfur, dan Boron terhadap Spektrum Absorbansi dan Fotoluminesensi Karbon Dot Asam Sitrat. *Al-Fiziyah: Journal of Materials*

*Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics*, **2**(2), 93–101.

10. Jumriani. (2019). *Alat-alat Laboratorium*,

*Alat Laboratorium Spesifik, Distributor Alat Laboratorium, Spektrofotometri UV-Vis*. Bogor: Andaru Persada Mandiri.



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

## IDENTIFIKASI LAPISAN BAWAH TANAH DENGAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER DI AREA WISATA AIR PANAS SUNGAI PINANG KABUPATEN KUANTAN SINGINGI

**Rizza Naflah Herlinda\*, Usman Malik**

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [rizza.naflah5060@student.unri.ac.id](mailto:rizza.naflah5060@student.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*One of the geothermal prospecting areas in Riau is located in Sungai Pinang Village, Kuantan Singingi. Geothermal prospects in this village are characterized by the presence of geothermal manifestations on the surface in the form of hot springs. The purpose of this research is to analyze the rock lithology, the depth of the permeable layer, and the profile of hot springs. The method used is the geoelectric method with the Wenner Configuration. The results obtained in line 1 have a rock lithology of clay, sandstone, limestone, and andesite rocks with a permeable rock layer located at a depth of 1.25–15.9 meters. The results obtained in line 2 have rock lithologies of clay, gravel, and andesite with permeable rock layers located at a depth of 1.25 – 9.26 meters. The hot springs come from underground pressure that forces hot water to the surface through fractures to form geothermal manifestations on the surface. The hot springs found on both lines have resistivity values of 1.19–10  $\Omega\text{m}$  on line 1 and 0.524 – 9.69  $\Omega\text{m}$  on line 2.*

**Keywords:** Lithology, Hot Springs, Resistivity, Geoelectric, Wenner.

### ABSTRAK

*Desa Sungai Pinang, Kabupaten Kuantan Singingi, Riau merupakan salah satu zona prospek panas bumi. Prospek panas bumi ditandai dengan keberadaan mata air panas di permukaan yang merupakan salah satu jenis manifestasi panas bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji litologi batuan, kedalaman lapisan permeabel, dan profil mata air panas. Pendekatan geolistrik dengan Konfigurasi Wenner digunakan. Berdasarkan temuan pada lintasan 1, lapisan batuan permeabel terletak pada kedalaman 1,25 hingga 15,9 meter dan memiliki litologi batuan lempung, batupasir, batugamping, dan andesit. Data yang diperoleh pada lintasan 2 menunjukkan litologi batuan permeabel pada kedalaman 1,25 – 9,26 meter dan litologi batuan lempung, kerikil, dan andesit. Sumber air panas yang ada pada daerah penelitian ini berasal dari tekanan bawah tanah yang memaksa air panas untuk ke permukaan melalui patahan sehingga membentuk manifestasi panas bumi di permukaan. Sumber air panas yang ditemukan pada kedua lintasan memiliki nilai resistivitas 1,19 – 10  $\Omega\text{m}$  pada lintasan 1 dan 0,524 – 9,69  $\Omega\text{m}$  pada lintasan 2.*

**Kata kunci:** Litologi, Air Panas, Resistivitas, Geolistrik, Wenner.

*Diterima 21-03-2023 | Disetujui 14-04-2023 | Dipublikasi 18-07-2023*

### PENDAHULUAN

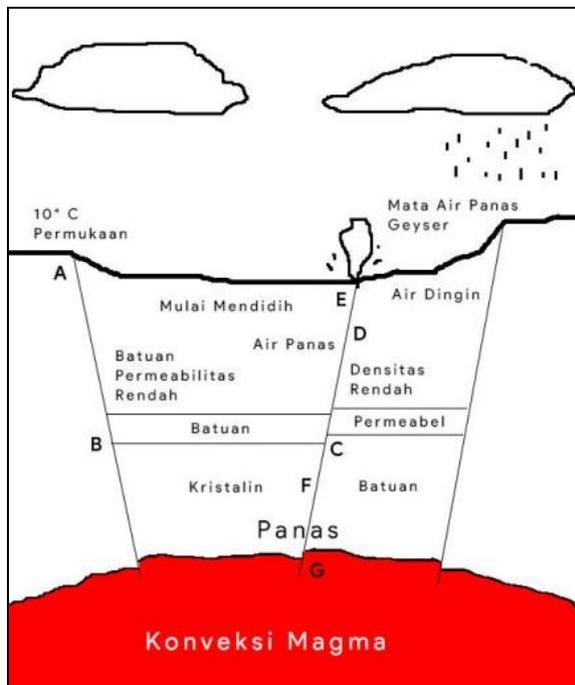
Salah satu daerah prospek panas bumi yang ada di Riau terletak pada Desa Sungai Pinang, Kuantan Singingi. Prospek panas bumi di Desa Sungai Pinang ini keberadaannya ditandai dengan munculnya manifestasi panas bumi di permukaan yaitu mata air panas yang telah dimanfaatkan sebagai tempat wisata berupa tempat pemandian air panas. Penelitian ini

dilakukan untuk mengetahui litologi batuan, kedalaman lapisan permeabel, dan profil sumber air panas di area wisata pemandian air panas Sungai Pinang, Kabupaten Kuantan Singingi untuk mengidentifikasi lapisan bawah permukaan di area manifestasi panas bumi dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner yang mampu mengukur nilai resistivitas berbagai jenis batuan berdasarkan sifat kelistrikkannya [1-3].

## TINJAUAN PUSTAKA

### Sistem Panas Bumi

Persyaratan untuk sistem panas bumi, mencakup sistem hidrotermal, atau sistem tata air, proses pemanasan, dan keadaan sistem di mana air panas terakumulasi, termasuk ketersediaan air, batuan pemanas, batuan sarang, dan batuan penutup. Terdapat sumber panas di bawah permukaan bumi, namun tidak semua tempat memiliki kemampuan untuk menahannya karena energi panas bumi hanya dapat ditemukan di daerah dengan sistem geothermal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 [1].



Gambar 1. Sistem geothermal [1].

### Manifestasi Panas Bumi

Batuan dalam sistem hidrotermal seringkali merupakan batuan yang retak secara alami. Air akan merembes melalui rekahan atau batuan permeabel, tergantung dari struktur geologinya, dan akhirnya muncul di permukaan [4,5]. Air permukaan, seperti air hujan, yang merembes ke bawah permukaan dan dipanaskan oleh sumber panas merupakan sumber fluida panas bumi yang terdapat di reservoir hidrotermal. Air

akan meresap ke dalam batuan permeabel melalui rekahan. Jika batuan berada di dekat sumber panas, panas akan berdifusi baik melalui batuan (melalui konduksi) maupun fluida (melalui konveksi). Hal ini menyebabkan jenis manifestasi permukaan panas bumi sangat beragam [6,7].

### Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner

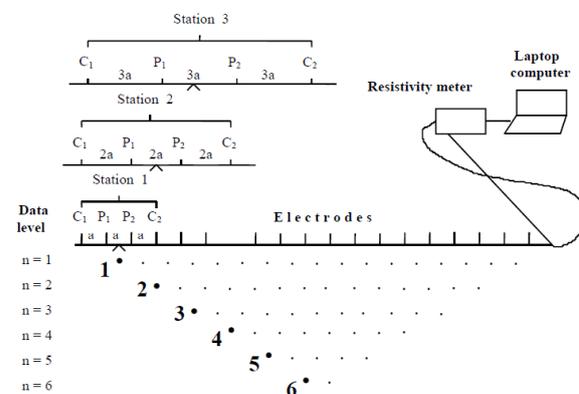
Suatu metode teknik geofisika yang dikenal dengan metode geolistrik digunakan untuk meneliti jenis-jenis arus listrik yang ada pada batuan di bawah permukaan bumi. Konfigurasi Wenner adalah konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini. Arus searah digunakan untuk menyuntikkan dua elektroda arus ke permukaan bumi, dan kedua elektroda potensial tersebut kemudian digunakan untuk mengukur beda potensial listrik [8,9]. Nilai resistivitas semu  $\rho_a$  untuk konfigurasi Wenner ialah:

$$\rho_a = k \cdot \frac{V}{I} \quad (1)$$

k merupakan faktor geometri yang berperan penting dalam pendugaan resistivitas. Dimana k dalam konfigurasi Wenner dirumuskan sebagai [10]:

$$k = 2\pi a \quad (2)$$

Konfigurasi Wenner memiliki kedalaman penyelidikan yang moderat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 [10].



Gambar 2. Pengukuran elektroda konfigurasi Wenner.

## Sifat Kelistrikan Batuan

Susunan bebatuan menunjukkan bagaimana air dapat melewati batuan yang permeabel atau pecah. Kualitas air panas tergantung pada variasi sifat batuan dalam air yang mengalir dan memancar. Berdasarkan Tabel 1, setiap jenis batuan memiliki nilai resistivitas yang unik, memungkinkan klasifikasi batuan berdasarkan nilai resistivitasnya [10].

**Tabel 1.** Nilai tahanan jenis batuan dan mineral.

Jenis Material	Nilai Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )
Air Panas	0.1 – 10
Alluvium	10 – 800
Andesit	$1,7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
Batu Kapur	$50 - 4 \times 10^2$
Batu Pasir	200 – 8.000
Gamping	$50 - 1 \times 10^7$
Kerikil	100 – 600
Lempung	1 – 100
Pasir	1 – 1.000

## METODE PENELITIAN

Metode geolistrik konfigurasi Wenner digunakan untuk studi pengukuran langsung di

Desa Sungai Pinang untuk mengetahui litologi lapisan bawah permukaan, kedalaman lapisan batuan permeabel, dan profil sumber air di kawasan Wisata Air Panas Desa Sungai Pinang.

Konfigurasi Wenner digunakan karena pengukuran elektroda potensial lebih akurat saat menggunakannya. Dalam penelitian ini, digunakan 2 titik lintasan dengan panjang 100 meter dan 70 meter. Berikut adalah prosedur pengukuran menggunakan konfigurasi Wenner:

1. Panjang jalur penelitian ditentukan.
2. GPS digunakan untuk menghitung koordinat titik awal panjang lintasan sebagai titik awal pengukuran.
3. Ubah jarak elektroda (a), khususnya pemisahan antara elektroda potensial (P1 dan P2) dan elektroda arus (C1 C2).
4. Elektroda arus dan potensial diinjeksikan ke permukaan tanah.
5. Resistivimeter disambungkan dengan kabel ke elektroda arus dan elektroda potensial.
6. Pasang resistivimeter ke sumber listrik, kemudian catat arus dan beda potensial.
7. Gunakan prosedur yang sama untuk memindahkan setiap elektroda dari titik awalnya ke ujung jalur, lalu catat hasilnya.
8. Percobaan diulang sampai banyak n.



**Gambar 3.** Peta lokasi penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran yang terkumpul berupa variasi nilai arus dan potensial yang terlebih

dahulu diolah menggunakan program *Microsoft Excel* untuk mendapatkan nilai faktor geometrik, titik datum, dan resistivitas semu. Setelah itu, *Software Res2Dinv* akan mengolah

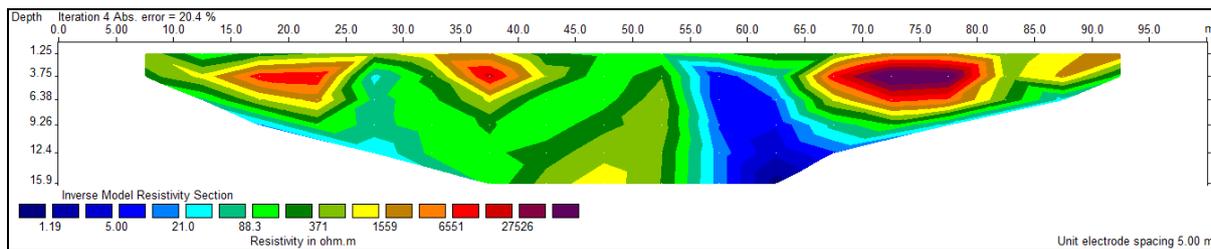
data geolistrik untuk menghasilkan hasil interpretasi bawah permukaan. Menurut setiap pengukuran trek dan lapangan, hasil pemrosesan data ditampilkan sebagai bagian resistivitas bawah permukaan 2D.

### Lintasan 1

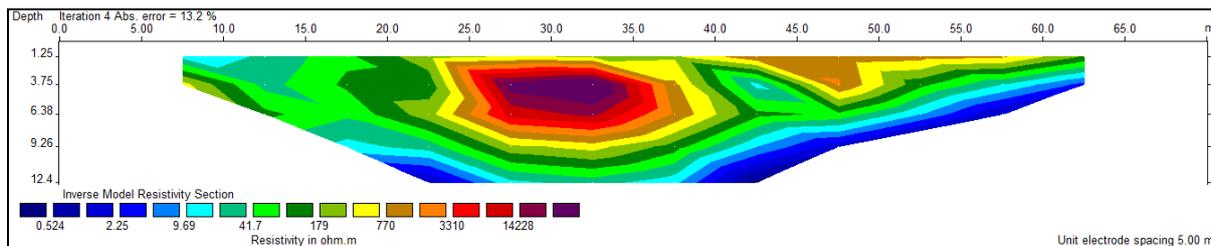
Lintasan 1 berada pada koordinat  $0^{\circ}35'9''S - 101^{\circ}24'55''E$  hingga  $0^{\circ}35'9''S - 101^{\circ}24'58''E$  yang berarah barat ke timur. Hasil pemodelan lintasan 1 yang menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv* dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini. Pada lintasan 1 ini juga, kedalaman bawah permukaan yang didapatkan oleh hasil interpretasi ialah 15,9 meter dengan nilai error sebesar 20,4%.

Pada lapisan yang memiliki nilai resistivitas  $1,19 - 10 \Omega m$ , tersebar pada kedalaman 3 meter hingga 15,9 meter. Lapisan ini ditandai dengan warna biru tua dan diidentifikasi sebagai air

panas. Lapisan selanjutnya yang ditandai dengan warna biru tua hingga biru muda memiliki nilai resistivitas yaitu  $10 - 88,3 \Omega m$ . Nilai resistivitas ini tersebar pada kedalaman 1,25 meter hingga paling dalam yaitu 15,9 meter dan diidentifikasi sebagai lempung. Lapisan berikutnya yang memiliki nilai resistivitas  $371 - 1559 \Omega m$  dan ditandai dengan warna hijau muda hingga coklat muda. Lapisan pada nilai resistivitas ini tersebar pada kedalaman 1,25 - 15,9 meter dan diidentifikasi sebagai batu pasir. Serta lapisan berikutnya yang memiliki nilai resistivitas antara  $1559 - 6551 \Omega m$ , tersebar pada kedalaman 1,25 - 6,28 meter yang diidentifikasi sebagai gamping. Lapisan terakhir yang tersebar pada kedalaman 3,75 - 6,38 meter diidentifikasi sebagai Andesit. Lapisan ini memiliki nilai resistivitas sebesar  $6551 - 27526 \Omega m$  yang ditandai dengan warna orange hingga ungu.



Gambar 4. Model resistivitas bawah permukaan lintasan 1.



Gambar 5. Model resistivitas bawah permukaan lintasan 2.

### Lintasan 2

Lintasan 2 berada pada koordinat  $0^{\circ}35'10''S - 101^{\circ}24'57'' BT$  hingga  $0^{\circ}35'08.35'' S - 101^{\circ}24'56.16'' BT$  yang berarah tenggara ke barat laut. Hasil pemodelan lintasan 2 yang menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv* dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini. Pada lintasan 2 juga, kedalaman bawah permukaan

yang didapatkan oleh hasil interpretasi ialah 12,4 meter dengan nilai error sebesar 13,2%.

Pada lapisan yang memiliki nilai resistivitas  $0,524 - 9,69 \Omega m$ , tersebar pada kedalaman 3,75 meter hingga 12,4 meter. Lapisan ini ditandai dengan warna biru tua hingga biru muda dan diidentifikasi sebagai air panas. Lapisan selanjutnya yang ditandai dengan warna biru muda hingga hijau muda memiliki nilai resistivitas yaitu  $9,69 - 41,6 \Omega m$ . Nilai

resistivitas ini tersebar pada kedalaman 1,25 meter hingga paling dalam yaitu 9,26 meter dan diidentifikasi sebagai lempung. Lapisan berikutnya yang memiliki nilai resistivitas 179 – 3310  $\Omega\text{m}$  dan ditandai dengan warna hijau tua hingga merah. Lapisan pada nilai resistivitas ini tersebar pada kedalaman 1,25 – 9,26 meter dan diidentifikasi sebagai kerikil. Lapisan yang memiliki nilai resistivitas antara 3310–14228  $\Omega\text{m}$ , tersebar pada kedalaman 1,25 – 9 meter yang diidentifikasi sebagai andesit yang ditandai dengan warna merah hingga warna ungu.

### Profil Sumber Air Panas

Pada perpotongan dua struktur sesar inilah letak lokasi penelitian. Kesalahan mendasar memungkinkan air meresap lebih dalam ke permukaan bumi dan berinteraksi dengan batuan panas, akibatnya memanaskan udara. Akibatnya, udara panas akan terdorong melewati patahan tersebut dan menimbulkan manifestasi panas bumi di permukaan bumi akibat tekanan bawah permukaan..

Gambar 4 dan 5 menunjukkan hal yang sama, sumber air terlihat berada di lapisan terdalam dan merembes ke atas. Sumber air panas yang terdeteksi memiliki kapasitas untuk menghasilkan manifestasi panas bumi seperti mata air panas. Hal ini ditunjukkan dengan adanya sumur-sumur air panas yang mengelilingi lokasi penelitian. Selain itu, daerah penelitian memiliki litologi andesit yang berperan sebagai penahan panas bumi dan berdampak pada aktivitas hidrotermal. Oleh karena itu, sumber air yang merembes ke atas seperti Gambar 4 dan 5 yang diidentifikasi sebagai air panas dengan nilai resistivitas yaitu 1,19 – 10  $\Omega\text{m}$  pada lintasan 1 dan 0,524 – 9,69  $\Omega\text{m}$  pada lintasan 2.

### KESIMPULAN

Berdasarkan nilai tahanan jenis dan kondisi geologi daerah, hasil penelitian menunjukkan bahwa, lintasan 1 memiliki litologi batuan yaitu lempung, batu pasir, gamping, dan andesit

dengan lapisan batuan permeabel yang terdapat pada kedalaman 1,25 – 15,9 meter. Sedangkan hasil yang diperoleh pada lintasan 2 memiliki litologi batuan yaitu lempung, kerikil, dan andesit dengan lapisan batuan yang permeabel tersebar pada kedalaman 1,25 – 9,26 meter. Sumber air panas yang ada pada daerah penelitian ini berasal dari tekanan bawah tanah yang memaksa air panas untuk ke permukaan melalui patahan sehingga membentuk manifestasi panas bumi di permukaan. Sumber air panas yang ditemukan pada kedua lintasan memiliki nilai resistivitas 1,19 – 10  $\Omega\text{m}$  pada lintasan 1 dan 0,524 – 9,69  $\Omega\text{m}$  pada lintasan 2.

### REFERENSI

1. Alzwar, M., Samodra, H., & Tarigan, J. (1987). *Pengantar Dasar Ilmu Gunung Api 1st edition*. Bandung: Penerbit Nova.
2. Saroh, M., & Malik, U. (2023). Identifikasi Air Laut terhadap Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Mundam Kota Dumai. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **20**(1), 61–68.
3. Defrianto, D., Putri, I. A., & Malik, U. (2022). A computational model of acoustic ray propagation in the deep-sound channel axis ocean region based on the Euler-Cromer method. *Science, Technology & Communication Journal*, **3**(1), 11–16.
4. Basid, A., Andrini, N., & Arfiyaningsih, S. (2014). Pendugaan Reservoir Sistem Panas Bumi Dengan Menggunakan Survey Geolistrik, Resistivitas Dan Self Potensial (Studi Kasus: Daerah Manifestasi Panas Bumi di Desa Lombang, Kecamatan Batang-Batang, Sumenep). *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, **7**(1), 57–70.
5. Pertiwi, M., Muhammad, J., & Farma, R. (2020). Analysis of shallow well depth prediction: A study of temporal variation of GRACE satellite data in Tampan District-Pekanbaru, Indonesia. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 27–36.

6. Saptadji, N. M. (2018). *Karakterisasi Reservoir Panas Bumi*. Skripsi, Institut Teknologi Bandung.
7. Suknawati, I., & Malik, U. (2023). Identifikasi Intrusi Air Laut pada Akuifer Menggunakan Metode Geolistrik. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **20**(1), 55–60.
8. Febriani, R., Juandi, M., & Islami, N. (2020). Interpretation Geothermal Energy Using Geoelectric Method with Dipole-Dipole in Pawan Village, Rokan Hulu Regency. *Journal of Aceh Physics Society*, **9**(2), 31–36.
9. Fitriani, R., Muhammad, J., & Rini, A. S. (2020). Investigation of the distribution of aquifers and groundwater quality in the Village of Rimbo Panjang, Kampar District. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 8–15.
10. Loke, M. H. (1999). *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies (2nd ed.)*. Malaysia: MindnHeight Penang.



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

## **PENERAPAN EGG TRAY UNTUK MEREDUKSI TINGKAT KEBISINGAN PADA RUANG KELAS MTs ISLAMIYAH TANJUNG KASAU**

**Suci Ramadhani Harahap\*, Mulkan Iskandar Nasution, Nazaruddin Nasution**

Jurusan Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

\*E-mail korespondensi: [suci.ramadhani.harahap92@gmail.com](mailto:suci.ramadhani.harahap92@gmail.com)

### **ABSTRACT**

*Noise can be reduced by using materials that can dampen and absorb sound. Sound absorbing materials have an important role in room acoustics. This study aims to apply egg trays to the walls of MTs Islamiyah Tanjung Kasau classrooms. The study was conducted by measuring the noise level before and after the implementation of the egg tray on open and closed doors and windows in the MTs Islamiyah Tanjung Kasau classroom at 20 different points. The source of the sound comes from the sound generated by the activity of vehicles on St. Sei Langgei Perk Village. Tanjung Kasau during school operating hours. The tool used to measure noise levels in this study is a sound level meter (SLM). Data processing uses Surfer Golden V16 Software to create a contour map of sound distribution. The noise level generated in the classroom before the implementation of the egg tray when the doors and windows were open and closed was 61.39 dB and 59.41 dB. These results did not meet the standards in accordance with KEPMENLH No. 48 of 1996 concerning the Noise Level Standard for Schools, which is 55 dB. Then an acoustic absorbing material was added to the classroom using egg tray material to reduce noise in the MTs Islamiyah Tanjung Kasau classroom. The noise level after the application of the egg tray in open condition is 53.47 dB, in closed condition is 49.99 dB.*

**Keywords:** Intensity, Egg Tray, Surfer Golden.

### **ABSTRAK**

*Kebisingan dapat direduksi dengan menggunakan material yang dapat meredam dan menyerap bunyi. Material penyerap bunyi mempunyai peranan penting dalam akustik ruangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penerapan egg tray pada dinding ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau. Penelitian dilakukan dengan mengukur tingkat kebisingan sebelum dan sesudah penerapan egg tray pada kondisi pintu dan jendela terbuka dan tertutup didalam ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau pada 20 titik yang berbeda. Sumber bunyi berasal dari suara yang ditimbulkan oleh aktivitas kendaraan yang melewati Jln. Sei Langgei Desa Perk. Tanjung Kasau pada saat jam operasional sekolah berlangsung. Alat yang digunakan untuk pengukuran tingkat kebisingan pada penelitian ini adalah sound level meter (SLM). Pengolahan data menggunakan Software Surfer Golden V16 untuk membuat peta kontur persebaran bunyi. Tingkat kebisingan yang dihasilkan pada ruang kelas sebelum penerapan egg tray pada saat kondisi pintu dan jendela terbuka dan tertutup yaitu 61,39 dB dan 59,41 dB hasil tersebut belum memenuhi standar yang sesuai dengan KEPMENLH No. 48 Tahun 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan untuk sekolah yaitu 55 dB. Maka dilakukan penambahan bahan penyerap akustik pada ruang kelas menggunakan bahan egg tray untuk mengurangi kebisingan pada ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau. Tingkat kebisingan setelah penerapan egg tray pada kondisi terbuka 53,47 dB, pada kondisi tertutup 49,99 dB.*

**Kata kunci:** Intensitas, Rak Telur, Surfer Golden.

Diterima 10-02-2023 | Disetujui 22-03-2023 | Dipublikasi 18-04-2023

### **PENDAHULUAN**

Manusia pada umumnya melakukan kegiatan sehari – hari di dalam ruangan. Pada

suatu ruangan terdapat luas, volume dan beragam bentuknya. Ruangan itu sendiri memiliki banyak fungsi yang beragam seperti untuk beribadah, tidur, makan, belajar dan lain-

lain. Salah satu contoh ruangan adalah ruang kelas, dimana ruang kelas berfungsi untuk kegiatan belajar mengajar. Beberapa hal yang dapat memengaruhi kenyamanan didalam ruang kelas diantaranya adalah pencahayaan, penghawaan dan akustik. Kenyamanan dalam ruang kelas akan terwujud apabila bisa mengatasi masalah kebisingan baik dari dalam maupun dari luar ruang kelas tersebut.

Akustik adalah semua hal yang berhubungan dengan bunyi secara teori atau teknik. Lingkup akustik meliputi akustik ruang dan kontrol bising. Akustik ruang merupakan konsep akustik yang menyediakan keadaan terbaik untuk produksi, perambatan dan penerimaan bunyi. Sementara kontrol bising merupakan konsep akustik yang meniadakan atau mengurangi bising dan getaran dalam jumlah yang cukup [1,2].

Kebisingan dapat direduksi dengan menggunakan material yang dapat meredam dan menyerap bunyi. Material penyerap bunyi mempunyai peranan penting dalam akustik ruangan. Untuk mereduksi kebisingan pada suatu ruangan biasanya panel akustik dipasang pada dinding pemisah (partisi) dan plafon [3].

Bunyi adalah gelombang mekanis longitudinal yang merambat. Disebut gelombang mekanis berarti bunyi berperan sebagai gelombang ketika merambat memindahkan energi dengan tanpa memindahkan mediumnya dan hanya bisa merambat bila ada mediumperambatannya. Sebagai gelombang mekanis bunyi tidak dapat merambat di vakum dan medium perambatannya dapat berupa zat padat, cair maupun gas [4,5].

Gelombang bunyi timbul akibat terjadi perubahan mekanik pada gas, zat cair atau gas yang merambat ke depan dengan kecepatan tertentu. Gelombang bunyi ini menjalar secara transversal atau longitudinal. Bunyi memiliki hubungan antara frekuensi vibrasi ( $f$ ) bunyi, panjang gelombang ( $\lambda$ ) dan kecepatan ( $v$ ) [6].

Intensitas bunyi merupakan besarnya tekanan yang dihasilkan atau energi yang dipancarkan oleh suatu sumber bunyi. Intensitas

dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Satuan desibel digunakan untuk mempermudah pengukuran kuat dan lemahnya suatu bunyi. Intensitas bunyi paling lemah yang masih bisa didengar manusia adalah 0 dB (A), sedangkan intensitas bunyi terkuat yang bisa mengakibatkan kerusakan permanen pada indera pendengaran manusia adalah 140 dB [7].

Material penyerap bunyi adalah material yang dapat menyerap energi bunyi yang datang ketika gelombang bunyi menumbuk material tersebut. Bunyi akan menumbuk partikel - partikel di dalam material, kemudian oleh partikel dipantulkan ke partikel lain sehingga bunyi terkurung di dalam material. Material penyerap bunyi terdiri dari material berpori, material penyerap panel dan material resonator rongga [8].

Kertas adalah salah satu limbah yang paling banyak dihasilkan oleh manusia, baik yang dihasilkan oleh rumah tangga, perkantoran maupun sekolah. Pada umumnya kertas berbahan dasar dari alam biasanya dari pohon – pohon. Semakin banyak kita menggunakan kerta semakin cepat pula bumi mengalami kerusakan karena keseimbangan alamnya yang terganggu. Dengan mendaur ulang limbah kertas kita dapat membantu menjaga keseimbangan alam dan mencegah pemanasan global. Mendaur ulang limbah kertas bisa membantu pemerintah untuk penanggulangan sampah, terutama limbah kertas. Salah satu jenis produk yang dihasilkan dari pengolahan kertas limbah adalah rak telur (*egg tray*) [8,9].

Rak telur bisa digunakan sebagai material akustik untuk merdam kebisingan. Pemanfaatan rak telur yang mudah didapat, murah dan sederhana cenderung dapat mengaplikasikan teknologi tepat guna. Rak telur merupakan salah satu jenis limbah kertas yang di daur ulang dan dimanfaatkan. Untuk rak telur atau yang disebut sebagai *egg tray* merupakan campuran yang terbuat dari bahan kertas koran, kardus dan kertas bekas lainnya. Rak telur mengandung selulosa dan hemiselulosa [10].

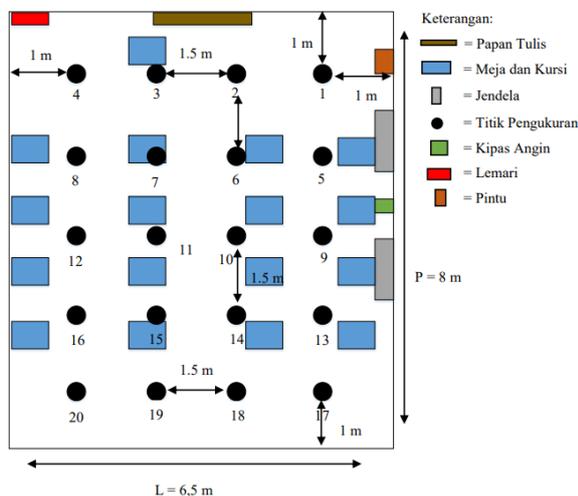
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kebisingan ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau sebelum dan sesudah penerapan

*egg tray* pada saat kondisi ruang kelas terbuka dan tertutup. Berdasarkan dari latar belakang diatas, peneliti memanfaatkan *egg tray* sebagai bahan dasar peredam kebisingan di dalam ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau.

## METODE PENELITIAN

Telah dilakukan penelitian dengan metode kuantitatif. Penelitian tingkat kebisingan di ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau dengan panjang 8 m dan lebar 6,5 m pada 20 titik ukur dilakukan pada bulan agustus 2022 sampai dengan bulan November 2022. Penelitian ini dilakukan pada siang hari sebelum penerapan *egg tray* dan setelah penerapan *egg tray* sebagai material peredam kebisingan dalam kondisi pintu dan jendela ruang kelas terbuka dan tertutup.

Alat – alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *sound level meter* (SLM), laptop, meteran, penyangga/tripod, *software surfer golden*, pensil dan buku. Adapun bahan – bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *egg tray*, lem/perekat dan cat tembok.



**Gambar 1.** Lokasi penempatan titik ukur

Penentuan titik ukur penelitian ini dilakukan didalam ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung kasau (Gambar 1). Ada 20 titik pengukuran, dimana jarak titik ukurnya yaitu 1 meter dari dinding, 1 meter dari jendela, 1 meter dari pintu dan setiap titik ukur memiliki jarak 1,5 meter ke titik ukur selanjutnya. Alat ukur diletakkan

diatas tripod, jarak alat ukur SLM dari 1,2 meter di ukur dari lantai ruang kelas. Kemudian data yang didapatkan diolah dengan menggunakan *software surfer golden v.16* untuk mendapatkan pemetaan persebaran kebisingan di dalam ruang kelas. Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan sebanyak 4 kali, 2 kali sebelum penerapan peredam *egg tray* di dalam ruang kelas 1 kali dalam kondisi pintu dan jendela terbuka dan 1 kali dalam kondisi pintu dan jendela tertutup. 2 kali lagi dilakukan setelah penerapan peredam *egg tray* di dalam ruang kelas dengan 1 kali dalam kondisi pintu dan jendela terbuka dan 1 kali dalam kondisi pintu dan jendela tertutup.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

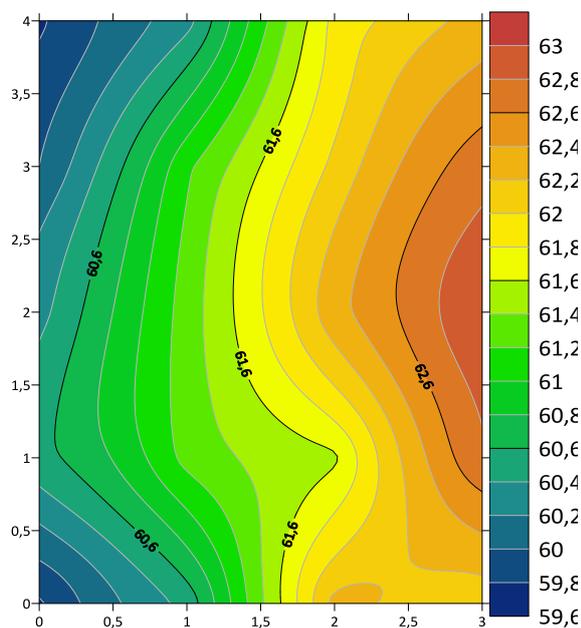
### Hasil Pengukuran Sebelum Penerapan Peredam *Egg Tray*

**Tabel 1.** Hasil intensitas kebisingan ruang kelas sebelum penerapan peredam *egg tray*.

Titik Ukur	Intensitas (dB)	
	Kondisi Terbuka	Kondisi Tertutup
1	62,27	60,92
2	61,86	59,61
3	60,32	59,75
4	59,77	58,89
5	62,72	60,74
6	62,05	59,65
7	61,16	59,16
8	60	58,97
9	63	61,52
10	62,33	60,42
11	61,29	59,63
12	60,33	58,65
13	62,78	60
14	61,56	59,06
15	61,27	58,49
16	60,54	58,27
17	62,05	59,05
18	62,27	58,69
19	60,46	58,60
20	59,77	58,26
<b>Rata-rata</b>	<b>61,39</b>	<b>59,41</b>

Pada Tabel 1 hasil dari pengukuran intensitas kebisingan pada ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau sebelum penerapan

peredam *egg tray* dengan kondisi pintu dan jendela terbuka diperoleh hasil rata-rata sebesar 61,39 dB dan pada kondisi tertutup hasil rata-ratanya sebesar 59,41 dB. Dari hasil rata-rata pengukuran intensitas kebisingan pada ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau sebelum penerapan peredam *egg tray* dengan kondisi pintu dan jendela terbuka dan dalam kondisi pintu dan jendela tertutup nilai tersebut tidak memenuhi Standard Baku Mutu KEPMENLH No. 48 Tahun 1996 untuk sekolah yaitu sebesar 55 dB.

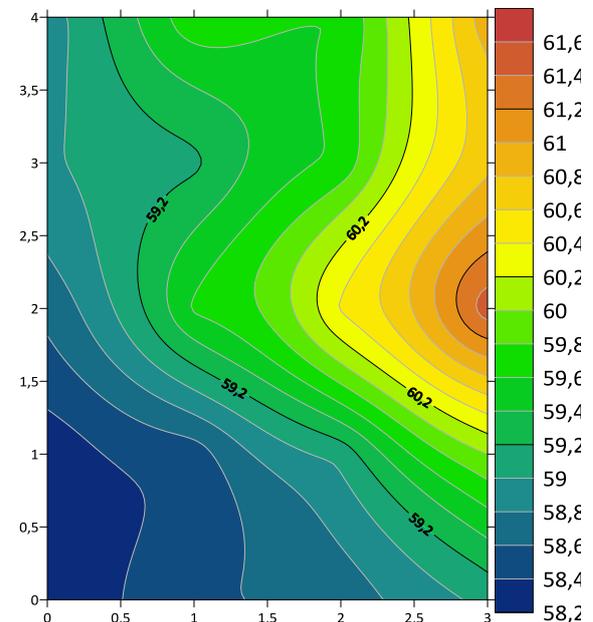


**Gambar 2.** distribusi intensitas kebisingan sebelum penerapan *egg tray* kondisi terbuka.

Gambar 2 dan 3 merupakan pemetaan menggunakan *Software Surfer Golden* di 20 titik ukur berbentuk *contour map 2D*.

Pada gambar 2 dan 3 *contour map* intensitas kebisingan sebelum penerapan peredam *egg tray* di dalam ruang kelas dengan kondisi pintu dan jendela terbuka di atas pada titik ukur tertentu terdapat nilai yang tinggi secara merata, hal tersebut disebabkan karena di titik ukur tersebut berdekatan dengan pintu dan jendela yang terbuka yang mengarah langsung pada jalanan yang dilalui kendaraan yang mana merupakan sumber kebisingan dari penelitian ini. Sedangkan pada *contour map* intensitas kebisingan sebelum penerapan peredam *egg tray* ruang kelas dengan kondisi pintu dan

jendela tertutup terdapat dua titik ukur yang nilai intensitas kebisingannya tinggi yang dapat dilihat pada persebaran warna yang ada pada peta kontur ruangan.



**Gambar 3.** Distribusi intensitas kebisingan sebelum penerapan *egg tray* kondisi tertutup.

### Hasil Pengukuran Sebelum Penerapan Peredam *Egg Tray*

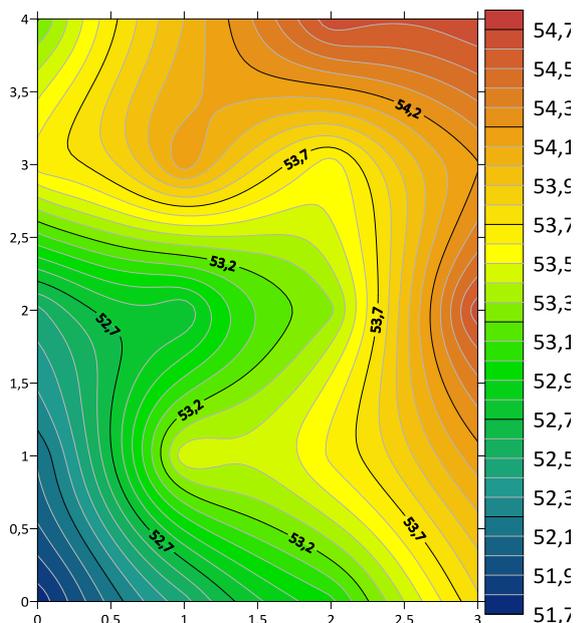
Hasil pengukuran intensitas kebisingan pada 20 titik ukur di dalam ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau setelah penerapan peredam rak telur (*egg tray*) dengan kondisi pintu dan jendela terbuka dan kondisi pintu dan jendela tertutup disetiap titik ukur menggunakan alat ukur SLM dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 diatas nilai intensitas tertinggi pada kondisi terbuka terletak pada titik 1 dengan nilai intensitas 54,69 dB sedangkan pada kondisi tertutup terletak pada titik 5 dengan nilai intensitas 52 dB. Selisih terkecil antara titik ukur di samping dan di belakangnya yaitu 0,02 dB terletak pada titik ukur 1 dan 2 pada kondisi pintu dan jendela terbuka. Dari hasil pengukuran yang didapat nilai rata-rata intensitas kebisingan kondisi ruang kelas pintu dan jendela terbuka dan kondisi pintu dan jendela tertutup sebesar 53,47 dB dan 49,99 dB. Nilai rata-rata yang didapatkan tersebut telah

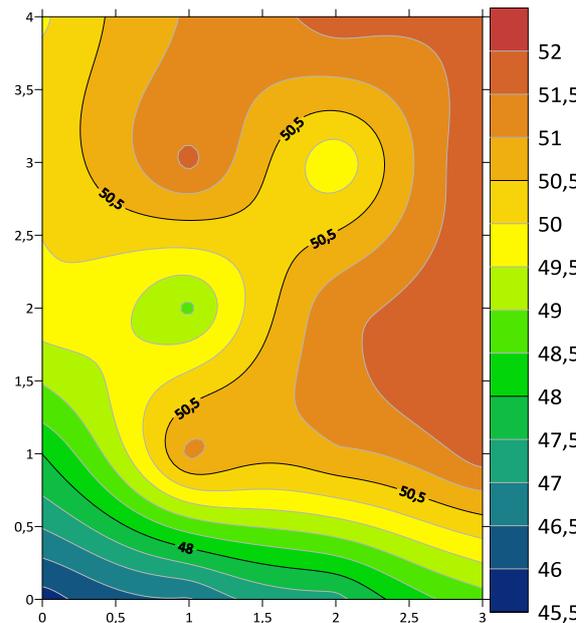
memenuhi Standar Baku Mutu KEPMENLH No. 48 Tahun 1996 untuk sekolah sebesar 55 dB.

**Tabel 2.** Hasil intensitas kebisingan ruang kelas setelah penerapan peredam *egg tray*.

Titik Ukur	Intensitas (dB)	
	Kondisi Terbuka	Kondisi Tertutup
1	54,69	51,61
2	54,67	51,75
3	54	51,05
4	53,19	49,92
5	54,19	52
6	53,54	49,54
7	54,16	51,64
8	53,65	50,16
9	54,67	51,89
10	53,27	51,36
11	52,72	48,87
12	52,47	49,91
13	54,16	51,77
14	53,62	50,92
15	53,48	51,16
16	52,11	48
17	53,78	48,79
18	52,97	47,32
19	52,46	46,45
20	51,73	45,78
<b>Rata-rata</b>	<b>53,47</b>	<b>49,99</b>



**Gambar 4.** Distribusi intensitas kebisingan setelah penerapan *egg tray* kondisi terbuka.



**Gambar 5.** Distribusi intensitas kebisingan setelah penerapan *egg tray* kondisi tertutup.

Dapat terlihat dari Gambar 4 dan 5 hasil persebaran bunyi di ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau kondisi pintu dan jendela terbuka dan kondisi pintu dan jendela tertutup yang ditunjukkan dari hasil gambar *contour map* 2D diatas. Terdapat beberapa titik yang nilai intensitas kebisingannya tinggi dimana titik ukur yang memiliki nilai intensitas tinggi tersebut berada di sekitar pintu dan jendela ruang kelas. Pada kondisi ruang kelas tertutup nilai intensitas kebisingan yang didapat cenderung merata dibebraapa titik ukur.

## KESIMPULAN

Dari analisis penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan tingkat intensitas kebisingan ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau sebelum penerapan peredam *egg tray* dalam kondisi pintu dan jendela terbuka dan tertutup belum memenuhi Standar Baku Mutu KEPMENLH No. 48 Tahun 1996 tentang kenyamanan akustik ruangan untuk sekolah sebesar 55 dB. Penerapan peredam *egg tray* di dinding ruang kelas MTs Islamiyah Tanjung Kasau mampu mengurangi tingkat intensitas kebisingan yang didapatkan sebelum penerapan peredam. Tingkat intensitas kebisingan yang dihasilkan setelah penerapan peredam *egg tray*

telah memenuhi Standar Baku Mutu KEPMENLH No. 48 Tahun 1996 untuk sekolah.

## REFERENSI

1. Gumay, O. P. U., Lestari, F., & Triyanti, M. (2020). Material Dinding Kedap Suara Di Desa Kebon Kolim. *Communnity Development Journal*, *1*(3), 292–295.
2. Luxson, M., Darlina, S., & Malaka, T. (2010). Kebisingan di tempat kerja. *Jurnal Kesehatan Bina Husada*, *6*(2), 75-85.
3. Latifah, N. L. (2015). *Fisika Bangunan 2*. Jakarta: Griya Kreasi.
4. Jati, B. M. (2020). *Pengantar Fisika Kedokteran*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
5. Aksan, H. (2023). *Kamus Fisika: istilah, rumus, penemuan*. Nuansa Cendekia.
6. Gabriel, J. (1996). *Fisika Kedokteran*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
7. Kiswanto, H. (2021). *Fisika Lingkungan: Memahami Alam dengan Fisika*. Aceh: Syiah Kuala University.
8. Lewis, & Douglas. (1993). *Industrial Noise Control Fundamentals and Application*. New York: Reyised.
9. Rafael, J. W. M., Lukas, A. Y., Mata, A. E., & Daga, W. M. (2022). Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah Egg Tray Terhadap Kuat Tekan Beton Untuk Pembuatan Beton Ramah Lingkungan. *JUTEKS: Jurnal Teknik Sipil*, *7*(2), 69-73.
10. Nurjannah, S. T. (2016). *Koefisien Penyerapan Dinding Akustik dari Komposisi Bahan Pelepah Pisang, Eceng Gondok dan Rak Telur*. Skripsi, UIN Alauddin Makassar.



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

## PEMISAH AIR DAN *CRUDE PALM OIL* DENGAN METODE ADSORPSI MENGGUNAKAN SENSOR WARNA TCS3200 DAN SENSOR *PHOTODIODE* BERBASIS ARDUINO UNO

Muhammad Iqbal Zailany Nasution\*, Mulkan Iskandar Nasution

Jurusan Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

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

### ABSTRACT

*To lessen financial damages brought on by industrial mishaps, a device that can recycle or reuse oil emissions mixed with water is required. The purpose of this study was to evaluate the sensor readings for crude palm oil (CPO) oil thickness, presence, and tool effectiveness in separating CPO oil from water. photodiode and the tool's effectiveness in separating the water and oil in CPO. The red frequency value on the TCS3200 color sensor reading increases as the thickness of the oil in the tank increases. The percentage deviation value of the CPO oil volume generated from these results is 9.7%. Before suction or the laser still penetrates the water, the photodiode sensor's light intensity reading is 74, and when it is exposed to oil, the reading is 0. The CPO oil thickness test findings show that as the CPO oil thickness increases, so does the red frequency value on the sensor. The photodiode sensor's laser light reception intensity is 74 when it detects water, and 0 when it detects oil. According to test data, the gadget has a 90.3% success rate in separating water and oil.*

**Keywords:** CPO Oil, TCS3200 Color Sensor, Photodiode Sensor.

### ABSTRAK

*Diperlukan suatu alat yang dapat memanfaatkan emisi minyak yang bercampur dengan air untuk didaur ulang atau digunakan kembali untuk mengurangi kerugian biaya akibat kecelakaan industri. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pembacaan sensor terhadap ketebalan dan keberadaan minyak crude pal oil (CPO) serta tingkat keberhasilan alat dalam memisahkan air dan minyak CPO. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen untuk mendeteksi ketebalan minyak CPO dengan sensor warna TCS3200 dan keberadaan minyak CPO dengan sensor photodiode serta tingkat keberhasilan alat dalam memisahkan air dan minyak CPO. Semakin tebal minyak yang berada pada tangki maka semakin tinggi nilai frekuensi merah pada pembacaan sensor warna TCS3200. Sehingga dari hasil tersebut nilai persentase deviasi volume minyak CPO yang didapatkan sebesar 9,7 %. Intensitas cahaya yang diterima sensor photodiode sebelum penyedotan atau laser masih menembus air bernilai 74 dan ketika terkena minyak nilai nya 0. Hasil dari pengujian ketebalan minyak CPO, nilai frekuensi merah pada sensor semakin bertambah seiring dengan pertambahan ketebalan minyak CPO. Intensitas cahaya laser yang diterima oleh sensor photodiode pada air sebesar 74 lalu ketika mendeteksi minyak bernilai 0. Dari hasil pengujian didapatkan persentase keberhasilan alat dalam memisahkan air dan minyak sebesar 90,3%.*

**Kata kunci:** Minyak CPO, Sensor Warna TCS3200, Sensor *Photodiode*.

Diterima 20-02-2023 | Disetujui 22-03-2023 | Dipublikasi 17-04-2023

### PENDAHULUAN

Minyak kelapa sawit adalah minyak nabati yang diperoleh dari buah (*mesocarp*) kelapa sawit [1]. Berdasarkan riset Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (Gapki),

Pada tahun 2021, seiring dengan penyebaran Covid-19 yang terus meluas, total konsumsi minyak sawit untuk pangan meningkat sebesar 6% dibandingkan tahun sebelumnya [2].

Dengan meningkatnya konsumsi minyak sawit, pasokan yang cukup diperlukan untuk

memantau jumlah produksi, konsumsi dan ekspor minyak sawit oleh pemerintah Indonesia. Salah satu akibat dari kelangkaan *crude palm oil* (CPO) adalah terjadinya kecelakaan industri selama proses pengangkutan, seperti tenggelamnya kapal *self propelled oil barge* (SPOB) Mulia Mandir yang mengangkut ratusan ton CPO di Sungai Mahakam pada 13 April 2021. Akibat kejadian tersebut, tumpahan minyak menyebar kurang lebih 7 kilometer ke hilir dari titik ekstrim dan mengakibatkan hilangnya muatan CPO hingga 125 ton [3]. Adsorpsi adalah proses pemisahan atau penyerapan berdasarkan perbedaan afinitas atau difusi suatu senyawa terhadap suatu padatan, yang biasanya berupa padatan berpori [4].

Arduino adalah mikrokontroler *single-board open source* yang berasal dari *wiring platform* untuk memfasilitasi perangkat elektronik di berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR dan perangkat lunaknya memiliki bahasa pemrogramannya sendiri [5]. *software* Arduino IDE adalah kependekan dari *integrated development environment*, atau dalam bahasa sederhana lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk pemrograman [6].

Sensor adalah suatu benda yang dapat digunakan untuk mengubah besaran tertentu menjadi satuan analog sehingga dapat dibaca oleh suatu rangkaian elektronik. Sensor cahaya, juga dikenal sebagai sensor optik, adalah alat untuk mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Sensor cahaya memiliki fungsi untuk mendeteksi cahaya di sekitar sensor [7]. Sensor warna TCS3200 adalah konverter warna-ke-frekuensi yang dapat diprogram yang terdiri dari rakitan LED silikon dan konverter arus-ke-frekuensi dalam sirkuit CMOS monolitik [8]. LASER (*light amplification by stimulated of radiation*) adalah proses di mana cahaya diperkuat oleh pancaran terstimulasi. Para ahli menugaskannya ke bidang elektronika kuantum, yang meliputi bidang fisika optik dan elektronika [9]. Pompa diafragma atau *diaphragm pump* adalah pompa yang bekerja bolak-balik menyedot dan mendorong air keluar dari pompa.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diperlukan suatu alat atau sistem yang dapat memanfaatkan emisi minyak yang bercampur dengan air untuk didaur ulang atau digunakan kembali untuk mengurangi kerugian biaya akibat kecelakaan industri. Minyak hasil ekstraksi yang bercampur dengan air dapat diproses lebih lanjut dengan memisahkan kembali air dan minyak hasil ekstraksi. Dalam studi tahun 2018 oleh Bagus Aris Saputra et al. studi tentang sistem pemisahan minyak -air, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mencapai tingkat keberhasilan 86% dalam memisahkan minyak dan air [10].

Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pembacaan sensor terhadap ketebalan dan keberadaan minyak CPO serta tingkat keberhasilan alat dalam memisahkan air dan minyak CPO dengan harapan melebihi tingkat keberhasilan penelitian sebelumnya.

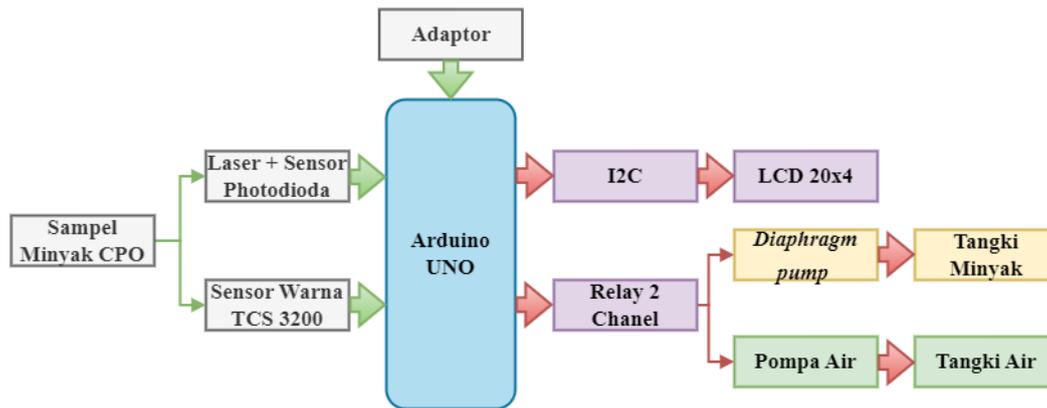
## **METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen untuk mendeteksi ketebalan minyak CPO dengan sensor warna TCS 3200 dan keberadaan minyak CPO dengan sensor photodiode serta tingkat keberhasilan alat dalam memisahkan air dan minyak CPO.

## **Perancangan Sistem Pemisah Air dan Minyak CPO**

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari Arduino Uno, sensor photodiode, sensor warna TCS3200, LCD 20x4, *Inter Integrated Circuit* atau I2C, *diaphragm pump*, pompa air, relay 2 channel.

Pada Gambar 1 menunjukkan diagram blok alat pemisah air dan minyak CPO. Adaptor berfungsi sebagai sumber tegangan untuk menyalakan alat yang akan dibuat. Mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai Prosesor utama dalam rangkaian alat yang memiliki fungsi sebagai pusat pengolahan data berupa input atau output. Laser digunakan sebagai sumber intensitas cahaya yang akan diterima oleh sensor photodiode.

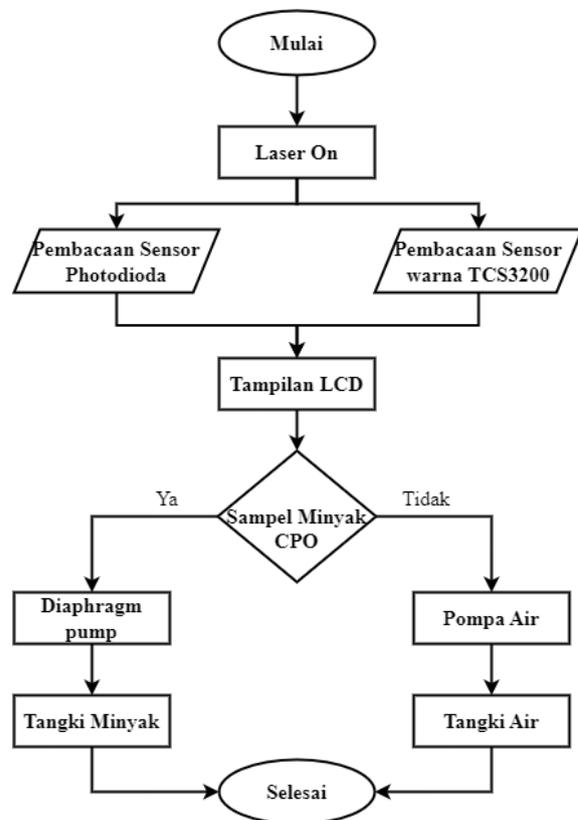


**Gambar 1.** Diagram blok alat.

Sensor *photodiode* digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya yang dipancarkan oleh laser. Sensor warna TCS 3200 berfungsi sebagai pendeteksi warna cairan dan ketebalan minyak CPO pada tangki penampungan. I2C digunakan untuk mengendalikan LCD secara *serial sinkron* dan mengurangi jumlah pin yang akan digunakan LCD pada pin Arduino Uno. *Liquid crystal display* (LCD) 20x4 berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan sensor photodiode, dan sensor warna TCS3200 berupa intensitas cahaya, warna cairan dan frekuensi RGB dari cairan di dalam tangki penampungan. Relay 2 channel digunakan untuk mengontrol *diaphragm pump* dan pompa air. Pompa air digunakan untuk menyedot air pada tangki. *Diaphragm pump* digunakan untuk menghisap minyak yang berada di atas permukaan air. Tangki minyak berfungsi sebagai tempat penampungan hasil sedotan minyak yang dilakukan *diaphragm pump*. Tangki air sebagai tempat penampungan air sisa penyedotan alat yang terdeteksi sebagai air.

Berdasarkan Gambar 2 flowchart sistem kerja dari alat pemisah air dan minyak CPO berbasis Arduino Uno ialah dimulai dari menyalakan Laser sebagai sumber intensitas cahaya. Kemudian pembacaan sensor photodiode dan pembacaan sensor warna TCS3200 yang hasil pembacaannya ditampilkan pada LCD 20 × 4. Ketika sampel minyak CPO tidak terdeteksi di dasar alat maka pompa air akan aktif dan melakukan penyedotan yang dimana hasil penyedotan tersebut masuk ke tangki air. Namun ketika sampel minyak terdeteksi oleh alat maka

*diaphragm pump* akan aktif menyedot minyak dan masuk ke tangki penampungan minyak hingga selesai.

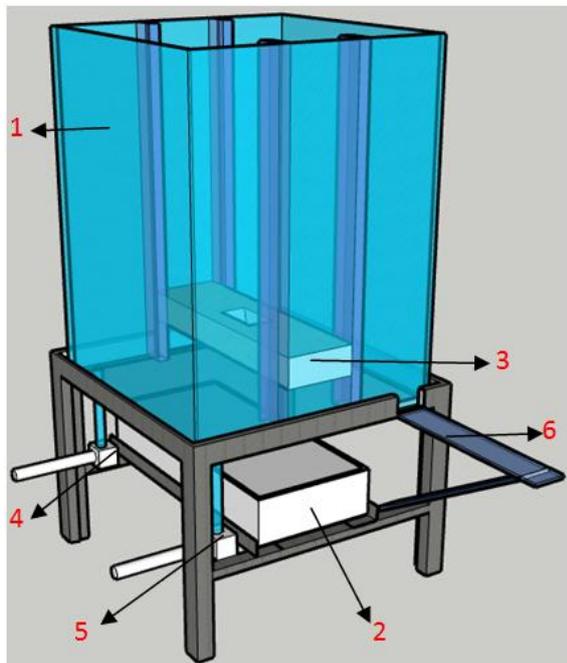


**Gambar 2.** Flowchart alat pemisah air dan minyak CPO.

### Perancangan Mekanik Alat

Pada penelitian ini, desain rancangan alat pemisah air dan minyak CPO seperti Gambar 3. Angka 1 menunjukkan tangki penampungan yang terbuat dari akrilik dengan panjang 20 cm, lebar 20 cm dan tinggi 30 cm. Angka 2 kotak yang berisikan rangkaian komponen alat yang

terbuat dari akrilik dengan panjang 20 cm lebar 10,5 dan tinggi 2,5 cm. Angka 3 pelampung yang terbuat dari *styrofoam* dengan tengah yang berbentuk kotak untuk menempatkan sensor warna TCS3200. Angka 4 *diaphragm pump* yang terhubung pada selang yang terdapat pada tangki penampungan. Angka 5 pompa air yang terhubung dengan tangki penampungan. Angka 6 tempat untuk meletakkan laser. Serta sebuah kotak yang tertutup sebagai tempat sensor photodiode.



Gambar 3. Desain mekanik alat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Sensor Warna TCS3200

Pengujian sensor warna menggunakan 3 sampel warna merah, hijau dan biru. Pengujian dilakukan dengan pembacaan warna sampel kertas yang terdiri dari warna merah, hijau dan biru dengan melihat konsistensi pembacaan warna oleh sensor warna TCS3200. Jarak yang digunakan selama pengujian ialah 1,5 cm antara sensor dan sampel warna.

Berdasarkan Tabel 1 hasil pembacaan sensor warna TCS3200 terhadap ketiga sampel warna didapatkan nilai frekuensi terendah yang konsisten dari warna merah, hijau, dan biru (RGB). Untuk warna merah, hijau, dan biru

frekuensi terendah dan konsistennya adalah 45, 73, dan 57. Warna yang terdeteksi seperti data pada Tabel 1 ketika sampel warna dicoba untuk warna merah, nilai frekuensi merah pada sensor akan lebih kecil dibandingkan dengan nilai frekuensi warna hijau dan biru, begitu juga dengan warna hijau dan biru frekuensi pada warna tersebut akan lebih kecil dibandingkan dengan frekuensi warna merah.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor warna.

Sampel Warna	Frekuensi Warna			Warna Terdeteksi
	Merah	Hijau	Biru	
Merah	46	136	89	Merah
	45	141	95	Merah
	45	141	95	Merah
	45	141	94	Merah
	45	140	94	Merah
	45	140	94	Merah
	44	140	93	Merah
	44	140	93	Merah
	44	139	93	Merah
	39	131	92	Merah
Hijau	84	73	113	Hijau
	85	73	113	Hijau
	84	73	114	Hijau
	85	74	114	Hijau
	85	73	113	Hijau
	84	73	114	Hijau
	79	73	113	Hijau
	84	73	113	Hijau
	84	72	113	Hijau
	84	73	113	Hijau
Biru	144	98	57	Biru
	145	98	56	Biru
	144	98	57	Biru
	145	98	58	Biru
	145	99	57	Biru
	145	99	58	Biru
	145	99	57	Biru
	139	99	57	Biru
	145	99	57	Biru
	145	98	57	Biru

### Pengujian Sensor Photodiode

Pengujian sensor *photodiode* dilakukan dengan menggunakan multimeter untuk

mengetahui hambatan sensor saat terkena cahaya dan tidak terkena cahaya dengan cara dihubungkan kaki positif pada sensor photodiode dengan probe negatif multimeter dan kaki negatif pada sensor photodiode dihubungkan dengan probe positif pada multimeter.

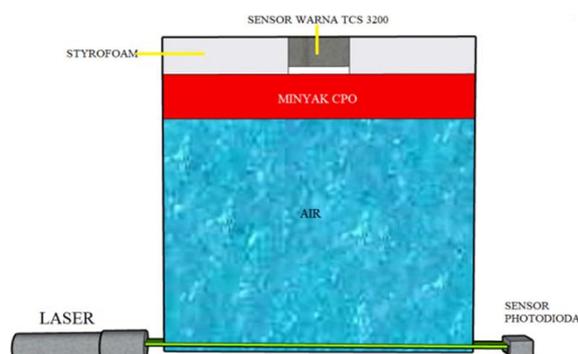
**Tabel 2.** Hasil pengujian sensor *photodiode*.

Kondisi Sensor <i>Photodiode</i>	Hambatan Sensor
Tampak Cahaya	325,2 K $\Omega$
Tertutup	0

Dari hasil Tabel 2 menunjukkan bahwa sensor photodiode yang akan digunakan dalam keadaan bagus karena mengalami perubahan hambatan ketika terkena cahaya tampak dan hambatan sensor akan menjadi nol ketika tidak terkena cahaya sama sekali.

### Pengujian Ketebalan Minyak Menggunakan Sensor Warna TCS 3200

Pengujian ketebalan minyak menggunakan sensor warna TCS3200 dilakukan untuk mengetahui pengaruh pertambahan ketebalan minyak terhadap pembacaan frekuensi warna oleh sensor TCS3200.



**Gambar 4.** Metode pengujian minyak.

Pengujian ketebalan minyak dilakukan dengan cara menambahkan minyak CPO kedalam tangki penampungan yang sudah berisi air dengan ketinggian 7 cm. Kemudian dimasukkan minyak secara perlahan sampai ketebalan minyak 0,5 cm. Data frekuensi warna yang di dapat berdasarkan nilai frekuensi warna yang dibaca oleh sensor warna TCS 3200 dan

data tersebut merupakan data yang paling sering muncul dan konsisten pada saat pembacaan sensor warna TCS 3200.

**Tabel 3.** Hasil pengukuran ketebalan minyak.

Ketebalan Minyak (cm)	Frekuensi Warna			Warna Terdeteksi
	Merah	Hijau	Biru	
0,5	57	71	62	Merah
1	60	84	75	Merah
1,5	63	110	98	Merah
2	68	99	88	Merah
2,5	72	99	84	Merah

Dari Tabel 3 didapatkan nilai frekuensi warna merah lebih kecil dibandingkan warna hijau dan biru hal ini mengindikasikan bahwa warna minyak CPO yang terdeteksi adalah warna merah. Sesuai dengan sistem kerja sensor warna jika frekuensi suatu warna lebih kecil dari frekuensi warna lainnya maka sensor tersebut mendeteksi warna dengan frekuensi terkecil. Sehingga dapat disimpulkan semakin tebal minyak yang berada pada tangki maka semakin tinggi nilai frekuensi merah pada pembacaan sensor warna TCS 3200.

### Pengujian Pemisahan Air dan Minyak pada Alat

Sistem kerja alat pemisah air dan minyak CPO diuji secara menyeluruh dengan mengisi air ke dalam tangki penampungan setinggi 7 cm dan minyak CPO dengan ketinggian atau ketebalan 2,5 cm dimana panjang tangki penampungan 20 cm dan lebar tangki alat 20 cm.

**Tabel 4.** Hasil penyedotan minyak CPO.

Kondisi sampel CPO	Volume (liter)	Pembacaan Sensor <i>Photodiode</i>
Sebelum penyedotan	1	74
Setelah penyedotan	0,903	0

Dari hasil penyedotan minyak diatas perlu dilakukan perhitungan persentase deviasi volume minyak CPO yang disedot oleh alat dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ deviasi} = \left| \frac{V_{\text{sebelum}} - V_{\text{sesudah}}}{V_{\text{sebelum}}} \right| \times 100 \quad (1)$$

Pengujian awal volume minyak yang berada dalam alat ialah 1 liter minyak CPO. Hasil dari pengujian sistem pada alat berhasil menyedot sebanyak 0,903 liter minyak CPO. Sehingga dari hasil tersebut nilai persentase deviasi volume minyak CPO yang didapatkan sebesar 9,7%. Intensitas cahaya yang diterima sensor photodiode sebelum penyedotan atau laser masih menembus air bernilai 74 dan ketika terkena minyak nilai nya 0.

Sehingga dapat disimpulkan ketebalan minyak CPO tidak dapat ditembus oleh sinar laser hijau yang diberikan dan hasil pengujian alat ini memiliki tingkat keberhasilan yang cukup bagus oleh sebab itu alat pemisah air dan minyak CPO ini dapat digunakan untuk mengatasi tumpahan minyak CPO yang masih tercampur oleh air.

## KESIMPULAN

Sensor warna TCS 3200 dapat mendeteksi warna merah yang merupakan warna sampel minyak CPO. Sensor warna TCS 3200 dapat mendeteksi ketebalan minyak CPO berdasarkan nilai frekuensi RGB minyak. Hasil dari pengujian ketebalan minyak CPO, nilai frekuensi merah pada sensor semakin bertambah seiring dengan pertambahan ketebalan minyak CPO. Hal ini dikarenakan semakin tebal ketebalan minyak maka warna merah pada minyak CPO akan semakin kuat yang menyebabkan pembacaan frekuensi sensor warna TCS 3200 pada frekuensi warna merah semakin bertambah dengan pertambahan ketebalan minyak. Intensitas cahaya laser yang diterima oleh sensor *photodiode* pada air sebesar 74 lalu ketika mendeteksi minyak bernilai 0. Dari hasil pengujian didapatkan persentase deviasi volume minyak CPO sebesar 9,7%. Atau dapat disimpulkan persentase keberhasilan alat dalam memisahkan air dan minyak sebesar 90,3%.

## REFERENSI

1. Adiarso. (2019). *Outlook teknologi pangan 2019*. Tangerang: PPIPE.
2. Dihni, Vika Azkiya. (2022). *Konsumsi minyak sawit terus meningkat dalam lima tahun terakhir*. Diakses pada 22 Mei 2022, <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/02/03/konsumsi-minyak-sawit-terus-meningkat-dalam-lima-tahun-terakhir>.
3. Daton. (2022). *Sungai mahakam tercemar CPO 7 kilometer ke hilir*. Diakses pada 22 Mei 2022, URL: <https://kaltim.prokal.co/read/news/385102-sungai-mahakam-tercemar-cpo-7-kilometer-ke-hilir.html>.
4. Astuti, Widi. (2018). *Adsorpsi menggunakan material berbasis lignoselulosa*. Semarang: UNNES Press.
5. Suhaeb, Sutarsi. (2017). *Mikrokontroler dan Interface*. Makasar: UNM.
6. Bere, S., Mahmudi, A., & Sasmito, A. P. (2021). Rancang bangun alat pembuka dan penutup tong sampah otomatis menggunakan sensor jarak berbasis Arduino. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(1), 357–363.
7. Yusro, Muhammad & Aodah Diamah. (2019). *Sensor & transduser teori dan aplikasi*. Jakarta: UNJ.
8. Nyayu, L. H., Rasyad, S., Putra, M. S., Hasan, Y., & Al Rasyid, J. (2019). Pengaplikasian sensor warna pada navigasi line tracking robot sampah berbasis mikrokontroler. *Jurnal Ampere*, 4(2), 297–306.
9. Winingsih, P. H. (2015). Rancang bangun laser untuk pembelajaran optika dalam menentukan indeks bias dan difraksi kisi. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 1(1), 77–82.
10. Saputra, B. A., Rivai, M., & Tasripan, T. (2019). Rancang bangun sistem pemisah air–Minyak berbasis metode adsorpsi menggunakan mikrokontroler Teensy. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), A300–A305.



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

## STUDI PENERAPAN AKUSTIK PADA GERBONG KERETA API SRI LELAWANGSA

**Riri Angriani Nasution, Zubair Aman Daulay, Abdul Halim Daulay\***

Jurusan Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

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

### ABSTRACT

*This study aims to determine the noise level in the Sri Lelawangsa train carriage without the addition of sound-absorbing materials and to determine the thickness of the sound-absorbing material needed to meet the acoustic comfort standard if it is simulated in a sample testing room. Noise level measurements were carried out on the Sri Lelawangsa train carriages in conditions without the addition of sound-absorbing materials. This noise level measurement was carried out in three carriages of the Sri Lelawangsa train, namely the train carriage, engine carriage, and passenger carriage, the source of noise comes from outside and inside the Sri Lelawangsa train. The study of the application of acoustics was carried out in a sample testing room made of cardboard boxes with a length of 34cm, width 25, cm and height 32 cm, and the source of noise in the sample testing room was the speaker. The absorbent material used to meet the acoustic comfort standard is pyramidal foam which is placed on the nearest side of the sound source. The measuring instrument used to measure noise on the Sri Lelawangsa train is a sound level meter and the Surfer Golden V16 software is used to describe the distribution of sound in the Sri Lelawangsa train carriage. The noise level on the Sri Lelawangsa train still exceeds the quality standard set by the Regulation of the Minister of Transportation of the Republic of Indonesia No. 75 of 2015 which is 80 dB. The highest noise level in the passenger car is at point (1) 82.81 dB. The machinist carriage is 84.70 dB, and the engine carriage is at point (2) 88.92 dB. After measuring the reverberation time on the Sri Lelawangsa train carriage, it is known that the surface area of the sound absorbing material needed to meet the reverberation time standard on the Sri Lelawangsa train carriage is 34,83 m<sup>3</sup> with an absorption coefficient ( $\alpha$ ) of 0.58 according to with the provisions of SNI 03-6306-2000.*

**Keywords:** Pyramid Foam, Carriage, Sri Lelawangsa Train, Noise.

### ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kebisingan pada gerbong KA Sri Lelawangsa tanpa penambahan bahan penyerap suara dan untuk mengetahui ketebalan bahan penyerap suara yang diperlukan untuk memenuhi standar kenyamanan akustik jika disimulasikan pada ruang pengujian sampel. Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan pada gerbong KA Sri Lelawangsa dalam kondisi tanpa penambahan bahan penyerap suara. Pengukuran tingkat kebisingan ini dilakukan di dalam tiga gerbong KA Sri Lelawangsa yaitu gerbong masinis, gerbong mesin, dan gerbong penumpang, sumber kebisingan berasal dari luar dan dalam KA Sri Lelawangsa. Studi penerapan akustik dilakukan pada ruang pengujian sampel yang terbuat dari kotak kardus dengan panjang 34 cm, lebar 25 cm dan tinggi 32 cm, dan sumber kebisingan pada ruang pengujian sampel adalah speaker. Material penyerap yang dipakai untuk memenuhi standar kenyamanan akustik adalah busa piramid yang diletakkan pada sisi terdekat dari sumber suara kemudian Alat ukur yang digunakan untuk mengukur kebisingan pada KA Sri Lelawangsa adalah sound level meter dan software Surfer Golden V16 digunakan untuk menggambarkan sebaran suara di dalam gerbong KA Sri Lelawangsa. Tingkat kebisingan pada KA Sri Lelawangsa masih melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Perhubungan RI No.75 tahun 2015 yaitu 80 dB. Tingkat kebisingan tertinggi pada gerbong penumpang yaitu di titik (1) 82,81 dB. Gerbong masinis yaitu 84,70 dB, dan Gerbong Mesin yaitu di titik (2) 88,92 dB. Setelah melakukan pengukuran reverberation time pada gerbong KA Sri Lelawangsa maka diketahui luas permukaan bahan penyerap suara yang diperlukan untuk memenuhi standar waktu dengung pada gerbong KA Sri Lelawangsa adalah sebesar 34,83 m<sup>3</sup> dengan koefisien serap ( $\alpha$ ) 0,58 sesuai dengan ketentuan SNI 03-6306-2000.*

**Kata kunci:** Busa Piramid, Gerbong, KA Sri Lelawangsa, Kebisingan.

Diterima 20-02-2023 | Disetujui 22-03-2023 | Dipublikasi 03-05-2023

## PENDAHULUAN

Kereta Api merupakan alat transportasi yang paling banyak digunakan [1], salah satunya adalah Kereta Api Sri Lelawangsa (KA Sri Lelawangsa) yang merupakan KA komputer kelas ekonomi yang memunyai trayek Medan – Binjai (pp). KA ini termasuk dalam kategori KRDI (Kereta Rel Diesel Indonesia) buatan PT. INKA yang diresmikan penggunaannya pada tanggal 06 Maret 2010 di Stasiun KA Medan. Salah satu parameter kualitas lingkungan adalah kebisingan dan alat transportasi yang berpotensi menyebabkan kebisingan adalah kereta api. Kebisingan merupakan bunyi yang melebihi nilai ambang batas frekuensi pendengaran manusia dimana gelombang bunyi adalah vibrasi atau getaran dari melokul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang [2].

Berdasarkan medium perambatannya, gelombang dikelompokkan menjadi dua, yaitu gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik. Gelombang bunyi timbul akibat terjadi perubahan mekanik pada gas, zat cair atau gas yang merambat kedepan dengan kecepatan tertentu gelombang bunyi ini menjalar secara transversal atau longitudinal, lain dengan cahaya hanya menjalar secara transversal saja [3].

Bunyi yang kita dengar sering kali merupakan jumlah dari beberapa sumber bunyi. Dalam hal ini, penjumlahan desibel tidak dapat dilakukan secara aritmatika. Sebagai contoh, jika terdapat bunyi 60 dB ditambah sumber bunyi lainnya dengan SPL sebesar 60 dB maka bunyi yang dihasilkan dari kedua sumber tersebut tidak sama dengan 120 dB, namun penjumlahan desibel dilakukan secara logaritmis [4].

Bunyi dikatakan normal bila bernilai maksimal 50 dB, dan dianggap sebagai kebisingan bila bernilai di atas 50 dB [5]. Nilai ambang batas adalah standar faktor bahaya ditempat kerja sebagai kadar/intensitas rata-rata yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan

kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu. Berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 05 tahun 2018 tentang tingkat kebisingan sebesar 85 dB dengan waktu 8 jam perhari, tetapi jika terjadi paparan terus menerus ditempat kerja akan menimbulkan berbagai keluhan kesehatan dan gangguan pendengaran [6].

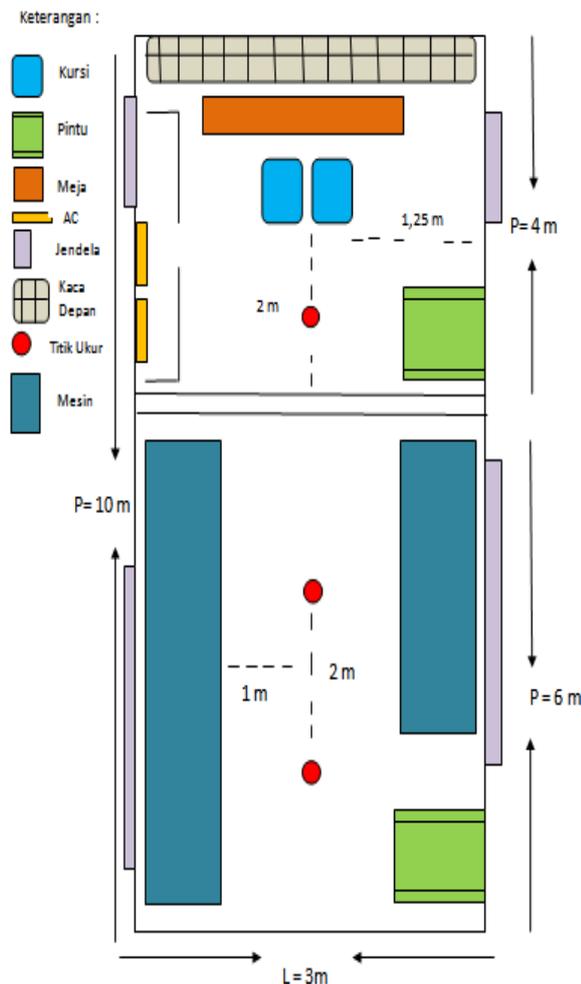
Gangguan bunyi yang terdapat dalam bangunan biasa disebut dengan bising latar belakang. [7]. Pengaruh kebisingan sangat berdampak buruk terhadap kesehatan, salah satunya pendengaran berkurang atau perubahan pertajaman pendengaran artinya berkurangnya kemampuan mendengar dibandingkan dengan pendengaran manusia normal [8]. Fungsi pendengaran secara fisiologis juga dapat terganggu. Pembicaraan atau intruksi dalam pekerjaan tidak dapat terdengar secara jelas sehingga dapat menimbulkan kecelakaan [9].

Pada tingkat kebisingan 88 dBA komunikasi antara masinis dengan asisten masinis sangat terganggu, dimana masinis harus berteriak agar ucapannya dapat di dengar dan dimengerti pada jarak 1,8 meter bila intensitas atau tingkat kebisingan adalah 70 dB [10].

## METODE PENELITIAN

Telah dilakukan penelitian pada gerbong KA Sri Lelawangsa, yaitu gerbong masinis, gerbong mesin, dan gerbong penumpang. Alat alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu set peralatan *sound level meter* (SLM) tipe GM1356, *stopwatch*, meteran, tripod, *software Surfer Golden VI6*, dan busa piramid.

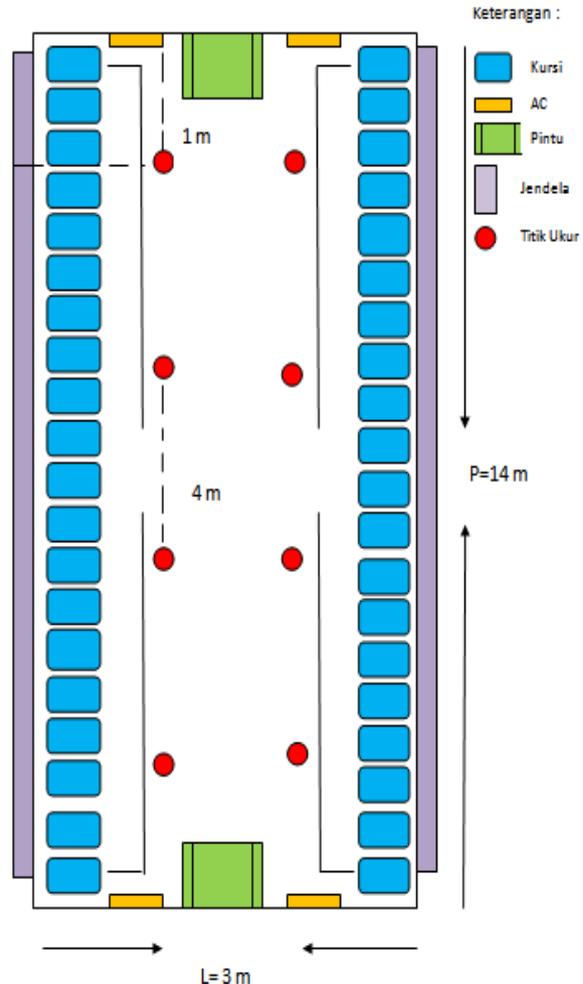
Pada penelitian ini peneliti mengukur tingkat kebisingan akustik Pada gerbong masinis (Gambar 1) terdapat 1 titik, gerbong mesin (Gambar 1) terdapat 2 titik, dan gerbong penumpang (Gambar 2) terdapat 8 titik. Jarak antara dinding ke titik 1 meter dan jarak setiap titik ke titik lain 4 meter. Ketinggian sensor SLM 1 m atau tinggi telinga manusia dalam posisi duduk.



**Gambar 1.** Titik ukur gerbong masinis dan gerbong mesin.

Pengambilan data menggunakan SLM tipe GM 1356 dengan ketinggian alat SLM diatur 1 m, sebelum penelitian alat SLM dapat dipastikan sudah terhubung dengan laptop yang akan menampilkan data yang diperoleh. Dalam penelitian ini menggunakan sumber suara mesin saat dihidupkan, sebelum dan pada saat KA Sri Lelawangsa berjalan. Sumber suara akan ditangkap oleh alat SLM tipe GM 1356 pada setiap titik ukur, pengambilan data dihitung selama 30 menit.

Pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa metode yaitu ada beberapa orang dalam gerbong penumpang saat KA Sri Lelawangsa dalam perjalanan, Sumber suara berasal dari dalam dan luar KA Sri Lelawangsa (klakson kereta api, pedesaan, pabrik dan lain-lain), Mengukur tingkat kebisingan pada gerbong masinis saat KA Sri Lelawangsa dalam keadaan diam dan Kondisi dalam perjalanan.



**Gambar 2.** Titik ukur gerbong penumpang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

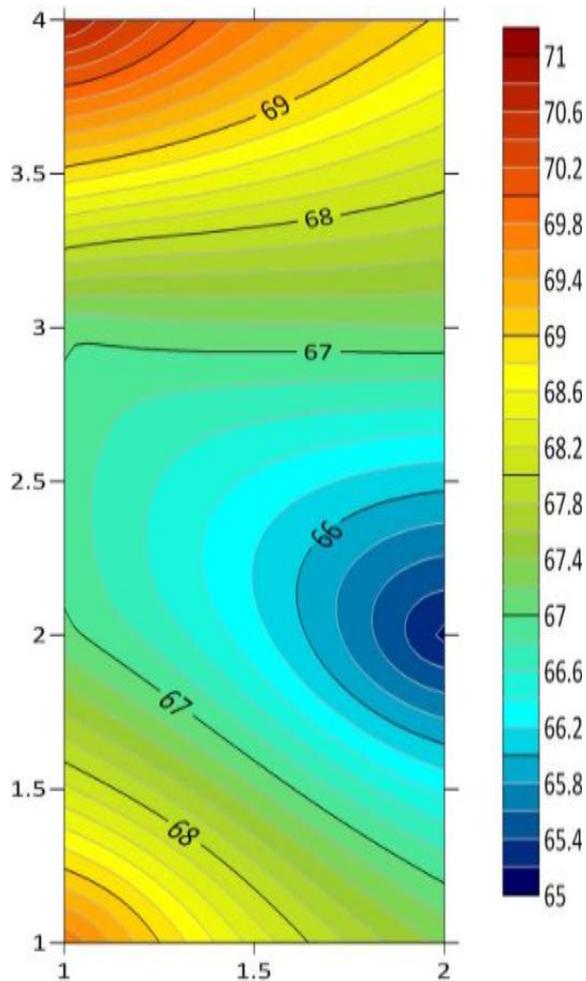
### Data Kebisingan Kereta Api Sri Lelawangsa pada Saat Keadaan Diam

**Tabel 1.** Hasil tingkat kebisingan pada gerbong penumpang.

Titik	Intensitas (dB)
1	70,81
2	68,95
3	67,04
4	67,20
5	67,06
6	65,14
7	69,77
8	67,35
<b>Rata-rata</b>	<b>67,92</b>

Berdasarkan Tabel 1, saat KA Sri Lelawangsa dalam keadaan tidak berjalan, tingkat kebisingan yang terukur di gerbong penumpang tidak begitu tinggi dan masih

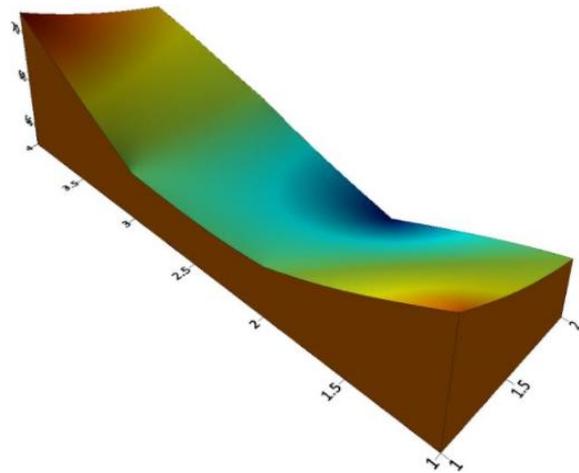
dalam batas ambang yang diperbolehkan. titik pengukuran 6 dengan nilai 65,14 dB memiliki intensitas bising yang terendah sedangkan titik 1 dengan nilai 70,81 dB adalah yang tertinggi karena titik 1 lebih dekat dengan gerbong mesin sehingga menghasilkan suara yang lebih bising.



**Gambar 3.** Contour map 2D pada gerbong penumpang saat diam.

Berdasarkan Gambar 3 dan 4 tingkat kebisingan pada titik 1 yaitu 70,81 dB, kemudian tingkat kebisingan pada titik 2 mengalami penurunan sekitar 2 dB sehingga menjadi 68,95 dB. Tingkat kebisingan di titik 3,4, dan 5 tidak mengalami kenaikan dan penurunan yang begitu besar, sehingga masih bisa dikatakan stabil. Kemudian pada titik 7 dan 8 mengalami kenaikan yang begitu tinggi dari titik sebelumnya sekitar 4 dB yaitu 69,77 dB. Telah diketahui persebaran suara dari titik satu ke titik yang lain mengalami persebaran suara hampir baik yang dapat dilihat dari persebaran

warna di atas bahwa warna biru dengan tingkat kebisingan sebesar 67 dB hampir merata keseluruhan permukaan gerbong KA Sri Lelawangsa saat keadaan diam.



**Gambar 4.** Contour map 3D pada gerbong penumpang saat diam.

Berdasarkan Tabel 2, titik 1 memiliki tingkat kebisingan sebesar 87,68 dB dan titik 2 mencapai 88,92 dB, ini membuktikan bahwa kebisingan yang ditimbulkan oleh mesin kereta api cukup besar. Gerbong mesin berdekatan dengan gerbong masinis, sedangkan gerbong mesin berada pada posisi paling depan di antara gerbong yang lain. Intensitas bunyi yang terukur di gerbong mesin begitu tinggi dan sudah di luar batas yang diperbolehkan.

**Tabel 2.** Hasil tingkat kebisingan pada gerbong mesin.

Titik	Intensitas (dB)
1	87,68
2	88,92
<b>Rata-rata</b>	<b>88,30</b>

### Hasil Tingkat Kebisingan pada Gerbong Mesin

Tingkat kebisingan pada gerbong masinis adalah 84,70 dB. Posisi gerbong masinis berada diantara gerbong mesin dan gerbong penumpang. Pada tingkat kebisingan 84,70 dB komunikasi antara masinis dan asisten masinis sangat terganggu, dimana masinis atau asisten masinis harus berteriak agar ucapannya dapat didengarkan oleh lawan bicaranya.

### Data Kebisingan Kereta Api Sri Lelawangsa pada Saat Keadaan Berjalan

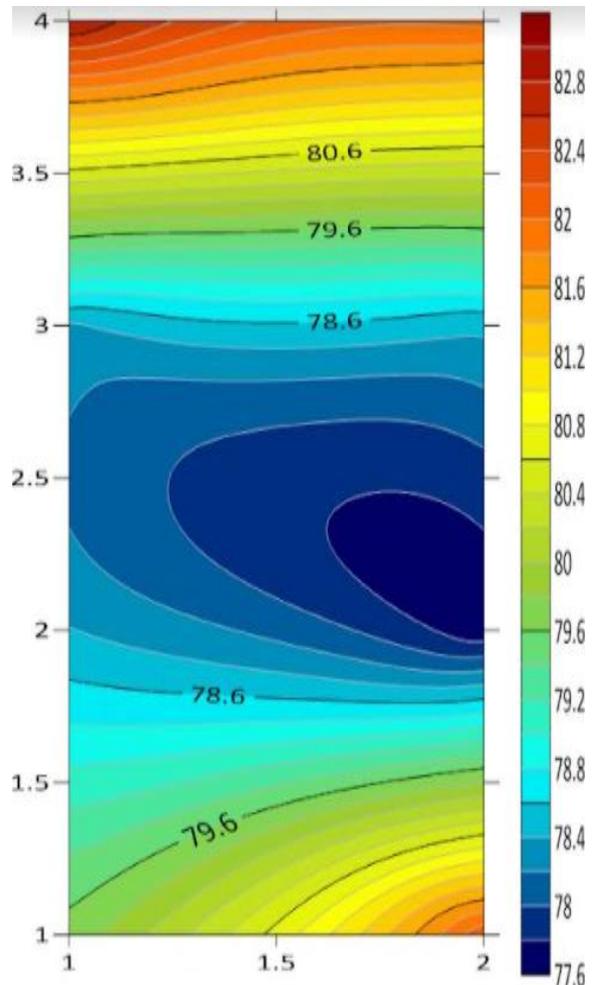
Terlihat pada Tabel 3 bahwa titik pengukuran 6 memiliki tingkat kebisingan yang terendah yaitu 77,64 dB sedangkan titik 1 adalah 82,81 dB merupakan kebisingan yang tertinggi karena titik 1 lebih dekat dengan gerbong mesin sehingga menghasilkan suara yang lebih bising. Dimana pada Gambar 5 dan 6 menunjukkan kenaikan tingkat kebisingan pada saat KA dalam keadaan berjalan yaitu pada bagian *contour map* yang berwarna putih dengan tingkat kebisingan paling tinggi sebesar 82,81 dB.

**Tabel 3.** Hasil tingkat kebisingan pada gerbong penumpang.

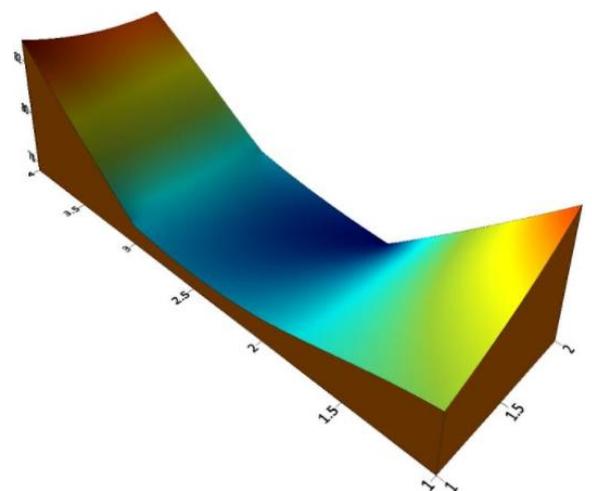
Titik	Intensitas (dB)
1	82,81
2	82,06
3	78,36
4	78,45
5	78,41
6	77,64
7	81,20
8	82,16
<b>Rata-rata</b>	<b>80,14</b>

Kebisingan pada titik 1 yaitu 82,81 dB, kemudian tingkat kebisingan pada titik 2 mengalami penurunan yang tidak begitu besar yaitu 82,06 dB. Tingkat Kebisingan di titik 3, 4, 5 dan 6 bisa dikatakan stabil karena tidak mengalami kenaikan atau penurunan tingkat kebisingan yang begitu besar. Akan tetapi pada titik sebelumnya yaitu titik 2 ke titik 3,4,5, dan 6 kebisingan menurun sebesar 3 dB, sehingga tingkat kebisingan pada titik 3 adalah 78,36, Kemudian pada titik 7 dan 8 mengalami kenaikan yang tinggi dari titik sebelumnya sekitar 3 dB yaitu 81,20 dB. Kenaikan intensitas kebisingan ini disebabkan oleh titik ukur yang berdekatan dengan gerbong penumpang lainnya, sehingga suara besi yang bersambung kegerbong lainnya mengakibatkan kebisingan dan persebaran suara ini bisa dikatakan belum merata dengan adanya selisih

persebaran 3 dB dari titik yang berada di belakangnya. Tingkat kebisingan pada titik 1, 2, 7 dan 8 yang berada pada gerbong penumpang masih di atas standar baku mutu > 80 dB.



**Gambar 5.** Contour map 2D pada gerbong penumpang saat berjalan.



**Gambar 6.** Contour map 3D pada gerbong penumpang saat berjalan.

## Waktu Dengung Menggunakan Rumus Sabine

Telah diketahui bahwa panjang gerbong KA Sri Lelawangsa adalah 14 m, lebar 3 m, tinggi 2,5 m dan volumenya adalah 105 m<sup>3</sup>. Volume gerbong berkurang disebabkan adanya volume elemen-elemen material yang terdapat di dalam gerbong KA Sri Lelawangsa yaitu sebesar 32,54 m<sup>3</sup>. Hasil waktu dengung yang diperoleh menggunakan rumus *sabine* dengan variasi frekuensi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz dan 4 KHz dapat diperoleh sebesar 0,317 detik. Hasil waktu dengung atau *reverberation time* (RT) (Tabel 4) yang diperbolehkan untuk ruang konferensi menurut SNI yaitu sebesar 0,8 detik untuk volume ruangan 72,46 m<sup>3</sup>.

**Tabel 4.** Hasil perhitungan RT.

Volume Ruangan (m <sup>3</sup> )	Frekuensi (Hz)	S.α	RT (s)
72,46	125	18,40	0,630
	250	24,57	0,471
	500	33,83	0,342
	1000	43,37	0,267
	2000	41,71	0,277
	4000	44,69	0,259
<b>RT<sub>rata-rata</sub></b>			<b>0,317</b>

## Tahap Pengambilan Data Koefisien Serap Bunyi

Proses pengambilan data dilakukan dengan cara memasukkan *speaker* ke dalam ruang sampel lalu bagian atas ruang sampel juga ditutup dengan busa piramid kemudian kotak ditutup hingga rapat sampai tidak ada celah (Gambar 7). Kemudian dinyalakan sumber suara yang dihasilkan oleh aplikasi *sonic* di *handphone* yang sudah tersambung dengan *speaker* melalui sambungan *bluetooth* yang telah diatur frekuensi dengan variasi 125, 250, 500, 1000, 2000, dan 4000 Hz yang akan diredam oleh busa piramid tersebut. Lalu SLM yang telah dihubungkan ke *laptop* akan mengukur intensitas bunyi lalu data hasil pengukuran akan ditampilkan pada layar monitor laptop.



**Gambar 7.** Contour map 3D pada gerbong penumpang saat berjalan.

**Tabel 5.** Taraf intensitas bunyi awal pada pengujian ruang sampel.

Material	Ketebalan (cm)	Frekuensi Sumber (Hz)	I <sub>0</sub> (dB)
Busa piramid	5	125	90
		250	90
		500	90
		1000	90
		2000	90
		4000	90

**Tabel 6.** Nilai rata-rata SPL pada ruang sampel busa piramid.

Material	Ketebalan (cm)	Frekuensi Sumber (Hz)	I (dB)
Busa piramid	5	125	52,7
		250	60,5
		500	48,3
		1000	55,5
		2000	43,6
		4000	41,8

**Tabel 7.** Hasil pengukuran koefisien penyerapan bunyi ( $\alpha$ ).

Material	Ketebalan (cm)	Frekuensi Sumber (Hz)	Koefisien Serap ( $\alpha$ )
Busa piramid	5	125	0,535
		250	0,397
		500	0,622
		1000	0,483
		2000	0,724
		4000	0,766
<b>Rata-rata</b>			<b>0,587</b>

Mengenai hubungan ketebalan dan koefisien penyerap bunyi dinyatakan bahwa semakin besar ketebalan medium penyerap maka akan semakin besar koefisien serap yang didapatkan (Tabel 5, 6, dan 7). Telah diketahui nilai RT yang didapatkan dari percobaan masih berada di bawah standar kenyamanan akustik yang ditetapkan, maka dari itu perlu adanya *treatment* dengan menambahkan material penyerapan suara untuk mengurangi RT pada gerbong KA Sri Lelawangsa tersebut. Sebelum menambahkan material penyerapan akustik pada gerbong maka kita perlu mengetahui terlebih dahulu luas material yang kita perlukan untuk menempelkan material penyerapan suara pada gerbong KA Sri Lelawangsa agar memenuhi standar kenyamanan akustik dengan menggunakan rumus *sabine*.

## KESIMPULAN

Dari analisis penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa tingkat kebisingan pada KA Sri Lelawanga masih melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Perhubungan RI No.75 tahun 2015 yaitu 80 dB. Tingkat kebisingan tertinggi pada gerbong penumpang yaitu di titik 1 82,81 dB. Gerbong masinis yaitu 84,70 dB, dan Gerbong Mesin yaitu di titik 2 88,92 dB, Setelah melakukan pengukuran RT pada gerbong KA Sri Lelawangsa maka diketahui luas permukaan bahan penyerap suara yang diperlukan untuk memenuhi standar waktu dengung pada gerbong penumpang KA Sri Lelawangsa adalah sebesar 34,83 m<sup>2</sup> dengan koefisien serap ( $\alpha$ ) sebesar 0,58 sesuai dengan ketentuan SNI 03-6306-2000.

## REFERENSI

1. Puabdillah, M. F. (2017). *Analisa Kebisingan Pada Gerbong Kereta Bandara Soekarno Hatta yang Disebabkan low Ac Unit ACI-4001 Dengan Menggunakan Analisa CFD (Computational Fluid Dynamic)*. Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
2. Mediastika, C. E, (2009). *Akustika Bangunan*. Yogyakarta: Erlangga
3. Halliday, D., Resnick, R., & Walker. (2010). *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 3*. Jakarta: Erlangga.
4. Sujarwanto, T., Prajitno, G., & Yuwana, L. (2014). Kebisingan di Dalam Kabin Masinis Lokomotif Tipe CC201. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 3(2), B101-B106.
5. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.48/MEN.LH/11/1996 tentang Baku Mutu Tingkat Kebisingan.
6. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2018). Keselamatan dan Kesehatan Kerja No. 5 Pasal 1 ayat 1.
7. Dwi, N. (2015). *Analisis Pengaruh Tingkat Kebisingan dan Getaran Kereta Api Terhadap Tekanan Darah Ibu Rumah Tangga di Pemukiman Pinggiran Rel Kereta Api Jalan Ambengan Surabaya*. Skripsi, Universitas Air langga, Surabaya.
8. Haryono, S. H. (2011). *Higiene Lingkungan Kerja*. Yogyakarta: Mitra Cendikia Press.

9. Sela, J. (2018). *Pengaruh Jarak Pemukiman Terhadap Tingkat Kebisingan Pada Jalur Kereta Api Jenis Ekonomi di Wilayah Kelurahan Winongo Kota Madun*. Skripsi, Stikes Bhakti Husada Mulia.
10. Komite Nasional Keselamatan Transportasi. (2003). Laporan Investigasi Kecelakaan Kereta Api Tabrakan Antara Rangkaian KA 146 Empu Jaya Dengan Rangkaian KA 153 Gaya Baru Malam.



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

# PEMANFAATAN SENSOR PIEZOELEKTRIK SEBAGAI PENGHASIL SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF MENGGUNAKAN TETESAN AIR HUJAN

**Dhani Yonata Hariyono\*, Nazaruddin Nasution**  
Jurusan Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

\*E-mail korespondensi: [dhani.yonata@uinsu.ac.id](mailto:dhani.yonata@uinsu.ac.id)

## ABSTRACT

*Indonesia is a tropical country whose renewable energy sources have not been optimally explored and developed. The advantages of a tropical climate are rain and heat, which should be put to good use to become a renewable energy source. One of the beneficiaries is the energy produced by rainwater using piezoelectricity. With the pressure of rainwater on the piezoelectric, the piezoelectric can produce electrical energy that can be stored for use. The amount of energy that can be generated directly depends on the piezoelectricity used and the rainfall. The method used in this research is to do experimental testing. The generated electrical energy is stored in a 12 V dry battery which has been rectified from AC (alternating current) to DC (direct current) using rectifier diodes. The results of the electrical input voltage are processed using the Arduino Uno microcontroller via a voltage sensor and stored using a data logger shield with an SD card and data. The results of this study show that the largest voltage and current are generated at 110.5 mm rainfall and a voltage of 35.50 V and a current of 209.95 mA is obtained. While the smallest voltage and current are generated at 9 mm rainfall and obtained a voltage of 2.89 V and a current of 17.1 mA.*

**Keywords:** Piezoelectric, Voltage, Pressure.

## ABSTRAK

*Indonesia merupakan negara tropis yang sumber energi terbarukannya belum dieksplorasi dan dikembangkan secara optimal. Keunggulan iklim tropis yaitu hujan dan panas, yang sudah seharusnya hal ini bisa di manfaatkan dengan baik untuk menjadi sumber energi terbarukan. Salah satu pemanfaatannya adalah energi yang dihasilkan air hujan dengan menggunakan Piezoelektrik. Dengan adanya tekanan air hujan pada piezoelektrik, maka piezoelektrik dapat menghasilkan energi listrik yang dapat disimpan untuk digunakan. Jumlah energi yang dapat dihasilkan secara langsung bergantung pada piezoelektrik yang digunakan dan curah hujan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengujian secara eksperimental. Energi listrik yang dihasilkan disimpan dalam baterai baterai kering 12 V yang telah disearahkan dari AC (arus bolak-balik) ke DC (arus searah) menggunakan dioda penyearah. Hasil tegangan input listrik diolah menggunakan mikrokontroler Arduino Uno melalui sensor tegangan dan disimpan menggunakan data logger shield dengan SD card dan data. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa tegangan dan arus terbesar yang dihasilkan pada curah hujan 110,5 mm dan didapatkan tegangan sebesar 35,50 V dan arus sebesar 209,95 mA. Sedangkan tegangan dan arus terkecil yang dihasilkan pada curah hujan 9 mm dan didapatkan tegangan sebesar 2,89 V dan arus sebesar 17,1 mA.*

**Kata kunci:** Piezoelektrik, Tegangan, Tekanan.

Diterima 21-03-2023 | Disetujui 01-05-2023 | Dipublikasi 05-05-2023

## PENDAHULUAN

Energi merupakan hal utama yang menopang kehidupan manusia di dunia.

Dorongan manusia untuk mencari energi baru didorong oleh situasi global yang menunjukkan bahwa cadangan energi fosil di bumi semakin menipis karena sifatnya yang tidak dapat

diperbarui. Untuk menggantikan keterbatasan energi fosil, manusia mencoba membuat alat pengumpul atau pemanen energi [1]. Pemanenan atau pengumpul energi adalah proses menangkap energi yang terbuang dari sumber energi yang terjadi secara alami, mengumpulkan dan menyimpannya untuk digunakan di waktu tertentu. Pemanen energi adalah konversi energi lingkungan menjadi energi listrik. Pemanen atau pengumpul energi menjadi salah satu teknik yang menjanjikan untuk memecahkan masalah energi global tanpa menghabiskan sumber daya alam [2,3].

Indonesia adalah negara tropis, sehingga Indonesia memiliki dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Pemanfaatan energi listrik secara alami pada musim kemarau adalah dengan memanfaatkan panas matahari sebagai energi yang disimpan pada siang hari dan digunakan atau digunakan sebagai listrik pada malam hari. Namun pada saat musim hujan energi tersebut belum dimanfaatkan atau digunakan secara maksimal untuk di ubah menjadi energi listrik [4].

Piezoelektrik adalah salah satu dari banyak aplikasi yang dapat diterapkan pada alat pemanen energi [5]. Saat ini beberapa peneliti telah menggunakan piezoelektrik di beberapa pengaplikasian dengan memanfaatkan energi yang berasal dari alam, hal ini dilakukan untuk mengurangi pemakaian listrik yang disediakan oleh pemerintah. Maka dari itu peneliti bertujuan memanfaatkan energi alam yaitu hujan. Penerapan getaran/tekanan pada kristal piezoelektrik akan menciptakan tegangan listrik karena polarisasi muatan yang terjadi [6]. Getaran/tekanan yang diperlukan untuk konversi energi dapat dengan mudah diperoleh dari lingkungan tempat piezoelektrik ditempatkan. Dengan penempatan yang tepat, piezoelektrik dapat menghasilkan lebih banyak energi listrik [7]. Keluaran daya dari piezoelektrik bergantung pada banyak faktor intrinsik dan ekstrinsik, yang menyebabkan variasi besar dalam keluaran daya [8].

Mowaviq *et al.* (2018) menggunakan piezoelektrik sebagai generator berbasis pijakan pada kaki [9]. Dengan merancang lapisan

piezoelektrik di lantai, energi yang hilang akibat langkah kaki dapat dimanfaatkan. Hasil penelitian di lapangan menjelaskan bahwa pembangkit listrik yang menggunakan piezoelektrik merupakan pembangkit berdaya rendah. Dari pengujiannya disimpulkan bahwa semakin besar massa yang diberikan maka semakin tinggi tegangan yang didapatkan. Hal ini sesuai dengan prinsip piezoelektrik yaitu mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Hakim (2020) juga telah membangun pemanen energi piezoelektrik dengan prinsip serupa [10]. Alat ini mengubah energi kinetik kaki manusia, yang kemudian diubah menjadi energi listrik. Penggunaan energi dilakukan dengan mengatur efisiensi energi piezoelektrik pada baterai (*rechargeable*), kemudian menggunakan sensor tegangan dan modul *Bluetooth* HC-05 akan dimonitor dan data akan dikirim ke ponsel sehingga tegangan keluaran piezoelektrik dapat dicatat dan dipantau.

Ratih *et al.* (2019) melakukan penelitian *power bank* piezoelektrik menggunakan tekanan tangan [11]. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa tegangan dan arus yang dihasilkan oleh rangkaian paralel piezoelektrik lebih besar dibandingkan dengan rangkaian seri. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa tegangan dan arus yang dihasilkan oleh rangkaian paralel piezoelektrik lebih besar dibandingkan dengan rangkaian seri. Semakin tinggi tekanan, semakin tinggi tegangan terukur. Pemberian saklar di depan modul XL6009 sangat mempengaruhi keluaran karena modul XL6009 memiliki beban yang menghambatnya. Untuk membuat output yang besar, saat mengisi daya *power bank*, matikan sakelar agar modul tidak membebani input dan agar arus dapat mengisi daya ponsel, sakelar harus dihidupkan. Menggunakan modul XL6009 membantu membuat tegangan output tinggi dan stabil. Untuk mengisi daya baterai *power bank*, piezoelektrik harus ditekan dalam waktu lama dan terus-menerus karena tegangan yang dihasilkan terlalu lemah.

Zebua *et al.* (2019) menggunakan bahan piezoelektrik ini untuk membuat pembangkit listrik tenaga air hujan [6]. Tetesan air hujan

akan mengenai material piezoelektrik dan mengeluarkan tegangan yang akan diukur oleh sensor tegangan dan Arduino Mega. Tegangan yang terbaca oleh Arduino Mega akan ditampilkan oleh LCD TFT. Piringan piezoelektrik yang menghasilkan tegangan paling tinggi adalah piringan piezoelektrik dengan luas permukaan terbesar. Semakin besar diameter piringan piezoelektrik, semakin besar tegangan yang dihasilkan.

Berdasarkan permasalahan dan pemanfaatan piezoelektrik di atas, maka pada penelitian ini dilakukan sebuah solusi dan inovasi yang dapat memanen energi yang bersumber dari tetesan air hujan. Penelitian ini dilakukan di tempat dengan curah hujan tinggi di kota medan. Medan Johor dan Medan Tuntungan merupakan daerah dengan tingkat curah hujan paling tinggi di kota Medan [12]. Maka dalam hal ini peneliti akan menggunakan energi yang dihasilkan oleh tekanan air hujan yang jatuh dari langit sebagai energi tekan pada piezoelektrik.

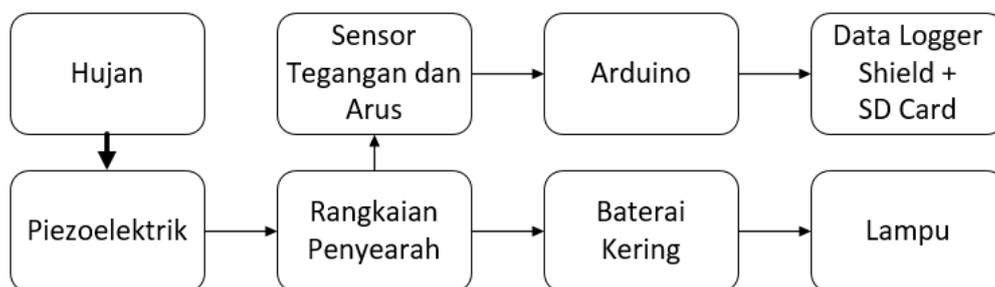
## METODE PENELITIAN

Metodologi atau pendekatan yang dilakukan adalah pemodelan awal piezoelektrik sebagai media pembangkit energi listrik yang berasal dari tekanan tetesan hujan. Dalam penelitian ini, piezoelektrik yang digunakan adalah piezoelektrik dari bahan kuningan dan keramik

dan berbentuk lingkaran dengan diameter 3,5 cm. Piezoelektrik yang digunakan dalam penelitian yaitu 144 buah piezoelektrik. Selanjutnya, piezoelektrik tersebut dihubungkan dengan dioda penyearah full bridge dan baterai kering sebagai media penyimpan daya yang dihasilkan. Dalam pengambilan data, piezoelektrik akan menerima gaya tekan atau tumbukan melalui tetesan hujan dengan berbagai intensitas hujan selama penelitian berlangsung. Data tegangan dan arus yang di dapat juga akan di simpan pada data logger shield dengan sd card secara realtime. Secara umum penelitian ini bertujuan menciptakan sebuah alat pemanen energi yang bisa dijadikan listrik yang mampu disimpan dalam baterai.

## Perancangan Diagram Blok Sistem

Penyusunan konsep ini merupakan logika berpikir dalam mencapai keluaran yang efektif bertujuan untuk menghasilkan energi listrik berdasarkan dari tetesan/rintik hujan. Cara kerja percobaan ini diawali dengan adanya energi dari tekanan pada hujan kemudian diterima piezoelektrik yang memiliki prinsip jika medan listrik terbentuk ketika material dikenai tekanan mekanik. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Perancangan diagram blok sistem.

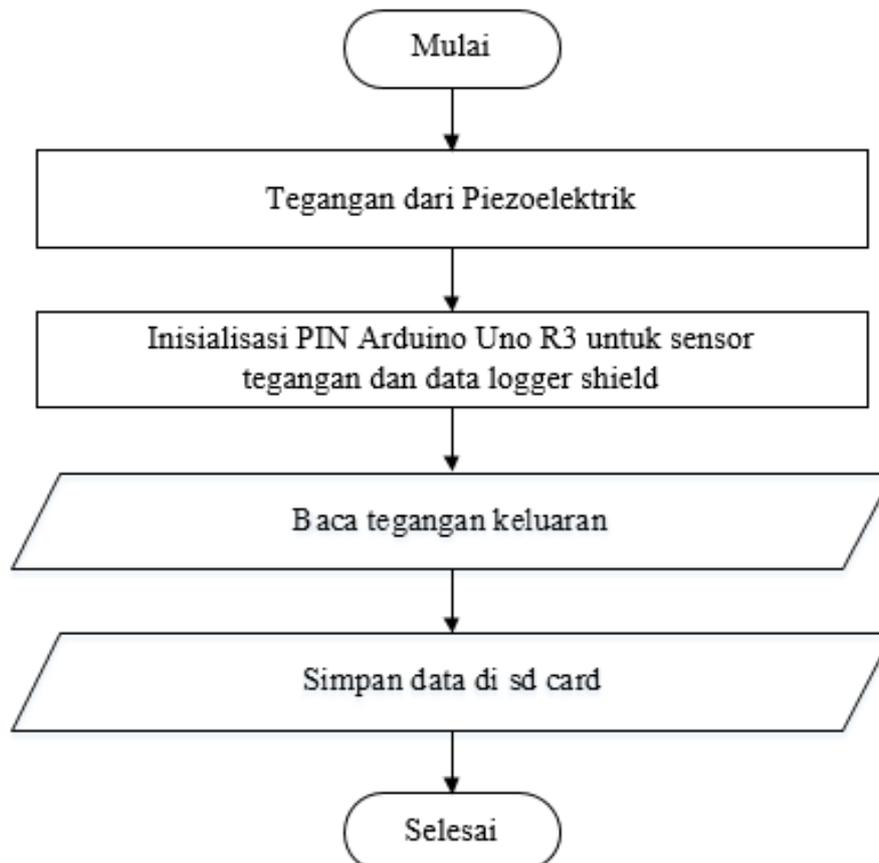
Piezoelektrik mengkonversikan energi mekanis dari hujan menjadi energi listrik dengan arus AC dan disearahkan menjadi arus DC dengan rangkaian dioda penyearah. Arus DC energi listrik diteruskan dan disimpan pada baterai kering 12 V melalui modul charger,

kemudian disambung dengan lampu LED 5 W sebagai output energi. Data besar tegangan dan arus yang dihasilkan akan diproses setelah arus telah disearahkan dengan menghubungkan dengan sensor tegangan dan data yang diperoleh di simpan di *memory card*.

## Perancangan Perangkat Lunak

Sistem perancangan perangkat lunak ini bertujuan untuk pembacaan data tegangan dan arus yang disimpan pada perangkat. Tegangan keluaran yang didapatkan berasal dari energi

mekanis yang di hasilkan hujan yang sudah dikonversikan. Tegangan keluaran dihasilkan ketika adanya hujan dan kemudian akan terbaca oleh sensor tegangan dan arus dan disimpan pada SD card. Berikut diagram alir pemograman sistem pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram alir program keseluruhan.

## Perancangan Pengujian dan Karakteristik Alat

Perancangan pengujian dan karakterisasi alat dilakukan pada tegangan keluaran piezoelektrik, rangkaian dioda penyearah dan penyimpanan energi listrik pada baterai. Konfigurasi material piezoelektrik terletak pada penampang yang telah di sesuaikan dengan jumlah piezoelektrik yang digunakan. Karakterisasi piezoelektrik dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh rancangan alat, dengan menggunakan multimeter digital. Pengujian rangkaian dioda penyearah dilakukan dengan menggunakan trafo. Pengujian penyimpanan energi menggunakan modul pengisian daya

yang memiliki pemantau arus, pengunci tegangan dengan arus cas maximum 2 A, dan dua status pin yang mana pada modul ini dihubungkan dengan 2 lampu LED indikator dengan LED merah menandakan sedang diisi, dan biru saat baterai sudah penuh. Pengujian penyimpan pada baterai dilakukan dengan cara memberikan tegangan masukan DC dgn nilai tegangan DC dan akan dilihat berhasil menyimpan atau tidak. Untuk mengujinya dilakukan dengan memberikan masukan arus listrik melalui catu daya, pada saat baterai kering diisi daya, maka LED pada modul charger akan menyala dengan warna merah, dan pada saat baterai kering sudah penuh, maka modul akan menyalakan LED berwarna biru.

## Pengujian Sistem Pendeteksi dan Pengambilan Data

Pengujian alat secara keseluruhan bertujuan melihat semua komponen dan alat bekerja seperti semestinya. Pengujian dilakukan mulai dari bagian awal sistem agar jika terjadi kesalahan dapat diperbaiki dengan cepat. Pengujian dilaksanakan di ruang terbuka dengan berbagai intensitas hujan yang terjadi selama penelitian berlangsung.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Piezoelektrik

Nilai rata-rata tegangan pada rangkaian paralel lebih besar dibanding dengan tegangan pada rangkaian seri dan untuk nilai arus pada rangkaian paralel lebih besar dibandingkan pada rangkaian seri. Jumlah piezoelektrik mempengaruhi besar tegangan yang dihasilkan. Nilai keluaran sensor semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah piezoelektrik. Semakin banyak jumlah piezoelektrik yang digunakan maka semakin besar tegangan yang dihasilkan. Begitu sebaliknya semakin sedikit jumlah piezoelektrik yang digunakan maka semakin kecil tegangan yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan tekanan yang diberikan sebanding dengan tegangan yang diperoleh [13]. Maka dari itu rangkaian yang digunakan dalam penelitian ini adalah rangkaian paralel. Pengambilan data dilakukan setiap kali diberi tekanan, lalu tegangan dan arus yang terukur oleh multimeter dicatat. Data yang diperoleh dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

**Table 1.** Hasil pengujian karakterisasi piezoelektrik rangkaian paralel.

Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)
14,8	101,5	1,5
14,3	119	1,7
12,7	92,5	1,2
16,7	120,5	2,0
15,1	102,5	1,5
<b>14,7</b>	<b>107,2</b>	<b>1,6</b>

Percobaan dilakukan dengan cara memberi tekanan sebanyak lima kali terhadap piezoelektrik. Dari hasil yang diperoleh tegangan rata-rata dihasilkan 14,7 V dan arus listrik yang diperoleh dengan rata-rata 107,2 mA.

### Pengujian Kalibrasi Sensor Tegangan

Sensor tegangan DC berupa modul digunakan untuk mendeteksi tegangan keluaran yang dihasilkan piezoelektrik. Karakterisasi sensor tegangan dilakukan untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor tegangan dengan membandingkan pembacaan tegangan pada catu daya sebagai sumber tegangan. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 2.

**Table 2.** Hasil kalibrasi sensor tegangan.

Tegangan (V)	Sensor (V)	Error (%)
1	1,03	3
2	1,99	1
3	3,01	2
4	4,07	2
5	4,96	1

Pembacaan pada sensor tegangan memiliki nilai yang hampir sama dengan pembacaan tegangan pada catu daya dengan setiap variasi tegangan yang diberikan. Persentase *error* paling besar terjadi dengan sensor tegangan adalah 3% dari lima kali percobaan. Sehingga dapat dikatakan sensor tegangan yang sudah dirangkai mampu membaca tegangan dengan baik.

### Hasil Pengujian Berdasarkan Curah Hujan

Alat yang dirancang dapat menghasilkan listrik ketika adanya tekanan. Pengujian memposisikan piezoelektrik yang telah dilekatkan pada penampang yang telah disesuaikan dan diuji Ketika hujan pada lingkungan kampus IV Universitas Islam Negeri Sumatera Utara selama penelitian berlangsung. Intensitas Curah Hujan akan mempengaruhi listrik yang dihasilkan. Data intensitas curah hujan diambil dari Stasiun

Klimatologi Sampali, Stasiun Geofisika Parapat dan Stasiun Geofisika Tuntungan, Provinsi Sumatera Utara. Harapan dari pengujian alat ini adalah mampu mengisi daya baterai kering 12 V dan mampu digunakan untuk mengisi daya

baterei elektronik yang dibutuhkan seperti, smartphone dan lampu penerangan. Data pengujian sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Table 3.** Hasil pengujian.

Tanggal	Curah Hujan (mm)	Tegangan (V)	Arus (mA)
27/09/2022	50	16,06	95
29/09/2022	102	32,77	193,8
30/09/2022	31,5	9,83	59,85
02/10/2022	31,5	10,12	59,85
04/10/2022	35,5	11,40	67,45
11/10/2022	110,5	35,50	209,95
13/10/2022	105	33,73	199,5
14/10/2022	40	12,85	76
16/10/2022	17,8	5,72	33,82
19/10/2022	37,5	12,05	71,25
20/10/2022	97,5	31,32	185,25
21/10/2022	93	29,88	176,7
22/10/2022	21,2	6,81	40,28
29/10/2022	20,5	6,59	38,95
30/10/2022	71,5	22,97	135,85
31/10/2022	30,3	9,73	57,57
02/11/2022	28,5	9,16	54,15
03/11/2022	29	9,32	55,1
04/11/2022	36,8	11,82	69,92
05/11/2022	9	2,89	17,1
08/11/2022	29,5	9,48	56,05
09/11/2022	24,5	7,87	46,55
11/11/2022	24,6	7,90	46,74
14/11/2022	60	19,28	114
15/11/2022	53,9	17,32	102,41
16/11/2022	105	33,73	199,5
17/11/2022	20,5	6,59	38,95
18/11/2022	26,4	8,48	50,16
19/11/2022	63,5	20,40	120,65
25/11/2022	66,5	21,36	126,35

Dari data pada Tabel 3 dapat dilihat tegangan dan arus terbesar yang dihasilkan pada hujan yang terjadi 11 Oktober 2022 dengan curah hujan 110,5 mm dan didapatkan tegangan sebesar 35,50 V dan arus sebesar 209,95 mA. Sedangkan data 5 November 2022 dengan curah hujan 9 mm dan didapatkan tegangan sebesar 2,89 V dan arus sebesar 17,1 mA. Dari data tersebut bisa dapat diketahui bahwa semakin besar curah hujan maka tegangan yang dihasilkan oleh alat ini juga meningkat. Arus yang dihasilkan oleh

piezoelektrik memang relatif kecil, terbukti arus yang terbaca hanya dalam skala mA.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah direncanakan dan dirancang peralatan, maka diperoleh beberapa kesimpulan yaitu piezoelektrik bisa digunakan sebagai penghasil tenaga listrik. Tegangan dan arus terbesar yang dihasilkan pada curah hujan 110,5 mm dan didapatkan tegangan sebesar 35,50 V dan arus sebesar

209,95 mA. Sedangkan tegangan dan arus terkecil yang dihasilkan pada curah hujan 9 mm dan didapatkan tegangan sebesar 2,89 V dan arus sebesar 17,1 mA. Dari data keseluruhan yang didapat semakin besar curah hujan maka tegangan yang dihasilkan oleh Sistem pengumpul energi dengan piezoelectric ini juga meningkat. Piezoelektrik memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu salah satunya dapat membangkitkan daya sendiri karena prinsipnya sebagai penghasil energi yang memanfaatkan dari energi mekanik. Akan tetapi kekurangan yang dimiliki dari sensor piezoelektrik adalah bahan material yang mudah rusak serta tidak dapat beroperasi untuk aplikasi-aplikasi yang membutuhkan daya dengan skala yang lebih besar.

## REFERENSI

- Rinaldi, R. G., & Kuncoro, M. A. (2019). Perbandingan Pengisian Kapasitor oleh Piezoelektrik dengan Baterai. *JUPITER (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro)*, **4**(1), 7–14.
- Nia, E. M., Zawawi, N. A. W. A., & Singh, B. S. M. (2017). A review of walking energy harvesting using piezoelectric materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **291**(1), 012026.
- Yulia, E., Putra, E. P., Ekawati, E., & Nugraha, N. (2016). Polisi tidur piezoelektrik sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi mekanik kendaraan bermotor. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, **8**(1), 485790.
- Diniardi, E., Syawaluddin, S., Ramadhan, A. I., Fithriyah, N. H., & Dermawan, E. (2018). Analisis Daya Piezoelektrik Model Hybrid Solar Cell-Piezoelectric Skala Rendah. *Jurnal Teknologi*, **10**(2), 139–146.
- Almanda, D., Dermawan, E., Ramadhan, A. I., Diniardi, E., & Fajar, A. N. (2015). Analisis desain optimum model piezoelektrik PVDF Untuk sumber pembangkit listrik air hujan berskala mini. *Prosiding Semnastek*.
- Zebua, D., Kolago, D., Wijaya, Y. A. C., & Utama, Y. A. K. (2019). Desain dan pembuatan pembangkit listrik tenaga air hujan menggunakan piezoelectric disk. *Jurnal Tecnoscienza*, **4**(1), 79–94.
- Hendriawan, A. (2014). Piezoelectric sebagai alternatif catu daya tambahan pada mobil listrik. *INOVTEK POLBENG*, **4**(1), 26–33.
- Li, H., Tian, C., & Deng, Z. D. (2014). Energy harvesting from low frequency applications using piezoelectric materials. *Applied Physics Reviews*, **1**(4), 041301.
- Mowaviq, M. I., Junaidi, A., & Purwanto, S. (2018). Lantai Permanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik. *Energi & Kelistrikan*, **10**(2), 112–118.
- Hakim, A. A. (2020). Perancangan Sistem Monitoring Tegangan Piezoelektrik Untuk Pengisian Baterai Berbasis Bluetooth. *J. Tek. Elektro Uniba (JTE Uniba)*, **4**(2), 62–67.
- Ratih, R. M., Yasyak, M. I., Nugroha, H., & Fadlilah, U. (2019). Powerbank Piezoelektrik menggunakan Tekanan Tangan. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, **20**(1), 47-51.
- Anggraini, N., Pangaribuan, B., Siregar, A. P., Sintampalam, G., Muhammad, A., Damanik, M. R. S., & Rahmadi, M. T. (2021). Analisis pemetaan daerah rawan

- banjir di kota medan tahun 2020. *Jurnal Samudra Geografi*, **4**(2), 27–33.
13. Alfraila, F., Harmadi, H., & Rasyid, R. (2022). Rancang Bangun Pembangkit Sumber Energi Listrik Berbasis Piezoelektrik Pada Sepatu Untuk Pendaki Gunung. *Jurnal Fisika Unand*, **11**(3), 285–291.



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

## PENERAPAN SOLAR CELL TERHADAP PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR BERBASIS IoT

**Masthura, Nazaruddin Nasution, Muhammad Rajali Harahap\***

Program Studi Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

\*E-mail korespondensi: [m.rajali177@gmail.com](mailto:m.rajali177@gmail.com)

### ABSTRACT

*The purpose of this research is to find out how to design and build a flood early warning system so that it can be connected to the internet network can directly send information, design the Blynk application so that it can receive information, and to find out the flood early warning system that has been built using solar panels. The design of an internet of things-based water level monitoring tool using the blynk application requires several components, namely, arduino uno wifi, ultrasonic sensor HC-SR04, buzzer, led, LCD, Brushless pump dc, and solar panels. The results of measuring water levels using the HC-SR04 sensor have a low error rate with a comparison of the HC-SR04 sensor with a ruler of 1.97%. The time it takes to send the sensor reading notification is 4.42 seconds. A flood early warning system that is connected to the blynk has been realized, marked by the success of the system in measuring water levels and being able to send notifications to the blynk with the right size and status. There is also the average time of sending messages or data to the blynk application in all conditions using arduino uno WiFi is 4.42 seconds. From the results of testing data on solar panels without a load and using a load, the voltage and current of the solar panels are influenced by weather conditions, if the weather is cloudy, the voltage and current generated by the solar panels will decrease.*

**Keywords:** Arduino Uno WiFi, Blynk, Flood Early Warning, IoT, Solar Cell.

### ABSTRAK

*Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana merancang dan membangun sistem peringatan dini banjir agar dapat terkoneksi dengan jaringan internet dapat langsung mengirimkan informasi, merancang aplikasi Blynk agar dapat menerima informasi, dan mengetahui sistem peringatan dini banjir yang telah dibangun dengan menggunakan panel surya. Perancangan alat monitoring ketinggian air berbasis internet of things menggunakan aplikasi blynk membutuhkan beberapa komponen yaitu arduino uno wifi, sensor ultrasonik HC-SR04, buzzer, led, LCD, Brushless pump dc, dan solar panel. Hasil pengukuran ketinggian air menggunakan sensor HC-SR04 memiliki tingkat error yang rendah dengan perbandingan sensor HC-SR04 dengan penggaris sebesar 1,97%. Waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan notifikasi pembacaan sensor adalah 4,42 detik. Sistem peringatan dini banjir yang terhubung ke blynk diimplementasikan dan keberhasilan sistem dalam mengukur ketinggian air dan mengirimkan notifikasi ke blynk dengan ukuran dan status yang tepat. Selain itu, rata-rata waktu pengiriman pesan atau data ke aplikasi blynk dalam semua kondisi dengan arduino uno WiFi adalah 4,42 detik. Dari hasil pengujian data panel surya tanpa beban dan menggunakan beban, tegangan dan arus panel surya dipengaruhi oleh kondisi cuaca, jika cuaca mendung maka tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang.*

**Kata kunci:** Arduino Uno WiFi, Blynk, Peringatan Dini Banjir, IoT, Solar Cell.

Diterima 03-04-2023 | Disetujui 01-05-2023 | Dipublikasi 05-05-2023

### PENDAHULUAN

Banjir adalah luapan atau genangan dari sungai yang disebabkan tingginya curah hujan. Banjir merupakan bencana alam yang

disebabkan oleh tingginya curah hujan sehingga air sungai meluap. Banjir terjadi tanpa adanya peringatan, Akibatnya banjir selalu membawa kerugian harta benda maupun korban jiwa. banjir terdiri atas dua peristiwa, pertama

banjir terjadi di daerah yang tidak sering terkena banjir, dan kedua banjir tersebut terjadi karena luapan air dari sungai karena debit aliran yang sangat tinggi sehingga tidak dapat mengalir melalui dasar sungai [1].

Peringatan Banjir berguna untuk memperingatkan warga akan adanya risiko banjir melalui alat komunikasi atau langsung melalui *sirene* dan lampu peringatan sehingga upaya penyelamatan dapat segera dilakukan. Deteksi banjir dilakukan dengan mengidentifikasi beberapa parameter banjir, seperti deteksi muka air sungai, deteksi pintu air dan deteksi presipitasi. Jika melebihi batas ukuran parameter yang ditetapkan, pasti akan menyebabkan banjir. Oleh karena itu, diperlukan alat seperti sensor untuk membaca parameter tersebut. Sensor ketinggian air dapat dideteksi dengan beberapa metode, salah satunya adalah sensor ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang dengan batas rentang frekuensi diluar batas pendengaran manusia, yaitu di atas 20 KHz atau sampai dengan 40 KHz. Jadi, ketika pemantulan terjadi pada objek memantulkan, sebagian dipantulkan, ditransmisikan, dan diserap [2].

Program pengendalian banjir membutuhkan dana yang cukup besar untuk pembiayaan bekerja terkait dengan perlindungan banjir dan pencegahan. Selain itu, masyarakat di daerah rawan banjir selalu membutuhkan rasa aman terhadap dampak banjir. Pengendalian ini dimaksudkan untuk mengurangi resiko terjadinya bahaya atau kerugian akibat banjir. Selain penyelesaian pembangunan fasilitas, juga perlu dilakukan pemantauan terhadap bencana yang berhubungan dengan banjir [3].

Perkembangan teknologi informasi pada zaman sekarang sangat canggih dengan munculnya berbagai teknologi yang dapat membantu pekerjaan manusia seperti IoT. Menurut *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, *internet of things (IoT)* didefinisikan sebagai jaringan dimana setiap sensor pengintegrasian objek terhubung ke internet. IoT adalah teknologi yang memungkinkan untuk menghubungkan mesin, perangkat, dan objek fisik lainnya dengan

sensor dan aktuator jaringan untuk mengumpulkan data dan pengelola kinerja sendiri [3].

IoT dapat dipahami sebagai *internet of equipment*, yang berarti semua benda di sekitar kita dapat saling berkomunikasi melalui jaringan, yaitu internet. Kontrol semua yang bisa kita lakukan secara manual, tapi sekarang kita bisa melakukannya di dunia maya dan diaman saja selama ada koneksi internet [4].

Arduino adalah sistem mikrokontroler yang diprogram dengan perangkat lunak arduino. IC yang digunakan pada Arduino adalah IC AVR ATmega328 yang dilengkapi dengan *bootloader* Arduino. Sedangkan mikrokontroler adalah komputer dalam sebuah *chip* yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, mengaturnya secara efisiensi dan hemat biaya [5].

Blynk adalah platform baru yang memungkinkan anda membuat antarmuka dengan cepat untuk mengontrol dan memantau proyek perangkat keras dari perangkat iOS dan Android. Blynk adalah IoT yang dirancang untuk membaca data sensor dan *remote control* dengan cepat dan mudah dari perangkat ESP8266 atau Arduino. Oleh karena itu, blynk digunakan untuk melihat status ketinggian air dari jarak jauh [6].

Panel surya adalah sistem yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik menggunakan prinsip yang disebut efek fotolistrik. Panel surya adalah peralatan utama sistem pembangkit energi matahari, yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik secara langsung [5].

Sel surya ini termasuk kedalam energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga surya. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah generator yang mengubah energi fotonik dari matahari menjadi energi listrik. Konversi ini terjadi di sel surya yang ditemukan di panel surya dihasilkan oleh sel surya. PLTS menggunakan sinar matahari untuk menghasilkan arus searah (*direct current*, DC), yang dapat diubah menjadi arus bolak-balik (*alternating current*, AC) bila diperlukan. PLTS pada dasarnya

adalah sumber listrik yang dapat dirancang untuk memenuhi kebutuhan daya kecil dan besar. Matahari adalah sumber yang bagus dan utilitas mendukung sebagian besar proses. Panel surya menyerap dan menerima energi yang didistribusikan oleh matahari. Panel surya tambahan adalah *battery charge controller* (BCR). BCR mendistribusikan energi secara merata di antara baterai yang ada hingga semua baterai terisi penuh [7].

Pengontrol muatan surya adalah alat elektronik yang digunakan untuk mengatur arus DC yang diisikan ke dalam baterai kemudian dikeluarkan dari baterai untuk dialirkan ke beban. *Solar charge controller* sangat penting karena bertanggung jawab untuk mengatur *overcharge* (pengisian berlebih saat baterai terisi penuh) dan tegangan lebih dari solar panel/baterai surya. Karena jika terjadi *overvoltage* pada baterai maka umur baterai akan lebih cepat pendek [8].

Akumulator atau yang biasa dikenal dengan baterai adalah sel galvanik di mana terjadi proses elektrokimia reversibel dengan efisiensi tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel adalah proses perubahan energi kimia menjadi energi listrik yang disebut *lucutan*. Dan kebalikan dari listrik ke kimia disebut *pengisian*. Pengisian ulang dengan regenerasi elektroda bekas dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke arah yang berlawanan di dalam sel (*polarisasi*) [9].

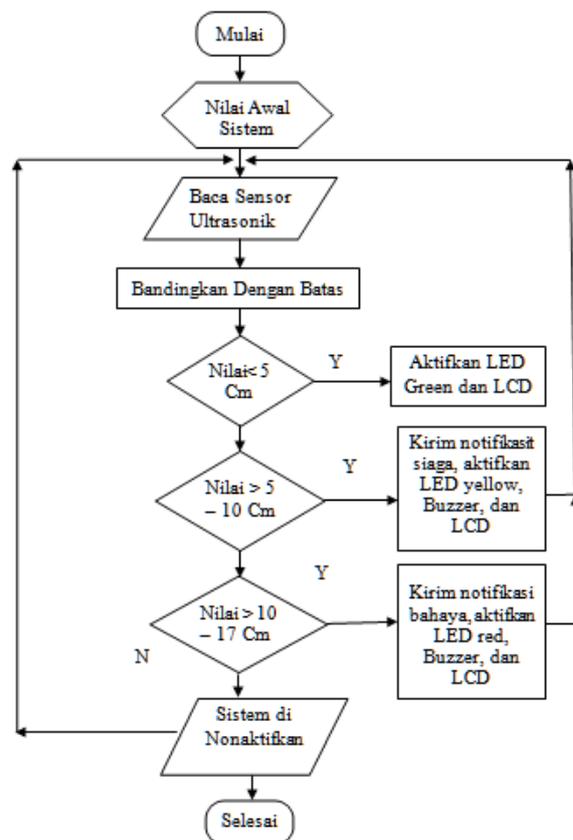
Pada peringatan dini bencana banjir alat yang dibuat akan selalu bekerja apabila terjadi kenaikan air pada saat mati listrik. Untuk membuat alat selalu bekerja digunakan panel surya sebagai sumber tegangan pengganti listrik PLN agar alat selalu bekerja apabila listrik PLN mati. Panel surya adalah sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik [10]. Sehingga alat yang di rancang dapat bekerja apabila listrik PLN mati. Oleh sebab itu, maka peneliti melakukan sebuah rancangan dan menunjukkan proses kerja alat mengenai penerapan *solar cell* terhadap peringatan dini bencana banjir secara real time berbasis IoT.

Blynk adalah platform baru yang memungkinkan anda membuat antarmuka

dengan cepat untuk mengontrol dan memantau proyek perangkat keras dari perangkat iOS dan Android. Blynk adalah IoT yang dirancang untuk membaca sensor dan data jarak jauh dari perangkat ESP8266 atau Arduino dengan sangat cepat dan mudah.

## METODE PENELITIAN

Perancangan alat penerapan *solar cell* terhadap peringatan dini bencana banjir berbasis IoT menggunakan aplikasi Blynk membutuhkan beberapa peralatan yaitu, laptop, *handphone*, multimeter, mistar, solder, penyedot timah, dan bor. Sedangkan komponen yang digunakan yaitu, Arduino Uno WiFi, HC-SR 04, LED, *buzzer*, LCD, kabel penghubung, Timah, Relay, *Brushless Pump* DC, modul *step down*, *project box*, panel surya, BCR, dan Baterai. Penerapan *solar cell* terhadap peringatan dini bencana banjir berbasis IoT dirancang dan di uji persentase *error*-nya berdasarkan prosedur dan langkah-langkah pada diagram alir seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Prototipe alat penerapan *solar cell* (Gambar 2) terhadap peringatan dini bencana banjir berbasis IoT ini didesain dengan perancangan perangkat keras terlebih dahulu yaitu dengan menggunakan *project box* yang telah dibentuk dengan menggunakan bor Sebagai tempat LCD yang berfungsi sebagai tampilan hasil pengukuran sensor HC-SR 04. Sensor HC-SR 04 berfungsi sebagai sensor pengukuran ketinggian air. LED berfungsi sebagai indikator lampu yang menunjukkan kondisi ketinggian air yang di deteksi oleh sensor yang memiliki tiga kondisi yaitu hijau menunjukkan kondisi aman, kuning menunjukkan kondisi siaga, sedangkan merah menunjukkan kondisi bahaya. *Buzzer* berfungsi sebagai indikator suara peringatan pada kondisi siaga dan bahaya, kaca sebagai wadah atau tempat pengukuran ketinggian air. Panel surya berfungsi sebagai sumber tegangan listrik yang dihasilkan dari sinar matahari menjadi energi listrik. BCR berfungsi sebagai kontrol pengisian listrik ke baterai, dan Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang di hasilkan oleh panel surya.



**Gambar 2.** Prototipe penerapan *solar cell* terhadap peringatan dini bencana banjir berbasis IoT.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan yang didapat dari penelitian alat penerapan *solar cell* terhadap peringatan dini bencana banjir berbasis IoT dapat ditulis pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data pengukuran ketinggian air.

Waktu/Jam (WIB)	Alat Perancangan (cm)	Alat Konvensional (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
15 : 00 : 12	2,87	3	0,13	4,33
15 : 00 : 23	5,11	5	0,11	2,20
15 : 00 : 38	8,05	8	0,05	0,62
15 : 00 : 54	9,82	10	0,18	1,80
15 : 01 : 12	11,86	12	0,14	1,16
15 : 01 : 34	14,82	15	0,18	1,20
15 : 01 : 45	16,57	17	0,43	2,52
<b>Rata-Rata</b>			<b>0,17</b>	<b>1,97</b>

Dari Tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa pada pengukuran 3 cm memiliki *error* sebesar 4,33% dan diperoleh hasil 2,87 cm dengan lama waktu pengisian 12 detik, pada pengukuran 5 cm memiliki *error* sebesar 2,2% dan diperoleh hasil 5,11 cm dengan lama waktu pengisian 11 detik, pada pengukuran 8 cm memiliki *error* 0,62% dan diperoleh 8,05 cm dengan lama waktu pengisian 15 detik, pada pengukuran 10 cm memiliki *error* 1,80% dan diperoleh 9,82 cm dengan lama waktu pengisian 16 detik, pada pengukuran 12 cm memiliki *error* 1,16% dan

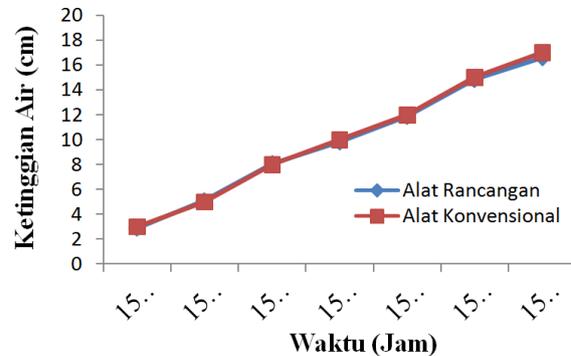
diperoleh 11,86 cm dengan lama waktu pengisian 18 detik, pada pengukuran 15 cm memiliki *error* 1,20% dan diperoleh 14,82 cm dengan lama waktu pengisian 22 detik, pada pengukuran 17 cm memiliki *error* 2,52% dan diperoleh 16,57 cm dengan lama waktu pengisian 11 detik, dan dari 7 kali pengukuran maka diperoleh rata-rata sebesar 1,97%. Grafik pengukuran ketinggian air ditunjukkan pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil pengukuran ketinggian air menggunakan alat rancangan peneliti maka

persentase *error* terendah terdapat pada pengukuran ketiga dengan selisih 0,05 cm sebesar 0,62%, dan hasil pengukuran selisih waktu pengisian air maka waktu terlama dalam pengisian air adalah pada ketinggian 14,82 cm yaitu 22 detik dan selisih waktu tercepat dalam pengisian air adalah pada ketinggian 5,11 cm dan 16,57 cm yaitu 11 detik.

Pada titik ini, pengujian yang berhasil akan dilakukan untuk melihat apakah notifikasi dikirimkan ke Blynk dan berapa lama untuk mengirim notifikasi Pembacaan sensor ke aplikasi Blynk. Tujuan dari tes ini adalah untuk mengetahui berapa lama bertahan system mengirim notifikasi ke aplikasi Blynk pada saat terjadi peringatan banjir. Waktu pengukuran sensor dan notifikasi masuk ke Blynk adalah waktu yang dicatat dalam tes ini. Waktu diukur

dengan stopwatch. Pada pengujian ini dilakukan 7 pengujian dengan waktu pengiriman pesan rata-rata 4,42 detik. Pengujian ini dilakukan sebanyak 7 kali. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.



**Gambar 3.** Grafik hasil pengukuran Ketinggian air.

**Tabel 2.** Hasil pengujian waktu kirim notifikasi ke Blynk.

Notifikasi ke-	Berhasil (Ya / Tidak)	Waktu yang Dibutuhkan (detik)	Status Sensor
1	Ya	5	Normal
2	Ya	5	Normal
3	Ya	4	Siaga
4	Ya	4	Siaga
5	Ya	4	Bahaya
6	Ya	4	Bahaya
7	Ya	5	Bahaya

**Tabel 3.** Hasil pengujian panel surya.

Output Panel Surya		Baterai (Volt)	Kondisi Cuaca	Keterangan
Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)			
20,3	0,69	14,4	Cerah	Tanpa beban
17,7	0,07	13,2	Mendung	Tanpa beban
14,1	0,49	13,0	Cerah	Pakai beban
13,2	0,05	12,9	Mendung	Pakai beban

Pada Tabel 3, dapat dilihat hasil dari pengambilan data tegangan dan arus yang diperoleh panel surya yang dibongkar adalah 20,3 V dan 0,69 A serta tegangan baterai adalah 14,4 V dengan keadaan cuaca cerah. Pada saat keadaan mendung tegangan dan arus yang diperoleh panel surya yang dibongkar adalah 17,7 V dan 0,07 A serta tegangan baterai adalah 13,2 V. Pada saat pengambilan data menggunakan beban tegangan dan arus yang diperoleh panel surya sebesar 14,1 V dan 0,49

A serta tegangan baterai adalah 13,0 V dengan keadaan cuaca cerah. Pada saat keadaan mendung tegangan dan arus yang diperoleh panel surya sebesar 13,2 V dan 0,05 A serta tegangan baterai adalah 12,9 V.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembuatan alat penerapan *solar cell* terhadap peringatan dini bencana banjir terintegrasi IoT, maka dapat diambil

sebuah kesimpulan. Sistem peringatan banjir yang terkait dengan Blynk telah diterapkan, yang merupakan indikasi keberhasilan sistem dalam mengukur ketinggian air. serta dapat mengirim notifikasi ke Blynk dengan ukuran dan status yang tepat. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, bahwa alat telah bekerja dengan baik dan sesuai dengan fungsinya, dengan rata-rata persentase error sebesar 1,97% pada ketinggian air. Rata-rata waktu pengiriman notifikasi ke aplikasi Blynk pada kondisi aman, siaga, dan bahaya dengan menggunakan Arduino Uno WiFi adalah 4,42 detik. Dari hasil data pengujian panel surya tanpa beban dan pakai beban tegangan dan arus panel surya di pengaruhi oleh keadaan cuaca apabila cuaca mendung maka tegangan dan arus yang di hasilkan panel surya akan berkurang. panel surya tanpa beban sebesar 20,3 V dan 0,69 A serta tegangan baterai adalah 14,4 V dengan keadaan cuaca cerah. Pada saat keadaan mendung adalah tegangan dan arus yang diterima panel surya tanpa beban sebesar 17,7 V dan 0,07 A serta tegangan baterai adalah 13,2 V. Pada saat pengambilan data menggunakan beban tegangan dan arus yang diperoleh panel surya sebesar 14,1 V dan 0,49 A serta tegangan baterai adalah 13,0 V dengan keadaan cuaca cerah. Pada keadaan mendung tegangan dan arus yang diperoleh panel surya sebesar 13,2 V dan 0,05 A serta tegangan baterai 12,9 V.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboraturium Elektronika dan Laboraturium Robotik Universitas Islam Negeri Sumatera Utara atas izin pemanfaatan laboraturium dan peralatan pada penelitian ini.

## REFERENSI

1. Kodoatie, S. R. J. (2002). *Banjir beberapa penyebab dan metoda pengendaliannya*

*dalam prespektif lingkungan*. Yogyakarta: Pustaka Relajar.

2. Siregar, H. S. (2021). *Desain dan implementasi warning early sistem bencana banjir menggunakan sensor ultrasonic dengan notifikasi via telegram*. Skripsi, Medan: USU.
3. Kodoatie, R. J. (2013). *Rekayasa dan manajemen banjir kota*. Yogyakarta: Andi.
4. Rachmadi, T. (2020). *Mengenal apa itu internet of things*. Indonesia: Tiga Ebook.
5. Hafidhin, M. I., Saputra, A., Rahmanto, Y., & Samsugi, S. (2020). Alat penjemuran ikan asin berbasis mikrokontroler Arduino UNO. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, *1*(2), 59–66.
6. Tamba, S. P., Nasution, A. H. M., Indriani, S., Fadhilah, N., & Arifin, C. (2019). Pengontrolan lampu jarak jauh dengan nodemcu menggunakan blynk. *Jurnal Tekinkom*, *2*(1), 93–98.
7. Engelbertus, T. (2016). Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya untuk catu daya tambahan pada Hotel Kini Kota Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, *2*(1).
8. Nurfajriansyah, R. (2018). *Perancangan portable powerbank berbasis panel surya sebagai multipurpose reserve power generation (MRPG)*. Skripsi, Yogyakarta: UII.
9. Afif, M. T., & Pratiwi, I. A. P. (2015). Analisis perbandingan baterai lithium-ion, lithium-polymer, lead acid dan nickel-metal hydride pada penggunaan mobil listrik-review. *Jurnal Rekayasa Mesin*, *6*(2), 95–99.
10. Hadi, F., Rinaldi, R. S., & Supartian, R. (2020). Perancangan sistem telemetri deteksi bencana banjir berbasis web server dan SMS gateway. *Jurnal Amplifier*, *10*(1), 33–40.



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

## SISTEM KERJA PANEL SURYA *PORTABLE* PADA ALAT ELEKTRONIK RUMAH TANGGA

**Masthura, Mulkan Iskandar Nasution, Dwitha Astari\***  
Program Studi Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

\*E-mail korespondensi: [dwithaastari08@gmail.com](mailto:dwithaastari08@gmail.com)

### ABSTRACT

*The want for electric electricity is an vital a part of human life. Some household appliances use electrical energy from the National Electric Company, but problems often occur in their supply which result in power outages and can disrupt activities and cause harm to the community. The purpose of this research is to understand how to portable solar generators energy can be developed as alternative electrical energy for household electronic devices, to find out how portable solar power generators work as alternative electrical energy for household electronic devices and to find out how solar panels can supplying AC electrified loads to household electronic devices. This research uses an experimental method that innovates in the field of renewable energy by utilizing solar energy (solar panels) as an alternative electrical energy. The test results obtained by this designed tool can turn on household electronic equipment such as rice cookers, fans, LED lights, charge cellphones and laptops with a maximum power of 300 Watts with a time according to the power supplied to the battery capacity so that this hardware maybe used as an alternative electrical energy to replace the generator.*

**Keywords:** Electronic Devices, Electrical Energy, Solar Panels.

### ABSTRAK

*Kebutuhan energi listrik menjadi bagian penting dalam kehidupan manusia. Beberapa peralatan rumah tangga menggunakan energi listrik dari PLN, tetapi dalam penyuplaiannya sering terjadi kendala yang mengakibatkan pemadaman listrik dan dapat mengganggu aktifitas serta kerugian pada masyarakat. Tujuan menurut penelitian ini yaitu mengetahui cara merancang seperangkat listrik portabel berbasis tenaga surya sebagai energi listrik alternatif pada alat elektronik rumah tangga, mengetahui sistem kerja seperangkat listrik portabel berbasis tenaga surya menjadi tenaga listrik cara lain pada alat elektronik rumah tangga serta untuk mengetahui cara panel surya dapat mensuplai beban berlistrik AC pada alat elektronik rumah tangga. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang berinovasi dalam bidang energi terbarukan dengan pemanfaatan energi matahari (panel surya) sebagai kekuatan listrik alternatif. Adapun hasil pengujian yang didapatkan alat yang dirancang ini bisa menghidupkan peralatan elektronik rumah tangga seperti rice cooker, kipas angin, lampu LED, mencharge handphone dan laptop dengan maksimum daya 300 Watt dari waktu ke waktu sesuai dengan daya yang diberikan pada kapasitas baterai sehingga alat ini dapat digunakan sebagai energi listrik alternatif pengganti genset.*

**Kata kunci:** Alat Elektronik, Energi Listrik, Panel Surya.

Diterima 15-05-2023 | Disetujui 05-06-2023 | Dipublikasi 22-06-2023

### PENDAHULUAN

Keperluan akan tenaga listrik sudah bagian krusial untuk kehidupan manusia. Segala aktivitas manusia, mulai dari pekerjaan dalam rumah hingga aktiviras pabrik, sangat bergantung pada tenaga listrik [1,2]. Beberapa

perabot domestik membutuhkan tenaga listrik sebagai energinya yang disuplai dari pusat pembangkit listrik yang dikelola oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Akan tetapi penyuplaian daya tersebut terkadang terjadi kendala dilapangan yang tidak terduga dan mengakibatkan pemadaman listrik [3]. Solusi

yang menjadi seperangkat energi listrik alternatif ramah lingkungan salah satunya adalah panel surya [4].

Sel surya adalah sebuah komponen yang mengkonversi cahaya matahari ke tenaga listrik, solar cell terbuat dari indikasi semikonduktor dengan indikasi silikon dan dilapisi dengan indikasi khusus [5]. Solar cell beroperasi dengan menangkap cahaya matahari, ketika cahaya matahari diterima oleh solar cell maka partikel sub atom bisa bebas dari atom silikon dan bergerak menciptakan sirkuit listrik sehingga tenaga listrik bisa ditimbulkan. *Solar cell* sebagai perangkat dua terminal atau terminal, dimana ia berfungsi sebagai dioda dalam gelap dan dapat menghasilkan tegangan di bawah sinar matahari [6,7].

SCC adalah alat elektronik yang dibutuhkan untuk menata arus (DC) yang diisikan ke baterai kemudian dilanjutkan ke muatan yang mengalir dari baterai. Fungsi SCC sangat penting karena mengontrol kelebihan muatan [8].

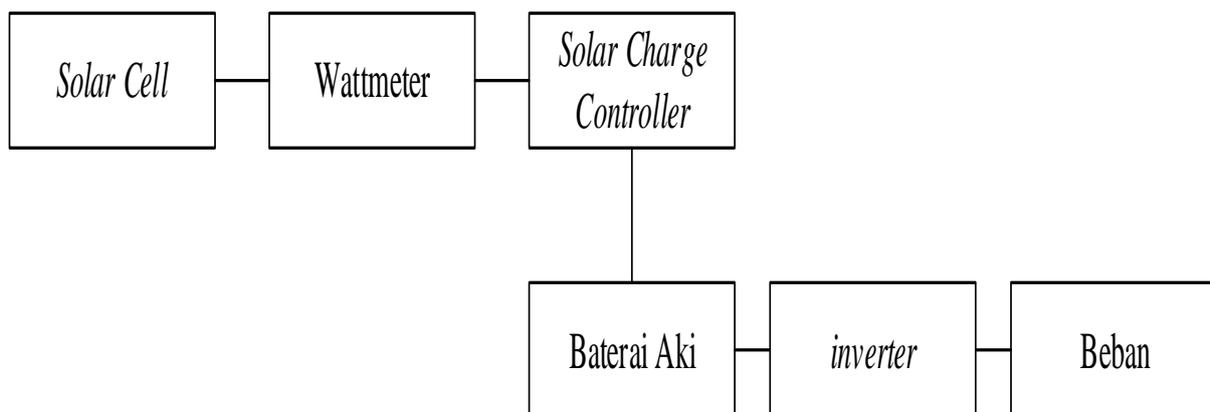
Aki disebut juga baterai yaitu sel volta dimana mekanisme elektrokimia *reversibel* terjadi dengan efisiensi tinggi. Elektrokimia *reversibel* yaitu proses pengubahan energi kimia menjadi energi listrik yang disebut juga proses pengisian. Dan kebalikan dari listrik ke kimia disebut juga pengisian. Pengisian ulang dengan regenerasi elektroda bekas dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke arah yang berlawanan di dalam sel (polaritas) [9].

Inverter merupakan komponen yang dapat merubah arus DC menjadi arus AC pada frekuensi dan tegangan yang dibutuhkan. Alat ini yang akan digunakan untuk peralatan rumah tangga yang bertegangan 220 V [4].

Penggunaan sel surya menjadi alternatif pembangkit tenaga listrik dari energi matahari yang dapat dimanfaatkan untuk menyalakan berbagai macam peralatan elektronik seperti rice cooker, kipas angin, lampu penerangan, dan charge handphone maupun laptop [10].

## METODE PENELITIAN

Riset ini merupakan jenis riset yang memakai metode *eksperimen* yang menggunakan sinar matahari (panel surya) sebagai tenaga listrik alternatif. Dalam penelitian ini membutuhkan beberapa peralatan yaitu, multimeter, solder, gunting, timah, sekrup atau pun baut. Sedangkan komponen yang digunakan yaitu panel surya (*monocrystalline*) 50 wp, *solar charge controller*, inverter, watt meter dan beberapa peralatan elektronik rumah tangga diantaranya *rice cooker*, kipas angin, lampu penerangan, laptop dan 3 *handphone*. Rancangan alat untuk penelitian ini ditunjukkan dalam diagram blok di bawah ini:



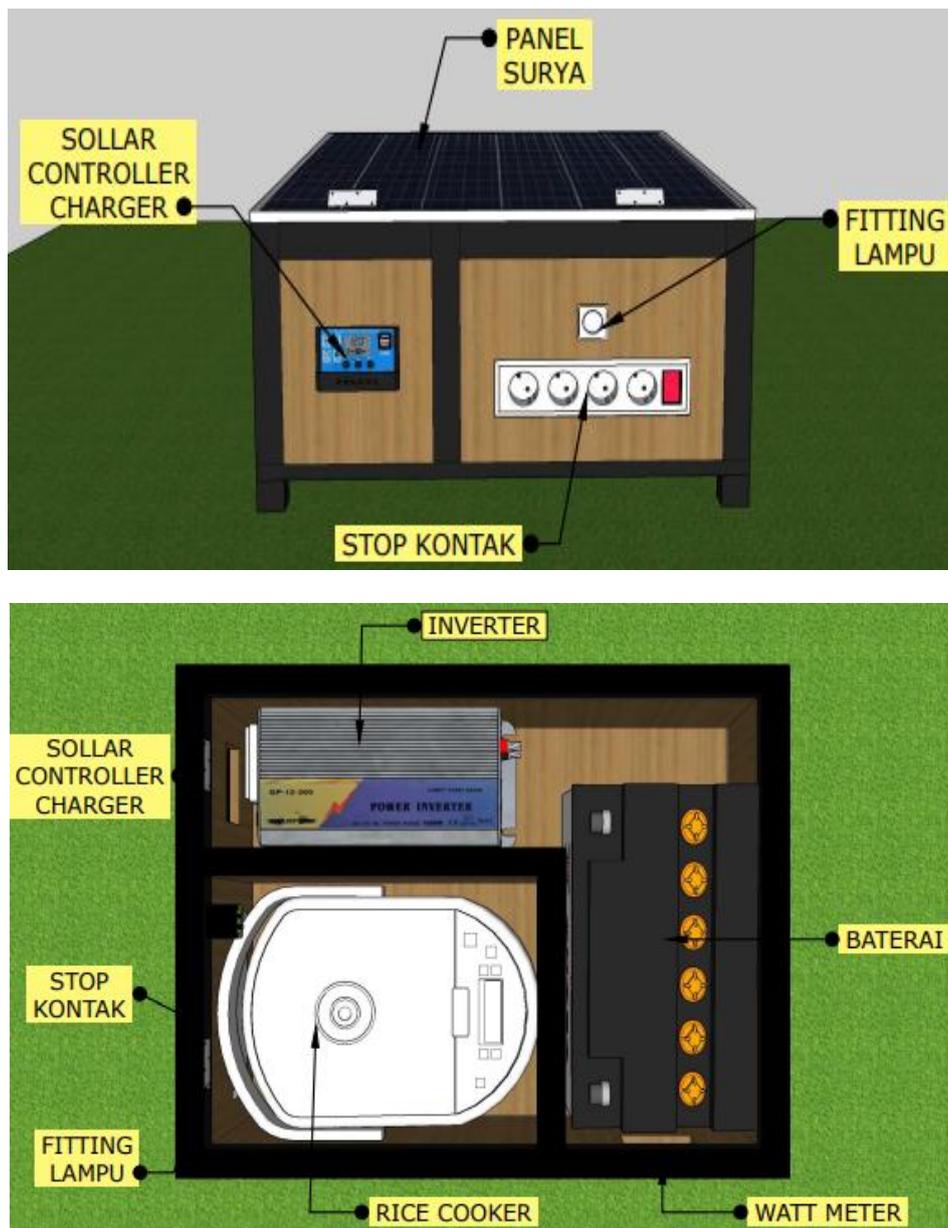
**Gambar 1.** Blok diagram penelitian.

Desain rancang alat panel surya *portable* (Gambar 2) bagian atas yang menjadi tutup dari

box alat tersebut adalah solar cell 50 wp yang bertujuan untuk memungkinkan sinar matahari

untuk menembus dan diserap oleh panel surya. Setelah itu dipasang watt meter yang berfungsi untuk mengetahui apa yang akan dimonitoring dari solar cell ke baterai. Lalu dipasang scc untuk mengatur proses pengisian baterai agar tidak mengalami *overcharging* sebelum nantinya akan dialirkan ke beban, baterai ini juga menjadi wadah tegangan yang dihasilkan

oleh solar cell yang akan digunakan untuk menghidupkan beban berarus DC. Kemudian baterai tersebut dikoneksikan dengan inverter, fungsi inverter hanya mengkonversikan arus DC menjadi arus AC sehingga bisa digunakan untuk menghidupkan alat elektronik rumah tangga yang betegangan 220 V.



**Gambar 2.** Desain rancang alat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan yang didapat dari penelitian alat pembangkit listrik tenaga surya

*portable* pada alat elektronik rumah tangga dapat dilihat pada Tabel 1. Merupakan hasil pengukuran tegangan dan arus panel surya tanpa beban.

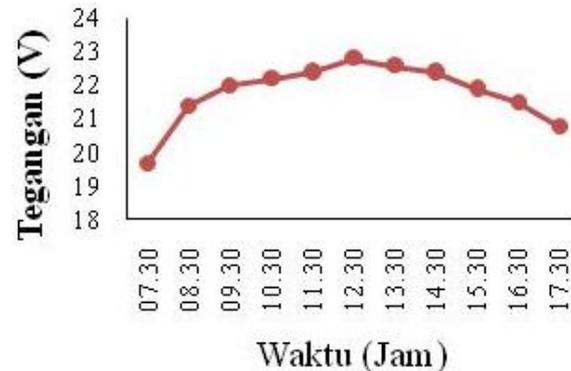
**Tabel 1.** Pengukuran tegangan dan arus panel surya tanpa beban.

Jam (WIB)	Kondisi cuaca	Tegangan (V)	Arus (A)	Suhu (°C)
07.30	Berawan	19,2	0,11	26,2
08.30	Berawan	20,4	0,25	27,2
09.30	Cerah	21,4	0,28	28,8
10.30	Cerah	22,4	0,82	32,2
11.30	Cerah	22,7	1,15	35,5
12.30	Terik	22,9	1,37	38,5
13.30	Cerah	22,3	1,33	36,9
14.30	Cerah	22,2	1,03	35,8
15.30	Cerah	21,6	0,52	32,7
16.30	Berawan	21,4	0,37	32,2
17.30	Berawan	20,7	0,23	31,2
<b>Rata-rata</b>		21,56	0,67	32,47

Dari Tabel 1 pengukuran dilakukan selama 11 jam, tegangan maksimal yang dihasilkan sebesar 22,8 V dengan arus puncaknya sebesar 1,52 V terjadi pada pukul 12.30 dalam kondisi panas sinar matahari yang sedang terik dengan suhu 38,3°C. Grafik pengukuran tegangan dan

arus panel surya tanpa beban ditunjukkan pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan dan arus pada panel surya tanpa beban dilihat setiap jamnya tegangan panel surya terus meningkat secara bertahap hingga mencapai tegangan maksimum yang terjadi pada pukul 12.30 WIB.



**Gambar 3.** Grafik pengukuran tegangan dan arus panel surya tanpa beban.

**Tabel 2.** Pengukuran baterai pada panel surya.

Jam (WIB)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	Daya puncak (W)	Arus Puncak (A)	Daya/jam (W/jam)	Arus/jam (A/jam)	Tegangan baterai (V)	Suhu (°C)
07.30	12,9	0,11	1,4	1,5	0,12	1,7	0,085	12,6	26,3
08.30	12,9	0,17	1,7	1,5	0,26	1,7	0,089	13,3	28,1
09.30	13,5	0,43	5,8	5,9	0,44	1,8	0,419	13,8	31,3
10.30	14,9	2,08	30,9	41,2	2,55	4,2	1,077	15,1	37,2
11.30	15,2	2,54	38,6	41,2	2,7	55,1	3,702	15,5	40,6
12.30	14,6	2,03	29,6	41,2	2,7	83,5	5,265	15,3	40,4
13.30	14,2	1,42	20,1	41,2	2,7	104,1	7,056	14,5	40,2
14.30	13,7	0,70	9,6	41,2	2,7	117	7,981	14,1	37,2
15.30	13,4	0,29	3,8	41,2	2,7	122,9	8,419	13,7	33,4
16.30	13,2	0,13	1,7	41,2	2,7	125	8,582	13,5	32,3
17.30	13	0,06	0,7	41,2	2,7	125,2	8,598	13,3	30,5
<b>Rata-rata</b>	13,74	0,9	13,08	30,77	2,02	67,47	4,66	14,09	34,31

Pengukuran selanjutnya yang akan dilakukan yaitu pengukuran baterai pada panel surya yang di monitoring oleh Watt meter selama 11 jam dengan tegangan yang diperoleh setiap jam berbeda-beda tergantung cuaca. Semakin panas matahari, semakin bagus hasilnya. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Setelah kondisi baterai terisi penuh pengujian yang dilakukan yaitu pengukuran tegangan dan kapasitas baterai saat berbeban, beban yang digunakan yaitu peralatan elektronik rumah tangga yaitu rice cooker, kipas angin, lampu penerangan, dan charge handphone maupun laptop. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Pengukuran tegangan dan kapasitas baterai saat berbeban.

Alat	Tegangan Baterai (V)		Tegangan Baterai (V)		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Keterangan
	Jam (WIB) Mulai	Jam (WIB) Selesai	Jam (WIB) Mulai	Jam (WIB) Selesai				
Rice Cooker (300 W)	18.31	18.58	12,1	11,6	194	1,51	293	Masak
Kipas Angin (25 W)	18.59	19.16	12,4	12,2	194	0,15	29	Menghangatkan
Lampu LED (20 W)	16.50	17.20	12,6	12,5	221	0,12	26,5	
Charger Hp Oppo A37 (2630 mAh)	17.30	18.00	12,5	12,4	194	0,13	25,2	
Charger laptop Acer Es-11 (3220 mAh)	15.05	18.50	12,6	12,5	227	0,06	13,6	
Charger Hp Oppo A31 (5000 mAh)	19.00	22.22	12,4	12,3	227	0,13	29,5	
	22.40	01.25	12,3	12,2	227	0,06	13,6	

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan alat pembangkit listrik tenaga surya *portable* pada alat elektronik rumah tangga, maka dapat diambil sebuah kesimpulan. Sistem kerja alat pembangkit listrik tenaga surya *portable* pada alat elektronik rumah tangga dengan menggunakan komponen utama yaitu panel surya yang terdiri dari beberapa kumpulan sel surya yang dapat menyerap sinar matahari kemudian dapat dikonversikan menjadi energi listrik, sebelum energi listrik tersimpan ke baterai, panel surya harus terhubung ke scc yang fungsinya untuk memonitoring pada saat pengisian energi listrik ke baterai agar tidak mengalami *overcharging*. Energi listrik yang tersimpan dibaterai hanya bisa menghidupkan peralatan berarus DC. Untuk mengubahnya menjadi arus AC menggunakan komponen yang disebut inverter sehingga energi yang tersimpan dibaterai dapat digunakan untuk peralatan elektronik rumah tangga. Misalnya ketika memasak nasi daya *outputnya* yaitu 293 Watt dengan tegangan baterai ketika mulai memasak nasi turun perlahan dari 12,1 V sampai 11,6 V dengan durasi waktu memasak nasi sekitar 27 menit.

## REFERENSI

1. Daryanto. (2000). *Teknik pengerjaan listrik*. Jakarta: Bumi Aksara.
2. Rusiana, I. H. (2020). *Praktis Belajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Yogyakarta: Deepublish.
3. Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, **18**(1), 10–14.
4. Baharuddin, R. (2021). Rancang Bangun Sistem Mini Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Portable. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, **9**(1), 65–70.
5. Rumbayan, M. (2020). *Energi Surya Sebagai Energi Alternatif yang Terbarukan*. Manado: Ahli media.
6. White, S. (2015). *Solar Photovoltaic Basics*. New York: Routledge.
7. Karim, I. W. A., Rumbayan, M., & Mangindaan, G. M. C. (2022). *Perencanaan Daya Cadang Menggunakan Panel Surya Di Perumahan Bukit Ranomuut Indah*. UNSam Ratulangi.
8. Yuli Yono, R., & Hasyim, A. A. (2019). *Solar Panel Portabel untuk Keadaan*

- Darurat* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
9. Afif, M. T., & Pratiwi, I. A. P. (2015). Analisis perbandingan baterai lithium-ion, lithium-polymer, lead acid dan nickel-metal hydride pada penggunaan mobil listrik-review. *Jurnal Rekayasa Mesin*, **6**(2), 95–99.
  10. Utari, E. L., Mustiadi, I., & Yudianingsih, Y. (2018). Pemanfaatan energi surya sebagai energi alternatif pengganti listrik untuk memenuhi kebutuhan penerangan jalan di dusun nglinggo kelurahan pagerharjo kecamatan samigaluh kabupaten kulon progo. *Jurnal Pengabdian Dharma Bakti*, **1**(2).



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

## PENGARUH PENAMBAHAN KONSENTRASI NaCl TERHADAP NILAI KELUARAN LISTRIK BIOBATERAI SARI BUAH MENGGKUDU

Ety Jumiati\*, Miftahul Husnah, Riadina Siregar  
Jurusan Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

\*E-mail korespondensi: [riadina.siregar24@gmail.com](mailto:riadina.siregar24@gmail.com)

### ABSTRACT

*Biobattery is a tool that can generate electrical energy from nature that is environmentally friendly, such as noni juice with the addition of NaCl concentration (0%, 10%, 20%). The purpose of this study (i) to determine the pH of the noni juice (ii) for the electrical conductivity of the noni juice (iii) to determine the electrical voltage of the noni juice (iv) to determine the electric current of the noni juice. This study used the galvanic cell method using copper (Cu) and zinc (Zn) electrodes. Based on the results of research conducted on noni juice, the highest value was obtained for noni juice with the addition of 20% NaCl concentration with pH: 2.5, Electrical conductivity:  $4915 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ , voltage: 2.32 V, electric current: 3.12 mA, electric power: 7.23 mW. It can be stated that the lower the pH value, the higher the concentration of NaCl used, the greater the voltage, current, and electrical power obtained. In this study, the ability of noni juice to turn on a white LED light for 2 hours can light up with a stable voltage drop.*

**Keywords:** Biobattery, Fruit Juice Noni, Concentration NaCl.

### ABSTRAK

*Biobaterai merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk memperoleh energi listrik yang bersumber dari alam bersifat ramah lingkungan seperti sari buah mengkudu dengan penambahan konsentrasi NaCl (0%, 10%, 20%). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk (i) mengetahui pH dari sari buah mengkudu (ii) untuk konduktivitas listrik dari sari buah mengkudu (iii) untuk mengetahui tegangan listrik dari sari buah mengkudu (iv) untuk mengetahui arus listrik dari sari buah mengkudu. Penelitian ini menggunakan metode sel galvanik dengan menggunakan elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn). Berdasarkan studi hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap sari buah mengkudu, nilai tertinggi diperoleh pada sari buah mengkudu dengan penambahan konsentrasi NaCl 20% dengan pH: 2,5, konduktivitas Listrik:  $4915 \mu\text{S}/\text{cm}^3$ , tegangan listrik: 2,32 V, arus listrik: 3,12 mA, daya listrik: 7,23 mW. Hal ini dapat dinyatakan bahwa semakin rendah nilai pH, semakin tinggi konsentrasi NaCl yang digunakan maka semakin tinggi pula tegangan, arus, dan daya listriknya yang diperoleh. Pada penelitian ini kemampuan sari buah mengkudu dalam menyalakan LED putih selama 2 jam dapat menyala dengan penurunan tegangan secara stabil.*

**Kata kunci:** Biobaterai, Sari Buah Mengkudu, Konsentrasi NaCl.

Diterima 20-05-2023 | Disetujui 20-06-2023 | Dipublikasi 10-07-2023

### PENDAHULUAN

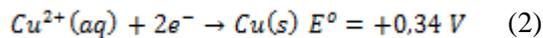
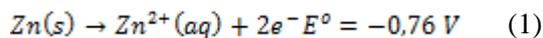
Biobaterai merupakan sebuah alat yang bisamenghantarkan energi listrik yang bersifat ramah lingkungan, biobaterai dapat diperoleh dengan memanfaatkan sayur dan buah-buahan yang memiliki nilai elektrolit yang kuat [10] dan melibatkan transportasi elektron antara dua elektroda yaitu Cu (Katoda) dan Zn (Anoda) [15] yang dipisahkan oleh larutan elektrolit.

Larutan elektrolit adalah suatu unsur yang bila dilarutkan dalam pelarut akan terurai menjadi ion-ion (konduktor elektrik) atau dapat terionisasi dengan sempurna sehingga dapat menghantarkan energi listrik [8]. Contoh larutan elektrolit: NaCl yang bersifat sebagai elektrolit kuat.

Salah satu buah yang dapat dijadikan sebagai larutan elektrolit untuk biobaterai adalah sari buah mengkudu dengan

penambahan konsentrasi NaCl. Pada penelitian [2], dalam penelitiannya “Kinerja Elektrolit Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia* L) Untuk Baterai Cu-Zn” memperoleh nilai tegangan sebesar 0,87 V, kandungan asam pada buah mengkudu cukup potensial untuk digunakan sebagai elektrolit pada bio baterai. Dua elektroda yang dicelupkan dalam larutan yang memiliki kandungan asam yang kuat akan menghasilkan potensial listrik antar elektroda yang menyebabkan arus listrik dapat mengalir.

Dalam sel elektrokimia terjadi dua reaksi yang berlangsung yaitu dua elektroda dengan jenis yang berbeda, contoh, Zn dan Cu dihubungkan dengan penjepit buaya yang terhubung ke beban berupa lampu dan jembatan garam, dimana seng (Zn) melepaskan elektron dan berubah menjadi  $Zn^{2+}$  melalui persamaan berikut:



Elektron yang dilepaskan oleh seng (Zn) akan mengendap pada tembaga (Cu) yang menyebabkannya menjadi kutub positif, sedangkan Zn menjadi kutub negatif karena mengalami pelepasan elektron [3].

Pada penelitian ini desain prototipe menggunakan wadah akrilik ukuran  $12 \times 5 \times 7$  (cm) terdiri dari 7 pasang elektroda Cu (tembaga) dan Zn (seng) dengan menggunakan rangkaian seri. Setiap sel memiliki jarak 2 cm, wadah akrilik diisi dengan larutan sari buah mengkudu 400 ml dengan penambahan konsentrasi NaCl 0%, 10%, 20%.

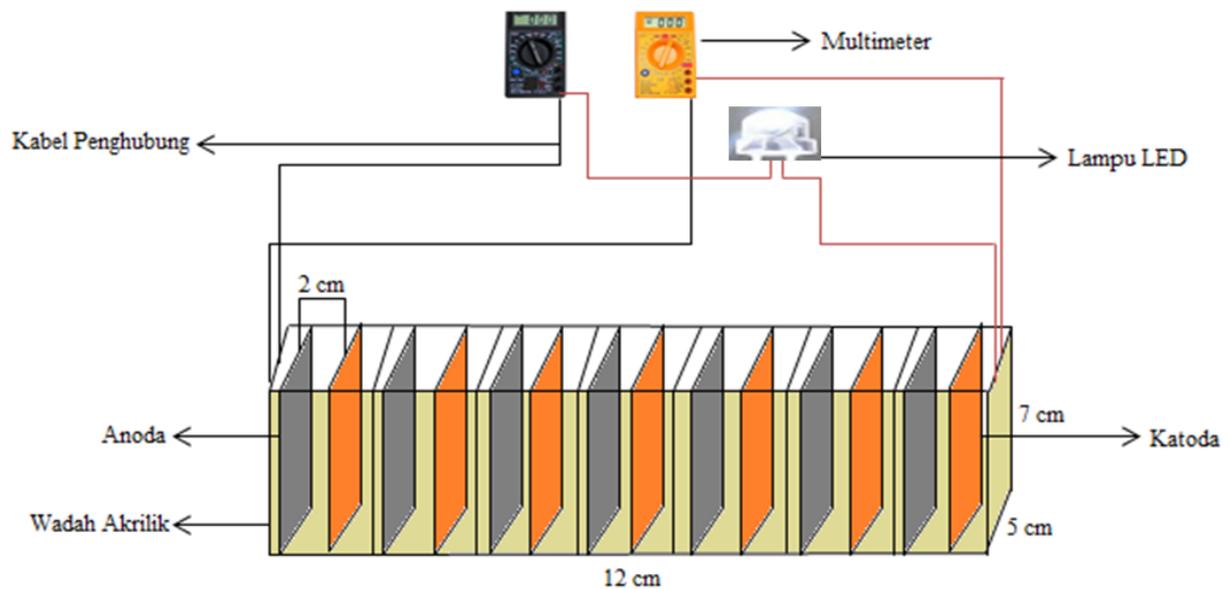
Bertitik tolak dari uraian diatas, penerapan metode eksperimen dan analisis data merupakan metode yang sesuai digunakan pada kondisi penggunaan energi alternatif yang terbuat dari bahan yang ekologis dan tidak mengandung bahan kimia yang dapat merusak lingkungan. Dalam hal ini penulis ingin berinovasi dan melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Konsentrasi NaCl

Terhadap Nilai Keluaran Listrik Biobaterai Sari Buah Mengkudu”.

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari gelas ukuran 500 ml, pH meter digital, TDS/EC meter, multimeter digital, kabel penjepit buaya, wadah akrilik ukuran  $12 \times 5 \times 7$  (cm), blender, stopwatch, LED putih, gunting seng, larutan sari buah mengkudu, plat logam Cu bersifat sebagai katoda dan Zn bersifat sebagai anoda, konsentrasi NaCl, Kelistrikan biobaterai sari buah mengkudu diuji berdasarkan prosedur dan langkah-langkah berikut:

1. Disediakan konsentrasi NaCl (0%, 10%, 20%) dan larutan sari buah mengkudu dengan volume 400 ml
2. Disediakan wadah akrilik sebagai tempat larutan elektrolit sebanyak 1 buah dengan ukuran panjang 12 cm, lebar 5 cm, dan tinggi 7 cm.
3. Disediakan Elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn) dipotong dengan ukuran lebar 4 cm, tinggi 8 cm dan tebal 0,2 mm.
4. Dibuat susunan rangkaian bio-baterai yang terdiri atas 7 sel wadah akrilik dan 7 pasang elektroda (Cu dan Zn) yang disusun secara seri kemudian dihubungkan dengan lampu LED putih dan Multimeter.
5. penambahan konsentrasi NaCl 10%, 20% pada larutan sari buah mengkudu siap untuk dianalisis
6. Selanjutnya dilakukan pengambilan data dari beberapa analisis berikut:
  - a. Pengukuran pH
  - b. Pengukuran konduktivitas listrik
  - c. Pengukuran tegangan listrik
  - d. Pengukuran daya listrik
  - e. Uji coba lampu LED putih selama dua jam
7. Data yang diperoleh siap untuk di analisis



**Gambar 1.** Desain prototipe biobaterai.

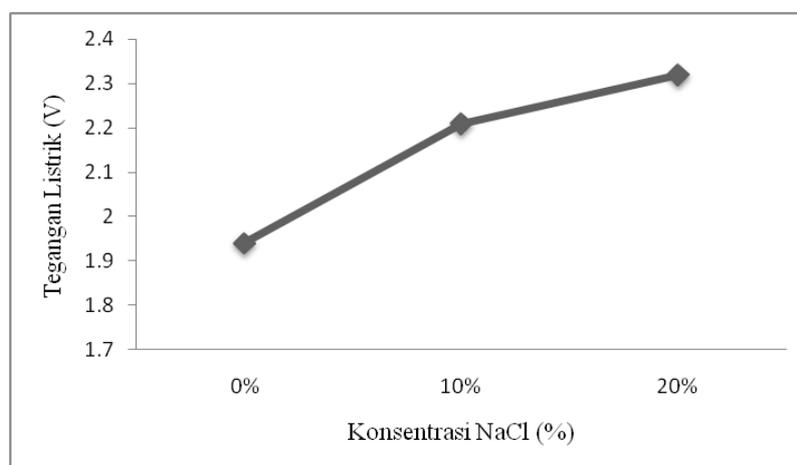
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran yang diperoleh dari penelitian ini terkait biobaterai larutan sari buah mengkudu dengan volume 400 ml terdapat pada Tabel 1. Tabel 1 menjelaskan bahwa hasil pengukuran nilai keluaran listrik biobaterai sari buah mengkudu yang diperoleh dengan menggunakan rangkaian seri. Berdasarkan hasil

pengukuran dapat diketahui bahwa konsentrasi NaCl berpengaruh pada nilai pH, konduktivitas listrik dan nilai keluaran listrik suatu larutan elektrolit akan semakin meningkat. Saat larutan biobaterai sari buah mengkudu ditambah konsentrasi NaCl (0%, 10% dan 20%) pH sari buah mengkudu mengalami derajat keasaman yang semakin meningkat yaitu 2,8 – 2,5.

**Tabel 1.** Pengukuran keluaran listrik sari buah mengkudu.

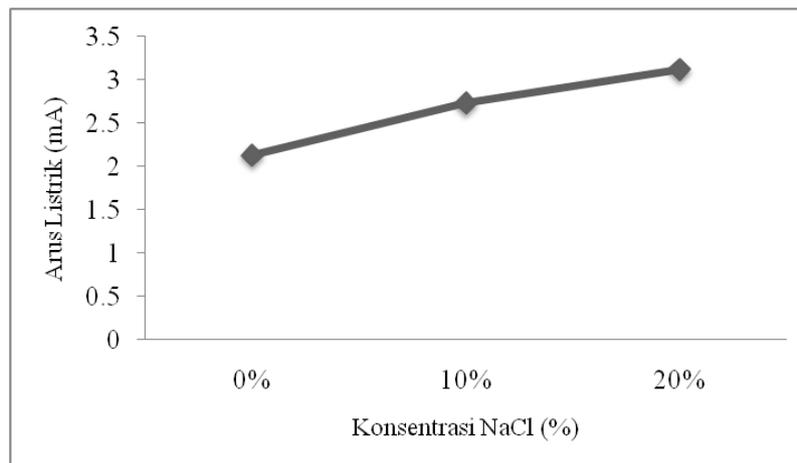
Volume (ml)	NaCl (%)	pH	Konduktivitas listrik ( $\mu\text{S}/\text{m}^3$ )	Tegangan listrik (V)	Arus listrik (mA)	Daya listrik (mW)
07.30	12,9	0,11	1,4	1,5	0,12	1,7
08.30	12,9	0,17	1,7	1,5	0,26	1,7
09.30	13,5	0,43	5,8	5,9	0,44	1,8



**Gambar 2.** Grafik pengaruh penambahan konsentrasi NaCl terhadap tegangan listrik sari buah mengkudu.

Pada saat pengukuran nilai keluaran listrik biobaterai sari buah mengkudu dengan penambahan konsentrasi NaCl mengalami nilai yang semakin meningkat seiring penambahan konsentrasi NaCl yang digunakan semakin tinggi hal ini dikarenakan karena konsentrasi NaCl memiliki nilai elektrolit yang bagus, mudah larut dalam air dikarenakan keduanya

marupakan sama-sama larutan polar diperoleh nilai konduktivitas listrik ( $4323 - 4915 \mu\text{S}/\text{m}^3$ ), tegangan listrik (1,94 – 2,32 V), arus listrik (2,13 – 3,12 mA), dan daya listrik (4,13 – 7,23 mW). Grafik yang mempresentasikan Tabel 1 nilai keluaran listrik biobaterai sari buah mengkudu diatas adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

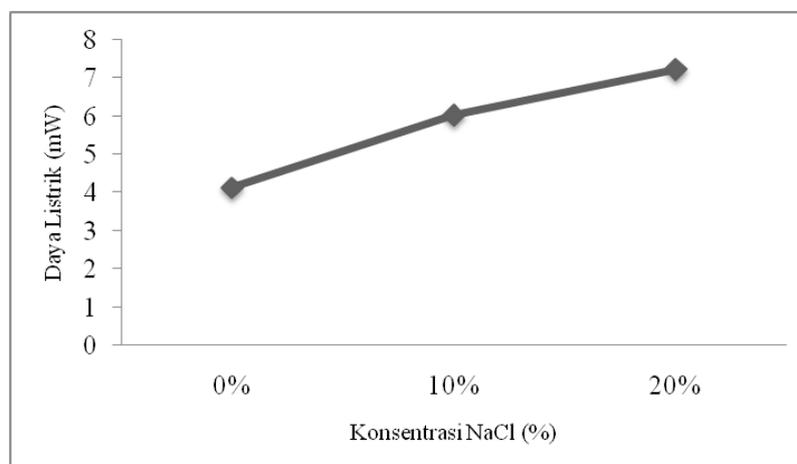


**Gambar 3.** Grafik pengaruh penambahan konsentrasi NaCl terhadap arus listrik sari buah mengkudu.

Tegangan listrik yang dihasilkan sari buah mengkudu dengan menggunakan elektroda Cu dan Zn sebanyak 7 pasang yang disusun secara seri. Tegangan listrik yang dihasilkan biobaterai sari buah mengkudu semakin tinggi seiring penambahan konsentrasi NaCl karena tingkat keasaman yang diperoleh semakin kecil, berdasarkan hal tersebut pH dan tegangan listrik berbanding terbalik. Dalam pengukuran tegangan listrik nilai maksimum diperoleh pada saat larutan sari buah mengkudu dengan

penambahan konsentrasi NaCl 20% dengan nilai keluaran sebesar 2,32 V.

Pada pengukuran arus listrik dengan pembeban LED putih 3,02 Volt. Arus listrik yang terdapat pada rangkaian dengan elektrolit sari buah mengkudu dapat menghidupkan lampu LED putih 2 jam. Arus listrik maksimum diperoleh pada saat larutan sari buah mengkudu dengan penambahan konsentrasi NaCl 20% dengan nilai 3,12 mA (lihat Gambar 3).



**Gambar 4.** Grafik pengaruh penambahan konsentrasi NaCl terhadap daya listrik sari buah mengkudu.

Hubungan antara tegangan listrik dan arus listrik dapat dijelaskan pada pengukuran daya listrik, untuk memperoleh nilai daya listrik dapat menggunakan rumus berikut:

$$P = V \times I \quad (3)$$

keterangan:

P = Daya Listrik (W)

V = Tegangan Listrik (V)

I = Arus Listrik (A)

Ketika nilai tegangan listrik dan arus listrik yang diperoleh semakin tinggi maka daya listrik yang diperoleh juga akan semakin tinggi. Hal ini terjadi karena tegangan, arus listrik dan daya listrik berbanding lurus. Nilai daya listrik maksimum diperoleh pada larutan sari buah mengkudu ditambahkan NaCl 20% mencapai nilai daya listrik tertinggi dengan nilai 7,23 mW (lihat Gambar 4).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dapat disimpulkan bahwa pengukuran pH, konduktivitas listrik, tegangan listrik, arus listrik dan daya listrik memperoleh nilai yang maksimum pada saat larutan sari buah mengkudu dengan penambahan konsentrasi NaCl 20% dengan nilai pH 2,5; 4915  $\mu\text{S}/\text{m}^3$ ; 2,32 V; 3,12 mA; dan 7,23 mW. semakin tinggi suatu konsentrasi NaCl yang digunakan maka hasil keluaran listrik yang diperoleh akan semakin tinggi.

## REFERENSI

1. Abidin, M., Hafidh, A. F., Widyaningsih, M., Yusuf, M., & Murniati, A. (2020). Pembuatan Biobaterai berbasis ampas kelapa dan tomat busuk. *al Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, **7**(1), 28–34.
2. Akbar, S. A., Armelianda, D., & Muttakin, M. (2018). Electrolyte performance of noni fruit extracts (*Morinda Citrifolia* L.) for C–Zn batteries. *Chemical Engineering Research Articles*, **1**(2), 74–81.
3. Suciwati, S. W., & Supriyanto, A. (2019). Analisis jeruk dan kulit jeruk sebagai larutan elektrolit terhadap kelistrikan sel Volta. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, **7**(1), 7–16.
4. Kusuma, H. A., & Setiawan, A. P. (2020). Karakteristik serbuk mengkudu dengan metode Foam Mat Drying (Kajian Lama Pengeringan dan Tween 80). *Jurnal Agriovet*, **3**(1), 41–54.
5. Atina, A. (2015). Tegangan dan kuat arus listrik dari sifat asam buah. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, **12**(2), 28–42.
6. Hakimah, Y. (2019). Analisis Kebutuhan Energi Listrik Danprediksi Penambahan Pembangkit Listrik Di Sumatera Selatan. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, **7**(2), 130–137.
7. Harahap, M. R. (2016). Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, **2**(1), 177–180.
8. Harjono. (2017). *Analisis Karakteristik Elektrik Limbah Sayuran Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan*. Skripsi. Fakultas MIPA, Universitas Lampung.
9. Irwan, F., & Afdal, A. (2016). Analisis hubungan konduktivitas listrik dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan temperatur pada beberapa jenis air. *Jurnal Fisika Unand*, **5**(1), 85–93.
10. Masthura, M., & Abdullah, A. (2021). Pemanfaatan Sari Nenas Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembuatan Bio-Baterai. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, **5**(1), 51–58.
11. Muqaddas, A. (2016). *Pembuatan Prototipe Lampu Dengan Sumber Tegangan Listrik Dari Air Laut*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
12. Nurmia. (2016). *Analisis Pemanfaatan Dari Limbah Sayur dan Buah Sebagai Energi Listrik Alternati Dipasar Sungguminasa*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Alauddin Makassar.

13. Pamungkas, B. T., Muktiwardojo, M., & Rostinawati, T. (2019). Antibacterial activities of various parts of mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) plants on some species of bacteria. *Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry*, **4**(5), 244–249.
14. Sintiya, D., & Nurmasiyah, N. (2019). Pengaruh bahan elektroda terhadap kelistrikan jeruk dan tomat sebagai solusi energi alternatif. *Gravitasi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, **2**(01), 1–6.
15. Siregar, S. M. (2017). Pengaruh Bahan Elektroda Terhadap Kelistrikan Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*) Sebagai Solusi Energi Alternatif Ramah Lingkungan. *Jurnal Penelitian Pendidikan MIPA*, **2**(1), 166–173.



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