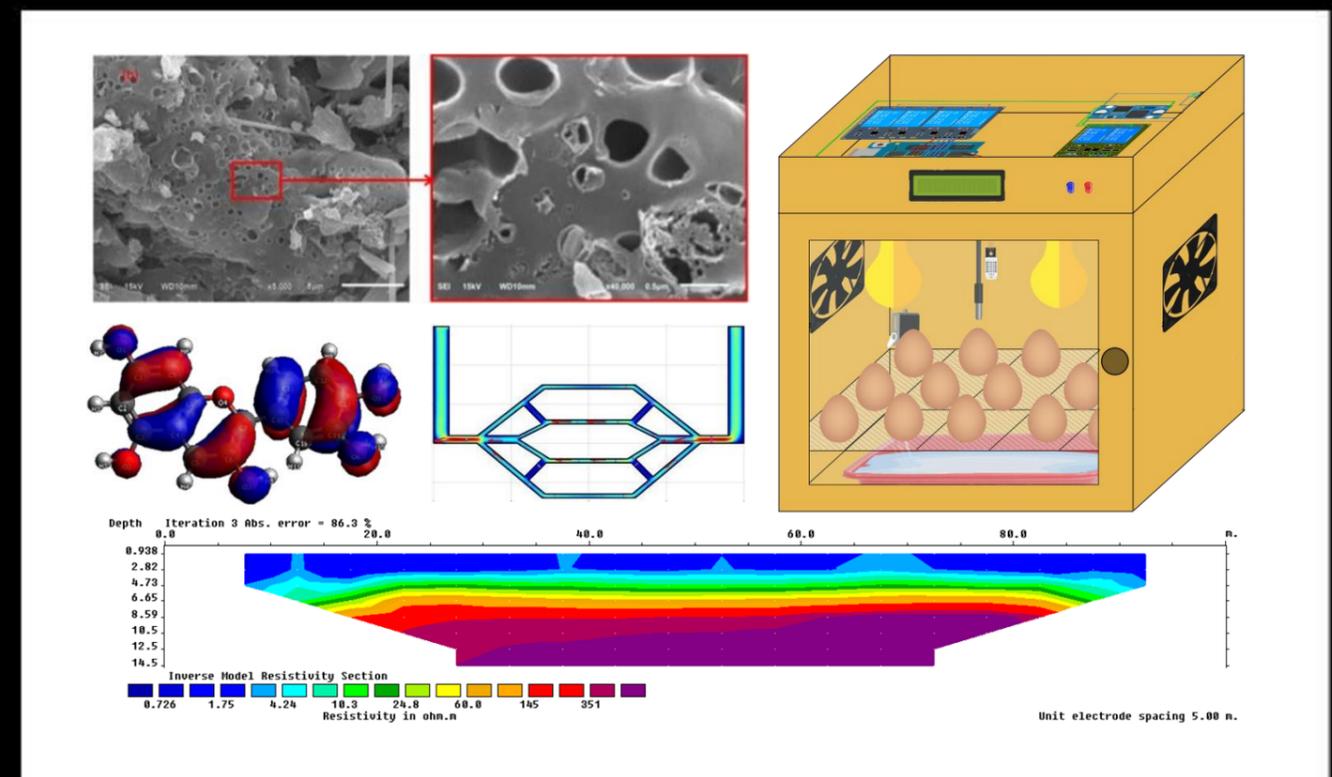


Komunikasi Fisika Indonesia

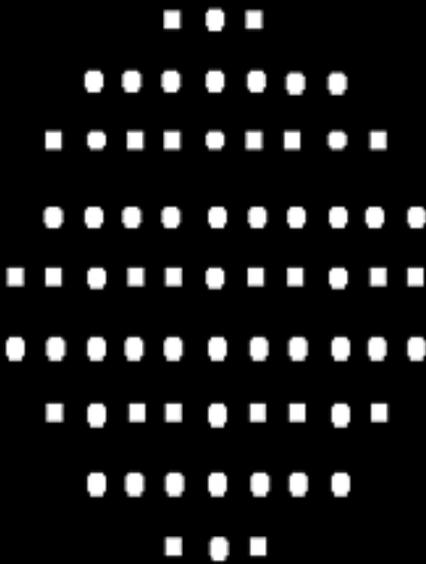


ISSN 1412 2960

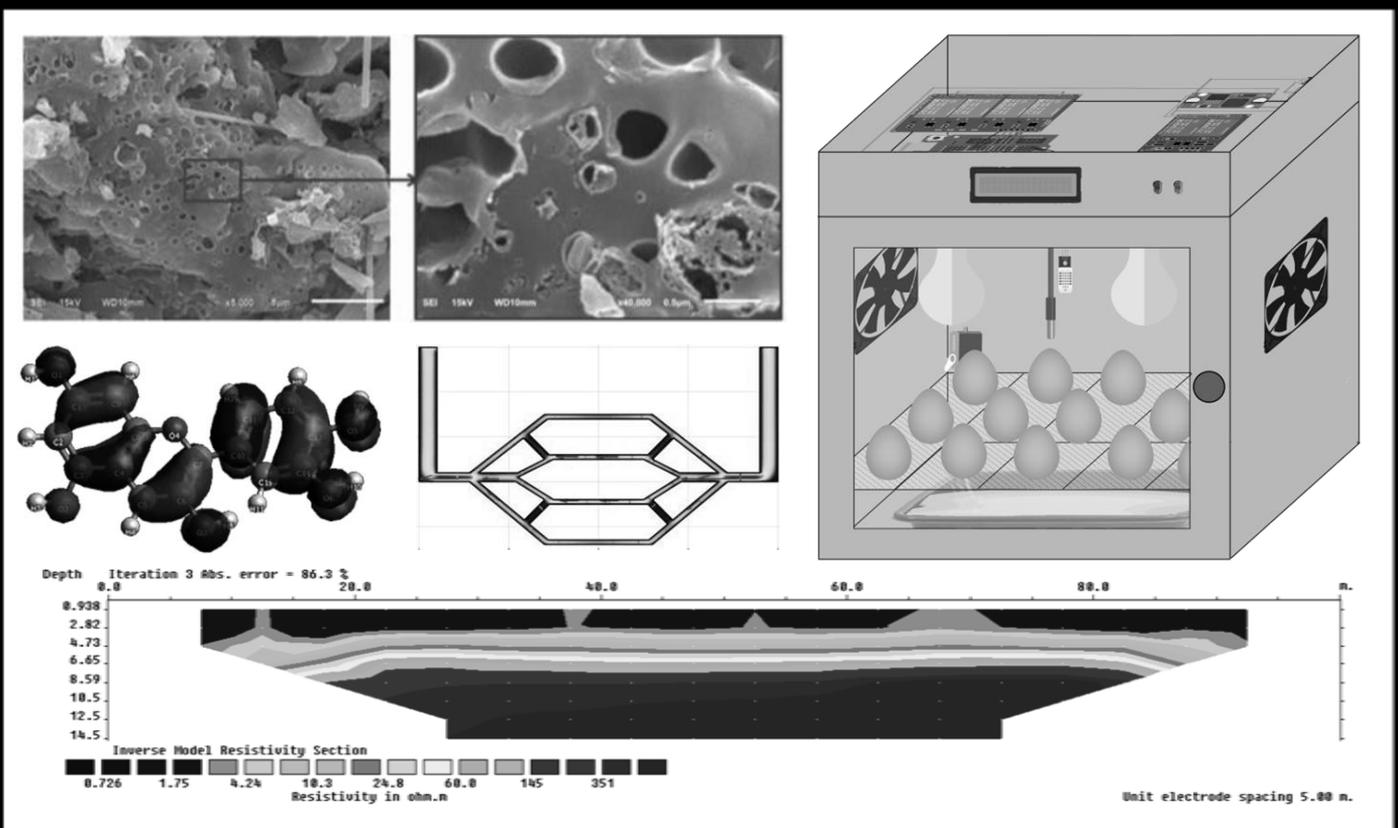
Komunikasi Fisika Indonesia
Vol. 20 No. 01
Maret 2023
Penerbit Jurusan Fisika Universitas Riau
Pekanbaru



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. Dr. Erwin, M.Sc (Universitas Riau)
2. Prof. Dr. Warsito, DEA (Universitas Lampung)
3. Prof. Dr. Timbangan Sembiring, M.Sc (Universitas Sumatera Utara)
4. Prof. Dr. Edy Saputra, M.Sc (Universitas Riau)
5. Prof. Dr. Erman Taer, M.Si (Universitas Riau)
6. Dr. Minarni, M.Sc (Universitas Riau)
7. Prof. Dr. Okfalisa, ST., M.Sc (Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim)
8. Dr. Dedi Irawan, M.Sc (Universitas Riau)
9. Dr. Ing. Rahmondia Nanda Setiadi, M.Si (Universitas Riau)
10. Dr. Efizal, M.Sc (Universitas Islam Riau)
11. Dr. Hamzah, M.Sc (Universitas Lancang Kuning)
12. Rizadi Sasmita Darwis, S.T., M.T. (Politeknik Caltex Riau)

Alamat Redaksi:

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

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
SUSUNAN DEWAN REDAKSI	ii
DAFTAR ISI	iii
PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG DAN SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN BIOBRIKET DENGAN PEREKAT TAPIOKA SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF BIOMASSA <i>Ratu Intan Berlian, Lalu Ahmad Didik Meiliyadi, Bahtiar</i>	1-8
SINTESIS KARBON BERPORI BERBASIS DAUN JERUK NIPIS (<i>Citrus Aurentifolia S.</i>) SEBAGAI MATERIAL ELEKTRODA UNTUK APLIKASI SUPERKAPASITOR <i>Erman Taer, Melda Riyani Butet, Apriwandi, Rika Taslim</i>	9-18
PEMODELAN KECEPATAN ALIRAN DARAH PADA DOMAIN MENYERUPAI PEMBULUH DARAH DENGAN <i>FEATOOL MULTIPHYSICS</i> <i>Andika Thoibah, Defrianto, Saktioto</i>	19-24
STUDI SIFAT OPTIK BERDASARKAN PREKURSOR DALAM SINTESIS ZnO <i>Viza Novia Putri, Iwantono, Puji Nurrahmawati, Nashiha Chalvi Syahra</i>	25-30
ANALISIS PREDIKSI CURAH HUJAN MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN <i>BACKPROPAGATION</i> DI KABUPATEN MUARO JAMBI <i>Rustan, Tika Restianingsih, Ester Kristianti</i>	31-38
STUDI KOMPUTASI KARAKTERISTIK OPTIK <i>CYANIDIN</i> SEBAGAI <i>SENSITISER</i> DENGAN PELARUT <i>ETHANOL</i> , AIR, DAN <i>ACETONITRILE</i> <i>Elvan Yuniarti, Ai Nurlaela</i>	39-48
ANALISIS STRUKTUR KARAKTERISASI XRD DAN SEM PADA <i>REDUCED GRAPHENE OXIDE</i> (rGO) LIMBAH BAN <i>Sandi Tri Febriani, Ety Jumiati, Miftahul Husnah</i>	49-54
IDENTIFIKASI INTRUSI AIR LAUT PADA AKUIFER MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK <i>Iyu Suknawati, Usman Malik</i>	55-60

IDENTIFIKASI AIR LAUT TERHADAP AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI KELURAHAN MUNDAM KOTA DUMAI <i>Mei Saroh, Usman Malik</i>	61-68
ANALISIS SIFAT MEKANIK PLASTIK <i>BIODEGRADABLE</i> PATI BIJI ALPUKAT DAN SELULOSA SEKAM PADI <i>Ety Jumiati, Miftahul Husnah, Sunny Nafisah</i>	69-74
ANALISA PERUBAHAN SUSEPTIBILITAS DAN KOMPOSISI SERTA UKURAN PARTIKEL OKSIDA BESI SEBAGAI FUNGSI KECEPATAN PUTARAN TABUNG <i>BALL MILLING</i> <i>Indah Nurhidayah, Salomo Sinuraya, Erwin Amiruddin, Rahmondia Nanda Setiadi</i>	75-82
ANALISA KECEPATAN PUTARAN TABUNG BALL MILLING TERHADAP SUSEPTIBILITAS MAGNETIK DAN KOMPOSISI SERTA UKURAN PARTIKEL OKSIDA BESI PASIR ALAM SUNGAI ROKAN <i>Tasyha Dwi Safira, Salomo Sinuraya, Erwin Amiruddin, Rahmondia Nanda Setiadi</i>	83-90
ANALISIS KECEPATAN DAN GAYA HAMBAT MOBIL PADA TANJAKAN DENGAN SUDUT ELEVASI YANG BERBEDA <i>Lutfi Puspita Meliasari, Fatimah Putri Utami, Bayu Setiaji</i>	91-96
PEMANFAATAN LIMBAH BIOMASSA TEMPURUNG KELAPA UNTUK ALAT TEKNOLOGI PENGERING PAKAIAN BERBASIS ARDUINO UNO <i>Mutia Febri Irdyanti, Krisman, Juandi Muhammad, Annisa Alqorina</i>	97-102
PEMBUATAN INKUBATOR TELUR DENGAN ARDUINO SEBAGAI MIKROKONTROLER MENGGUNAKAN SISTEM <i>INTERNET OF THINGS</i> (IoT) <i>Andara Paulina, Masthura Masthura, Nazaruddin Nasution</i>	103-108

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG DAN SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN BIOBRIKET DENGAN PEREKAT TAPIOKA SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF BIOMASSA

Ratu Intan Berlian*, Lalu Ahmad Didik Meiliyadi, Bahtiar

Program Studi Tadris Fisika FTK Universitas Islam Negeri Mataram

*E-mail korespondensi: rintan446@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of sample comparison composition on moisture content, ash content, calorific value, mass density, combustion time and rate of combustion of biobriquettes. In this briquette, the samples tested are materials from processed waste products of cassava peel and rice husks with tapioca adhesive. This study uses six stages, namely the preparation stage, drying stage, mixing stage, combustion stage, and quality test stage. In testing the quality of briquettes, three samples were used in each briquetting test, namely samples A, B, and C, each of which was a ratio of cassava peel and rice husk of 10:90, 20:80, and 30:70. The results showed that the lowest water content was found in the ratio between cassava peel and rice husk 10:90, the lowest ash content was found in biobriquettes with a ratio of cassava peel and rice husk 10:90, the highest heating value was found in a ratio of 10:90, mass density the highest is in the ratio of 10:90, the fastest burning rate is in the ratio of 10:90, the longest burning time is in the ratio of cassava peel and rice husks of 10:90. So that the comparison composition of quality cassava peels and rice husks is if the addition of the composition of the rice husk samples is more in number than the composition of the cassava peels.

Keywords: Biobriquette, Cassava Peel, Rice Husk, Tapioca Adhesive.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi perbandingan sampel terhadap kadar air, kadar abu, nilai kalor, kerapatan massa, waktu pembakaran dan laju pembakaran biobriket. Pada briket ini sampel yang diuji merupakan bahan dari olahan hasil limbah kulit singkong dan sekam padi dengan perekat tapioka. Pada penelitian ini menggunakan enam tahap yakni tahap persiapan, tahap pengeringan, tahap percampuran, tahap pembakaran, dan tahap uji kualitas. Dalam pengujian kualitas briket digunakan tiga sampel pada setiap uji pembriketan yakni sampel A, B, dan C yang masing-masing merupakan perbandingan kulit singkong dan sekam padi 10:90, 20:80, dan 30:70. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air terendah terdapat pada perbandingan antara kulit singkong dan sekam padi 10:90, kadar abu yang terendah terdapat pada biobriket dengan perbandingan kulit singkong dan sekam padi 10:90, nilai kalor tertinggi terdapat pada perbandingan 10:90, kerapatan massa tertinggi terdapat pada perbandingan 10:90, laju pembakaran tercepat terdapat pada perbandingan 10:90, waktu pembakaran terlama terdapat pada perbandingan kulit singkong dan sekam padi 10:90. Sehingga komposisi perbandingan kulit singkong dan sekam padi yang bermutu adalah apabila penambahan komposisi sampel sekam padi lebih banyak jumlahnya dibandingkan komposisi kulit singkong.

Kata kunci: Biobriket, Kulit Singkong, Sekam Padi, Perekat Tapioka.

Diterima 13-04-2022 | Disetujui 10-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Kebutuhan dasar manusia terhadap energi yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia

[1], sementara cadangan minyak bumi sebagai sumber utama energi nasional semakin menipis. sehingga kebutuhan akan energi baru tidak dapat ditunda lagi [2], sudah saatnya

mempersiapkan sumber energi yang berkelanjutan dan dapat diperbaharui baru diolah menjadi energi yang dibutuhkan [3].

Upaya masyarakat dalam mencari sumber energi harus didasarkan pada bahan baku yang mudah tersedia dan terbarukan, dan produknya harus mudah digunakan oleh semua orang. Oleh karena itu, perlu dicari sumber energi alternatif lain yang diperoleh dari bahan baku yang berkelanjutan dan terbarukan, seperti: Energi dari biomassa [4].

Biomassa umumnya lebih dikenal sebagai bahan organik kering atau bahan yang tersisa setelah uap air dihilangkan dari tanaman atau bahan organik [5]. Dari ketiga bahan bakar tersebut, biobriket merupakan teknologi alternatif yang paling mudah dan murah karena untuk memproduksinya hanya memerlukan teknologi sederhana [6].

Briket merupakan energi alternatif dari bahan organik yang tersisa dalam bentuk padat dan memiliki nilai kalor yang tinggi. Bahan baku briket kayu biomassa atau briket arang biomassa berasal dari arang biomassa seperti kayu, tempurung kelapa dan limbah dari industri kayu [7].

Pada penelitian tahun 2017 sebelumnya oleh Syahrir dan Sirajuddin, sekam singkong memberikan hasil terbaik, dan biobriket yang dihasilkan memenuhi beberapa parameter standar yang ditetapkan SNI yaitu kadar air, kadar abu dan nilai kalori. Biobriket yang memenuhi standar tersebut diarang selama 30 menit dan ditambahkan tepung tapioca sebanyak 1,5 gram dengan nilai kalori 5449 kal/g, kadar air 7,89%, kadar abu 7,72% dan kadar volatil 32,7%. Kandungan karbon terikat 78,69% [8].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan di laboratorium Kimia Dasar fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam dan juga di laboratorium Bioproses fakultas tahnik pangan Universitas Mataram. Alat yang digunakan adalah furnace, bom

calorimeter, ayakan 40 mesh, oven, neraca digital, stopwatch, kompor briket, jangka sorong, dan desikator. Serta bahan yang digunakan adalah kulit singkong, sekam padi, tepung tapioca, dan air.

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yaitu: Pertama Limbah kulit singkong dan sekam padi dicuci hingga bersih. Selanjutnya Untuk mempermudah pengeringan kulit singkong dipotong kecil-kecil. Kulit singkong dan sekam padi dikeringkan di bawah sinar matahari selama \pm 5 hari. Kedua bahan baku yakni kulit singkong dan sekam padi dimasukkan diatas wajan dan disangrai diatas api hingga kedua bahan tersebut menjadi arang. Bahan baku berupa arang kulit singkong dan sekam padi ditumbuk hingga halus, kemudian diayak menggunakan ayakan 40 *mesh*. Serbuk/butiran halus arang kulit singkong dan sekam padi dicampur dengan beberapa variasi komposisi bahan baku utama antara serbuk/butiran halus arang kulit singkong dan sekam padi ialah dengan perbandingan (10:90, 20:80, dan 30:70) dan dengan perekat 5% dan air 1:10 ml. Kemudian dicetak menggunakan alat pencetak briket dan ditekan menggunakan alat penekan hingga padat dan berbentuk briket. Briket yang telah terbentuk kemudian diletakkan diatas loyang dan Dikeringkan di oven dengan temperatur 80°C dengan waktu pembriketan selama 1 jam. Waktu pendinginan dapat berkisar 5 hingga 15 menit [9].

Pengujian karakteristik briket dilakukan terhadap karakteristik fisika dan karakteristik kimia yang terdiri dari kadar air, kadar debu, densitas atau kerapatan, nilai kalor, dan laju pembakaran. Pada setiap uji kualitas memiliki tiga sampel yang dimana ditandai dengan sampel A, B,dan C dengan perbandingan kulit singkong dan sekam padi yakni 10:90, 20:80, dan 30:70.

Pengukuran Kadar Air

Pengukuran kadar air dengan menimbang cawan kosong, kemudian diisi dengan sampel sebanyak 1 gram, dimasukkan kedalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Sampel

dipindahkan dari oven, didinginkan dalam desikator, dan segera ditimbang hingga beratnya konstan. Kadar air (%) dapat dihitung menggunakan persamaan (1) berikut [10]:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (1)$$

dimana m_1 (gr) merupakan massa gelas kimia kosong, m_2 (gr) merupakan massa gelas kimia kosong dan sampel yang tidak dipanaskan, m_3 (gr) merupakan massa gelas kimia kosong dan sampel yang telah dipanaskan.

Pengukuran Kadar Abu

Pengukuran kadar abu dengan menimbang cawan kosong, memasukkan 1 gram sampel biobriket dipanaskan kedalam furnace pada suhu 450°C selama 1 jam kemudian dilanjutkan pada suhu 600°C selama 1 jam, lanjutkan pemanasan dengan suhu akhir selama 2 jam, dinginkan dalam desikator. Perhitungan kadar air dapat ditulis menggunakan persamaan (2) berikut [11]:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{m_3 - m_1}{m_2} \times 100\% \quad (2)$$

Pengukuran Kerapatan Massa

Pengukuran kerapatan massa dilakukan dengan menimbang massa briket yang utuh menggunakan neraca digital, diameter briket, dan tinggi briket menggunakan jangka sorong. Perhitungan dengan menggunakan persamaan (3) berikut [12]:

$$\text{Kerapatan} = \frac{m}{v} \quad (3)$$

dimana m merupakan massa briket (gr), dan v merupakan volume briket (cm^3).

Pengukuran Laju Pembakaran

Pengukuran laju pembakaran dilakukan dengan menggunakan alat bom calorimeter.

Tabung calorimeter diisi dengan 2 L air aquades kedalam oval bucket, mengisi cawan kosong dengan 1 gram sampel diikat dengan menggunakan kawat dalam combustion capsule, mengisi oksigen dengan tekanan 35 atmosfer pada bom calorimeter, masukkan kedalam bom calorimeter dan nyalakan stopwatch. Dengan komponen yang didapatkan laju pembakaran dapat dihitung dengan persamaan berikut [13]:

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{m}{t} \quad (4)$$

dimana m (gr) merupakan massa sampel, dan t (menit) merupakan waktu yang digunakan hingga sampel berubah menjadi abu.

Pengukuran Nilai Kalor

Pengukuran nilai kalor dilakukan menggunakan tabung calorimeter yang diisi dengan 2 L air aquades kedalam oval bucket, mengisi cawan kosong dengan 1 gram sampel briket, mengisi oksigen dengan tekanan 35 atmosfer pada bom calorimeter, masukkan kedalam bom calorimeter. Biarkan sampai proses analisis selesai dan data keluar.

$$Q = m c \Delta T \quad (5)$$

dimana Q adalah energi panas yang diserap oleh benda, m adalah massa benda (kg), dan c adalah kalor jenis benda ($\text{J/kg}^\circ\text{C}$) [14]. Pengukuran waktu pembakaran dengan menimbang 1 gram briket, kemudian membakar sampel menggunakan korek api meyalakan stopwatch dari awal hingga briket berubah menjadi abu mencatat hasil waktu pembakaran yang dibutuhkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pembuatan briket dari kulit singkong dan sekam padi dengan perekat tapioca didapatkan dengan melakukan beberapa uji kualitas, seperti pada karakteristik fisika yang terdiri atas uji kerapatan massa, uji laju

pembakaran, dan uji waktu pembakaran sedangkan pada karakteristik kimia yakni terdiri

atas uji kadar air, kadar abu, dan nilai kalor. Dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kerapatan massa, laju pembakaran, kadar air, kadar abu, dan nilai kalor dari campuran kulit singkong dan sekam padi dengan perekat tapioka.

Sampel	Uji kualitas				
	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Kerapatan massa (gram/cm ³)	Nilai kalor (kal/gram)	Laju pembakaran (gram/menit)
A	3,96	0,29	0,83229	2680	0,0546
B	5,00	0,33	0,78314	2601	0,0546
C	6,86	0,47	0,75168	2455	0,0548

Pada penelitian kadar air ditentukan dari kesempurnaan proses karbonisasi dan juga di pengaruhi oleh waktu dan suhu pada proses pengarangan. Semakin besar suhu dan waktu pengarangan maka semakin banyak zat menguap terbang sehingga pada saat pengujian kadar zat menguap akan diperoleh kadar zat menguap yang rendah [15].

Pada penelitian kadar abu suhu karbonisasi sangatlah berpengaruh, hal ini dikarenakan Semakin meningkatnya suhu karbonisasi maka kadar abu yang dihasilkan juga akan semakin besar karena bahan akan terbakar dan menyisakan abu [16].

Kerapatan briket ditentukan dari besar massa dan volume masing-masing sampel. Hal ini terjadi karena pada penelitian ini menghasilkan abu yang mudah lepas dan tekstur briket yang terbilang mudah hancur terutama pada briket yang memiliki kandungan sekam padi lebih dominan dibandingkan kulit singkong. Massa dan tekanan briket merupakan factor utama pada proses ini untuk mendapatkan nilai kerapatan yang rendah [17].

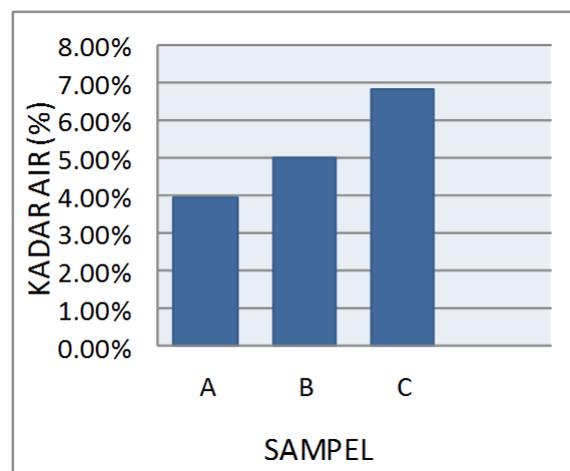
Tabel 2. Waktu pembakaran.

Sampel	Massa briket (gram)	Waktu pembakaran (menit)
A	1,467	25,9
B	1,325	23,5
C	1,218	22,1

Nilai kalor ditentukan berdasarkan kadar abu, kadar air dan karbon. Bila nilai kadar air dan abu tinggi maka nilai kalornya rendah, tetapi bila kandungan karbon briket tinggi maka nilai kalornya tinggi. Nilai kalor briket sangat mempengaruhi efisiensi pembakaran briket.

Semakin tinggi nilai kalor briket maka semakin baik kualitas briket tersebut, karena efisiensi pembakarannya tinggi [18].

Waktu pembakaran yang lama hingga habis menjadi abu akan menghasilkan laju pembakaran yang rendah. Hal ini dikarenakan semakin cepatnya proses perpindahan panas secara konduksi sehingga akan menghasilkan waktu pembakaran yang lama dan suhu pembakaran yang makin menurun [19].

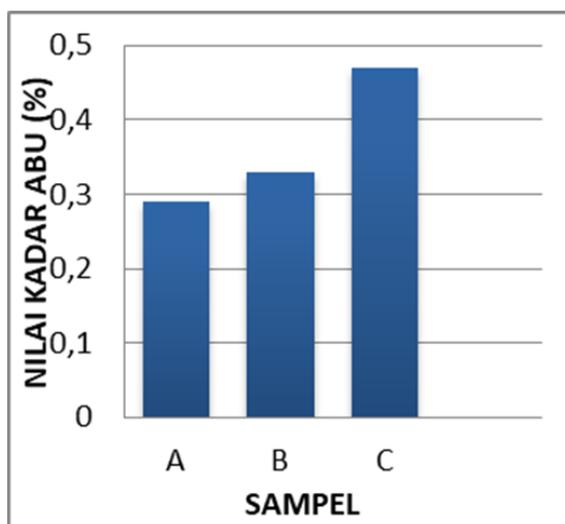


Gambar 1. Grafik nilai kadar air.

Grafik 1 menunjukkan kadar air sampel kulit singkong dan sekam padi dengan perbandingan 10:90, 20:80, dan 30:70 didapatkan hasil secara berturut-turut 3,96 %, 5,00%, dan 6,86%. Kadar air terendah menghasilkan perbandingan 10 : 90, yaitu 3,96%, sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada perbandingan 30 : 70. Ketiga sampel tersebut memenuhi standar SNI untuk kadar air yaitu $\leq 8\%$ [20]. Ini dikarenakan sekam padi dan kulit singkong merupakan biobriket yang memiliki kadar air yang rendah [21].

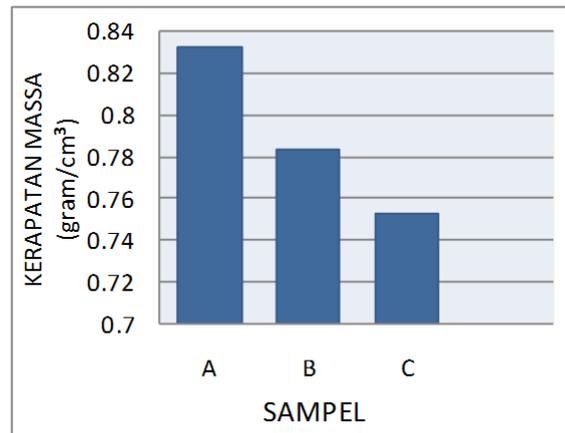
Berdasarkan hasil analisis mendalam terhadap briket arang limbah pertanian oleh Rumiyaanti (2018), kadar air total terendah diperoleh dari briket arang sekam padi. Sebaliknya pada biobriket dengan kadar air yang tinggi, hal ini disebabkan struktur biobriket yang lebih baik menyebabkan pori-pori arang menjadi lebih besar sehingga arang lebih mudah menyerap air dari udara. dan meningkatkan jumlah air dalam briket [22].

Arang dari kulit singkong menghasilkan kadar air paling rendah. Secara umum, penurunan nilai kalor dan pembakaran disebabkan oleh kelembaban yang tinggi. Briket dengan kadar air yang tinggi mudah berjamur dan hancur. Kualitas briket yang dihasilkan dipengaruhi oleh kadar air dan kadar air total [23].



Gambar 2. Grafik nilai kadar abu.

Pada grafik 2 menunjukkan kadar abu terendah terdapat pada perbandingan 10:90 yaitu sebesar 0,29% sedangkan nilai kadar abu tertinggi terdapat pada perbandingan 30:70 sebesar 0,47%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa semakin banyak penambahan jumlah sampel sekam padi pada setiap perbandingan dibandingkan dengan kulit singkong maka kadar abu yang diberikan akan semakin rendah, hal ini disebabkan karena sekam padi lebih mudah terbakar dan massa dari sekam padi lebih ringan bila dibandingkan dengan kulit singkong [24].

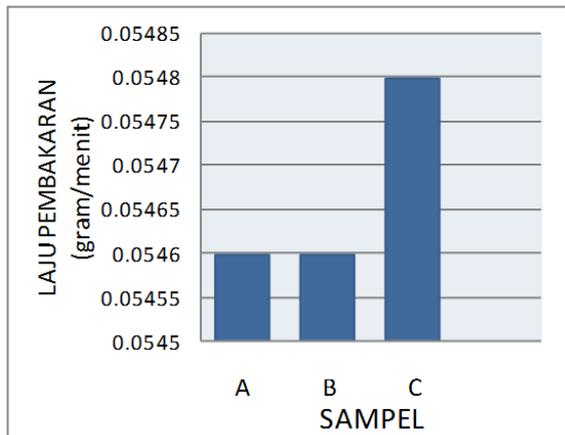


Gambar 3. Grafik nilai kerapatan massa.

Pada grafik 3 hasil penelitian kerapatan pada kulit singkong dan sekam padi dengan perekat tapioca terjadi peningkatan nilai kerapatan pada sampel A yang merupakan perbandingan 10:90 dan nilai kerapatan yang rendah terdapat pada sampel C yang merupakan perbandingan 30:70. Ini dikarenakan massa briket yang besar dan kurang meningkatnya tekanan pada proses pembriketan sehingga ikatan antar partikel arang briket tidak maksimal dan membuat rongga udara menjadi besar serta luas permukaan menjadi besar pula seperti pada penelitian yang telah dilakukan oleh Candra Aris Setyawan pada tahun 2015 Mengenai pengaruh fluktuasi campuran batang jagung dan molase dalam produksi briket seperti RDF, ditemukan bahwa semakin banyak molase yang ditambahkan ke dalam briket, semakin tinggi nilai densitasnya [25]. Hal ini disebabkan banyaknya lem yang ditambahkan pada briket sehingga ikatan antar briket lebih kuat dan nilai densitas briket lebih tinggi [26].

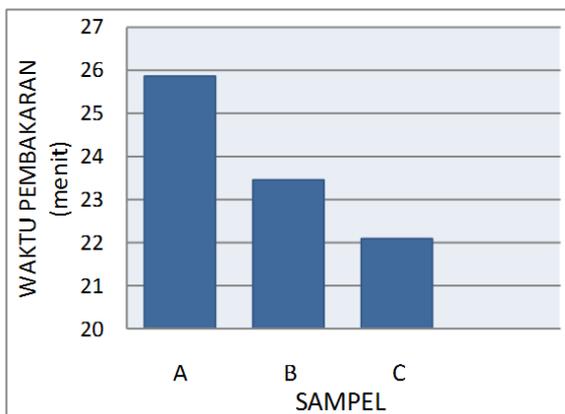
Untuk perbandingan 10:90, 20:80, dan 30:70 didapatkan hasil kerapatan secara berturut-turut yakni sebesar 0,75168 gr/cm³, 0,83229 gr/cm³, dan 0,78314 gr/cm³ dan hasil dari ketiga penelitian ini tidak sesuai dengan SNI briket yakni 0,4409 gr/cm³. Kerapatan briket ditentukan dari besar massa dan volume masing-masing sampel. Hal ini terjadi karena pada penelitian ini menghasilkan abu yang mudah lepas dan tekstur briket yang terbilang mudah hancur terutama pada briket yang memiliki kandungan sekam padi lebih dominan

dibandingkan kulit singkong. Massa dan tekanan briket merupakan faktor utama pada proses ini untuk mendapatkan nilai kerapatan yang rendah [27].



Gambar 4. Grafik nilai laju pembakaran.

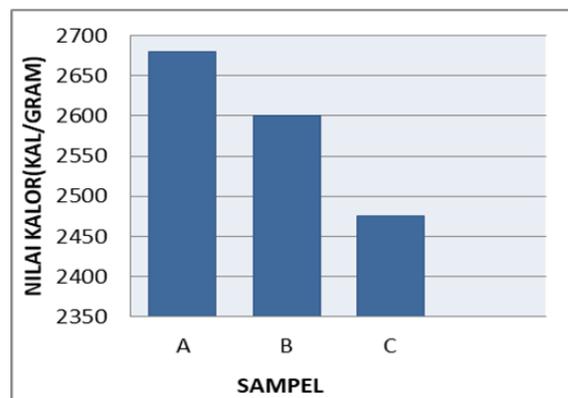
Pada grafik 4 dapat dilihat bahwa briket lebih cepat terbakar pada sampel A dan B yang masing-masing merupakan perbandingan 10:90 dan 20:80 dikarenakan memiliki massa lebih sedikit dibandingkan sampel C dari pada sampel yang lain yakni 1,0933 dan 1,0932 gram. Tingkat pembakaran briket arang ditentukan oleh kerapatan massa briket arang dan waktu pembakaran dari awal sampai abu briket. Semakin besar massa briket maka semakin padat massa briket dan semakin lama briket terbakar, artinya laju pembakaran briket semakin tinggi [28].



Gambar 5. Grafik nilai waktu pembakaran.

Pada grafik 5 menunjukkan waktu pembakaran terlama ditemukan di sampel kulit

singkong dan sekam padi dengan perbandingan 10:90 yakni sebesar 25,9 menit sedangkan waktu yang paling cepat terdapat pada sampel C dengan perbandingan 30:70 yakni sebesar 22,1 menit. Hal ini bisa saja disebabkan oleh partikel yang teksturnya halus dan nilai kerapatan yang tinggi dapat diketahui seperti pada penelitian yang telah dilakukan oleh sri suryaningsih pada tahun 2018 mengenai pengaruh ukuran butir briket campuran sekam padi dengan serbuk kayu jati yang menyatakan bahwa semakin kecil ukuran partikel penyusun briket sehingga menyebabkan laju pembakaran yang dihasilkan akan semakin cepat dan begitupula waktunya juga akan lebih singkat untuk habis menjadi abu [29].



Gambar 6. Grafik nilai kalor.

Pada grafik 6 menunjukkan nilai kalor yang paling tinggi yaitu pada sampel A sebesar 2475 cal/gram sedangkan untuk nilai kalor yang paling rendah terdapat pada sampel C sebesar 2475 cal/gram dan disusul kedua tertinggi yakni pada sampel B sebesar 2601 cal/gram. Hal ini dikarenakan kadar air yang meningkat pada briket ditandai dengan briket yang ditumbuhi jamur disebabkan oleh tekanan pembriketan yang kurang tinggi sehingga menciptakan rongga-rongga yang besar dapat memudahkan udara yang masuk kedalam briket [30].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan antara variasi campuran kulit singkong dan sekam padi dapat disimpulkan

bahwa komposisi briket berpengaruh terhadap kualitas mutu briket. Untuk karakteristik fisika, nilai kerapatan tertinggi terdapat pada perbandingan 10:90 sebesar 0,83229 gr/cm³. Nilai laju pembakaran yang tertinggi terdapat pada perbandingan 30:70 sebesar 0,0548 gram/menit, nilai waktu pembakaran yang terlama terdapat pada perbandingan 10:90 sebesar 46,5 menit. Untuk karakteristik kimia, nilai kadar air terendah terdapat pada perbandingan 10:90 sebesar 3,96 %, nilai kadar abu terendah terdapat pada perbandingan 10:90 sebesar 0,29%, dan nilai kalor terendah terdapat pada perbandingan 10:90 sebesar 2680 kal/gram. Untuk kualitas briket yang bagus terdapat pada komposisi briket dengan perbandingan 10:90 sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak komposisi arang sekam padi yang diberikan dibandingkan arang kulit singkong maka akan menghasilkan briket bermutu baik dan bagus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Kepala Laborotium Teknik Pertanian Universitas Mataram yang telah memfasilitasi penelitian ini.

REFERENSI

1. Suryaningsih, S., Nurhilal, O., & Affandi, K. A. (2018). Pengaruh ukuran butir briket campuran sekam padi dengan serbuk kayu jati terhadap emisi karbon monoksida (CO) dan laju pembakaran. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, **2**(1), 15–21.
2. Pujotomo, I. (2017). potensi pemanfaatan biomassa sekam padi untuk pembangkit listrik melalui teknologi gasifikasi. *Energi dan Kelistrikan*, **9**(2), 126–135.
3. Yuhanna, W. L., Nurhikmawati, A. R., Pujiati, P., & Dewi, N. K. (2021). Pemberdayaan masyarakat desa wakah melalui pemanfaatan limbah kulit singkong (*Manihot esculenta*). *Aksiologi*, **5**(3), 411–419.
4. Frida, E., Darnianti, D., & Pandia, J. (2019). Preparasi dan karakterisasi biomassa kulit pinang dan tempurung kelapa menjadi briket dengan menggunakan tepung tapioka sebagai perekat. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Quality*, **3**(2), 1–8.
5. Sinaga, R. N., & Hasibuan, R. (2017). Pembuatan briket dari kulit kakao menggunakan perekat kulit ubi kayu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, **6**(3), 21–27.
6. Hatiningrum, W. R., Srian, T., Nurrahman, A., & Aulia, H. N. (2022). Pelatihan pembuatan briket arang limbah biomassa skala rumah tangga sebagai bahan bakar alternatif. *Jurnal ESDM*, **11**(1), 9–18.
7. Setiani, V., Setiawan, A., Dhani, M. R., & Maulidya, R. D. (2019). Analisis proximate briket tempurung kelapa dan ampas tebu. *Jurnal Presipitasi*, **16**(2), 91–96.
8. Tranggono, D., Pramitha, A. O., Sholikhah, A. M., Fandillah, G. A., Sugiharto, N. O., & Achmad, Z. A. (2021). Pemanfaatan limbah baglog jamur tiram putih menjadi briket yang bernilai ekonomis tinggi. *JABN*, **2**(1), 1–17.
9. Ilham, J., Mohamad, Y., & Oktaviani, I. (2022). Pengujian biobriket dari limbah kayu sebagai sumber energi alternatif. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, **4**(2), 119–125.
10. Didik, L. A. (2017). Pengukuran kalor jenis material dengan menggunakan modifikasi persamaan teorema Stefan Boltzmann. *Konstan*, **2**(2), 47–50.
11. Triantoro, A., Mustofa, A., Kartini, K., & Hanafi, A. (2019). Studi analisa kualitas biobriket campuran bottom ash batubara dan onggok tepung tapioka menggunakan karbonisasi. *Jurnal Fisika Flux*, **1**(1), 54–60.
12. Indrawijaya, B., Mursida, L., & Andini, N. D. (2019). Briket bahan bakar dari ampas teh dengan perekat lem kanji. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, **3**(1), 23–28.
13. Jannah, B. L., Pangga, D., & Ahzan, S. (2022). Pengaruh jenis dan persentase bahan perekat biobriket berbahan dasar

- kulit durian terhadap nilai kalor dan laju pembakaran. *Lensa*, **10**(1), 16–23.
14. Handoko, R., Fadelan, F., & Malyadi, M. (2019). Analisa kalor bakar briket berbahan arang kayu jati, kayu asam, kayu johar, tempurung kelapa dan campuran. *KOMPUTEK*, **3**(1), 14–21.
 15. Yuliah, Y., Suryaningsih, S., & Ulfi, K. (2017). Penentuan kadar air hilang dan volatile matter pada bio-briket dari campuran arang sekam padi dan batok kelapa. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, **1**(1), 51–57.
 16. Handayani, R. T., & Suryaningsih, S. (2019). Pengaruh suhu karbonisasi dan variasi kecepatan udara terhadap laju pembakaran briket campuran. *Wahana Fisika*, **4**(2), 98–103.
 17. Nugraha, A., Widodo, A. S., & Wahyudi, S. (2017). Pengaruh tekanan pembriketan dan persentase briket campuran gambut dan arang pelepah daun kelapa sawit terhadap karakteristik pembakaran briket. *Jurnal Rekayasa Mesin*, **8**(1), 29–36.
 18. Bagus Setyawan, S. (2019). Analisis mutu briket arang dari limbah biomassa campuran kulit kopi dan tempurung kelapa dengan perekat tepung tapioka. *Edubiotik*, **4**(2).
 19. Marchel, W. I., Freeke, P., & Dedie, T. (2019). Analisis perbedaan jenis bahan dan massa pencetakan briket terhadap karakteristik pembakaran briket pada kompor biomassa. *Cocos*, **1**(5), 1–14.
 20. Iskandar, N., Nugroho, S., & Feliyana, M. F. (2019). Uji kualitas produk briket arang tempurung kelapa berdasarkan standar mutu SNI. *Majalah Ilmiah Momentum*, **15**(2), 103–108.
 21. Kurniawan, E., Muarif, A., & Siregar, K. A. (2022). Pemanfaatan sekam padi dan cangkang sawit sebagai bahan baku briket arang dengan menggunakan perekat tepung kanji. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, **1**(1).
 22. NirLasari, N., Manfarizah, M., & Darusman, D. (2022). Analisis proximat terhadap beberapa jenis biochar dari limbah pertanian. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, **7**(2), 627–636.
 23. Damayanti, K. I., & Hermawan, R. (2021). Sintesis Arang aktif dari kulit singkong sebagai adsorben ion Fe. *Jurnal Chemtech*, **7**(1), 13–16.
 24. Ropiudin, R., & Syska, K. (2022). Analisis kualitas biobriket karbonisasi tempurung kelapa dan kulit singkong dengan perekat tepung singkong. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, **3**(1), 19–38.
 25. Sugiharto, A., & Firdaus, Z. I. (2021). Pembuatan briket ampas tebu dan sekam padi menggunakan metode pirolisis sebagai energi alternatif. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, **6**(1), 17–22.
 26. Hasfianti, F. E., Sriningsih, E., & Subhanuddin, D. (2019). Kualitas briket berbahan limbah tebang kayu galam sebagai produk energi alternatif. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, **37**(3), 217–224.
 27. Dewi, R. P., Saputra, T. J., & Purnomo, S. J. (2022). Analisis karakteristik briket arang dengan variasi tekanan kempa pembriketan. *Media Mesin*, **23**(1), 13–19.
 28. Aljarwi, M. A., Pangga, D., & Ahzan, S. (2020). Uji laju pembakaran dan nilai kalor briket wafer sekam padi dengan variasi tekanan. *ORBITA*, **6**(2), 200–206.
 29. Suryaningsih, S., & Pahleva, D. R. (2020). Analisis kualitas briket tandan kosong dan cangkang kelapa sawit dengan penambahan limbah plastik low density polythelene (LDPE) sebagai bahan bakar alternatif. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, **10**(1), 27–35.
 30. Nasrul, Z. A., Maulinda, L., Darma, F., & Meriatna, M. (2021). Pengaruh komposisi briket biomassa kulit jagung terhadap karakteristik briket. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, **9**(2), 35–42.



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

SINTESIS KARBON BERPORI BERBASIS DAUN JERUK NIPIS (*Citrus Aurentifolia S.*) SEBAGAI MATERIAL ELEKTRODA UNTUK APLIKASI SUPERKAPASITOR

Erman Taer^{1,*}, Melda Riyani Butet¹, Apriwandi¹, Rika Taslim²

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

²Jurusan Teknik Industri FST Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim

*E-mail korespondensi: erman.taer@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

In this study, the electrode material was successfully made from activated carbon based on lime leaf biomass with variations in physical activation temperature of 800°C, 850°C, and 900°C for supercapacitor applications. Porous carbon was synthesized through pre-carbonization steps, chemical activation using ZnCl₂ activator, carbonization using N₂ gas at a temperature of 600°C, and physical activation using CO₂. Density analysis confirmed the potential for the DJN-850 sample to have a high shrinkage of 52.24%. X-ray diffraction shows an amorphous structure of carbon characterized by broadening peaks at 22° and 24°. Scanning electron microscopy analysis performed that the optimized sample possessed rich meso-macropores followed by a high carbon content of 90.25%. The Fourier spectroscopic transformation test results identified the presence of functional groups O-H, C-O, C-H, C=C, and C≡C in the sample. The precursor activated at 850°C possessed a specific surface area of 675.129 m²/g with adjusting micro-mesopore. Furthermore, the electrochemical properties of the samples were measured using cyclic voltammetry and galvanostatic charge-discharge with specific capacitances of 144.14 F/g and 189 F/g, respectively.

Keywords: Biomass Precursor, *Citrus Aurentifolia S.*, Carbon Porous, Electrode Material, Supercapacitor.

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah berhasil dibuat bahan elektroda dari karbon aktif berbasis biomassa daun jeruk dengan variasi suhu aktivasi fisika 800°C, 850°C, dan 900°C untuk aplikasi sel superkapasitor. Sintesis karbon berpori dilakukan melalui tahapan pra-karbonisasi, aktivasi kimia menggunakan aktivator ZnCl₂, karbonisasi menggunakan gas N₂ pada suhu 600°C, dan aktivasi fisika menggunakan CO₂. Analisis densitas mengkonfirmasi potensi sampel DJN-850 yang memiliki susut yang tinggi sebesar 52,24%. Difraksi sinar-X menunjukkan struktur karbon amorf yang ditandai dengan puncak lebar pada sudut 22° dan 24°. Analisis mikroskop elektron pemindaian menunjukkan bahwa sampel yang dioptimalkan menunjukkan mesopori yang kaya diikuti oleh kandungan karbon yang tinggi sebesar 90,25%. Hasil uji transformasi spektroskopi Fourier mengidentifikasi adanya gugus fungsi O-H, C-O, C-H, C=C, dan C≡C dalam sampel. Prekursor yang diaktifkan pada 850°C memiliki luas permukaan spesifik 675,129 m²/g dengan mikro-mesopori yang dapat disesuaikan. Selanjutnya, sifat elektrokimia sampel diukur menggunakan voltametri siklik dan pelepasan muatan galvanostatik dengan kapasitansi spesifik masing-masing 144,14 F/g dan 189 F/g.

Kata kunci: Prekursor Biomassa, *Citrus Aurentifolia S.*, Karbon Berpori, Material Elektroda, Supercapacitor.

Diterima 09-08-2022 | Disetujui 21-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Evolusi saat ini dalam industri dan teknologi berdampak pada sebagian besar sektor, dan

rutinitas sehari-hari secara global yang menyebabkan kebutuhan akan energi juga semakin meningkat terutama energi listrik.

Energi listrik merupakan salah satu penunjang kebutuhan masyarakat dalam segala aspek kehidupan, misalnya penggunaan *smartphone*, laptop, komputer sebagai alat komunikasi dan pembelajaran. Kebutuhan akan energi yang lebih besar ini memunculkan masalah penyediaan energi dimasa depan yang menjadi perhatian di seluruh penjuru dunia karena bagaimanapun juga kesejahteraan manusia dalam eramodern berkaitan erat dengan jumlah dan mutu energi yang dimanfaatkan. Khususnya bagi negara berkembang seperti Indonesia penyediaan energi alternatif seperti energi listrik merupakan faktor yang sangat penting dalam dalam mendorong pembangunan [1].

Superkapasitor merupakan piranti penyimpanan energi listrik yang terdiri dari elektroda, elektrolit, separator dan pengumpul arus. Kapasitas energi yang dapat disimpan oleh superkapasitor bergantung pada elektroda dan elektrolit yang digunakan karena proses penyimpanan energi dan daya terjadi karena adanya interaksi elektron pada permukaan elektroda berpori dan ion yang dihasilkan oleh elektrolit [2]. Karbon aktif adalah salah satu jenis bahan yang secara luas telah digunakan sebagai bahan elektroda untuk superkapasitor karena memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi, ketahanan kimia, sebagai penghantar listrik yang baik dan mudah didapat dengan harga yang terjangkau [3-5].

Penelitian ini menggunakan bahan dasar daun jeruk nipis (*Citrus Aurantifolia S.*) sebagai bahan dasar pembuatan elektroda karbon superkapasitor. Tanaman Jeruk Nipis merupakan tanaman yang memiliki aroma kuat yang termasuk kedalam suku jeruk-jerukan yang tersebar di Asia dan Amerika Tengah, menurut sejarah, sentral utama asal jeruk nipis adalah Asia Tenggara termasuk Indonesia. Hampir seluruh bagian jeruk nipis dapat dimanfaatkan seperti bagian batang, bunga, dan buah jeruk nipis yang banyak digunakan mengobati berbagai penyakit yakni menurunkan panas, obat batuk, menghilangkan ketombe pada rambut, influenza, antiinflamasi, antiseptik, dan obat jerawat [6], sedangkan

daun jeruk nipis masih kurang dimanfaatkan. Salah satu manfaat dari daun jeruk nipis adalah sebagai antibakteri. Daun jeruk nipis mengandung alkaloid, flavonoid, terpenoid, saponin, tanin, dan steroid yang merupakan senyawa bioaktif [7] dan minyak atsiri dengan komposisi antara lain *limonene*, *geranial*, *neral* dan *geraniol* [8]. Selain itu, terdapat dalam semua tanaman hijau terdapat kandungan flavonoid, selulosa, hemiselulosa dan lignin yang apabila di panaskan dengan suhu tinggi dapat menghasilkan karbon [9].

Pemanfaatan jeruk nipis sebagai dasar pembuatan elektroda elektroda superkapasitor merupakan inovasi terbaru penggunaan biomassa organik dengan berfokus pada variasi suhu aktivasi fisika 800°C, 850°C dan 900°C. Variasi suhu dipilih berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Taer *et al.*, 2018 dengan biomassa batang pisang menggunakan variasi suhu aktivasi fisika 800°C, 850°C dan 900°C, serta 950°C dengan hasil maksimum suhu optimum 900°C [10]. Penggunaan aktivator pada penelitian ini adalah ZnCl₂, Penggunaan ZnCl₂ dilakukan karena ZnCl₂ dapat mengurai senyawa selain karbon dan menyisak karbon yang cukup tinggi. Beberapa penelitian terdahulu menggunakan aktivator ZnCl₂ sebagai bahan pengaktif pembuatan elektroda karbon seperti pada biomassa ampas tahu [11] dan serat sabut kelapa [12] dengan konsentrasi 0,5 M menghasilkan nilai kapasitansi tertinggi sebagai referensi. Pembuatan karbon aktif berbahan biomassa dari daun jeruk nipis ini diharapkan dapat menghasilkan elektroda superkapasitor dengan kapasitansi tinggi serta menambah nilai guna dari daun jeruk nipis.

METODE PENELITIAN

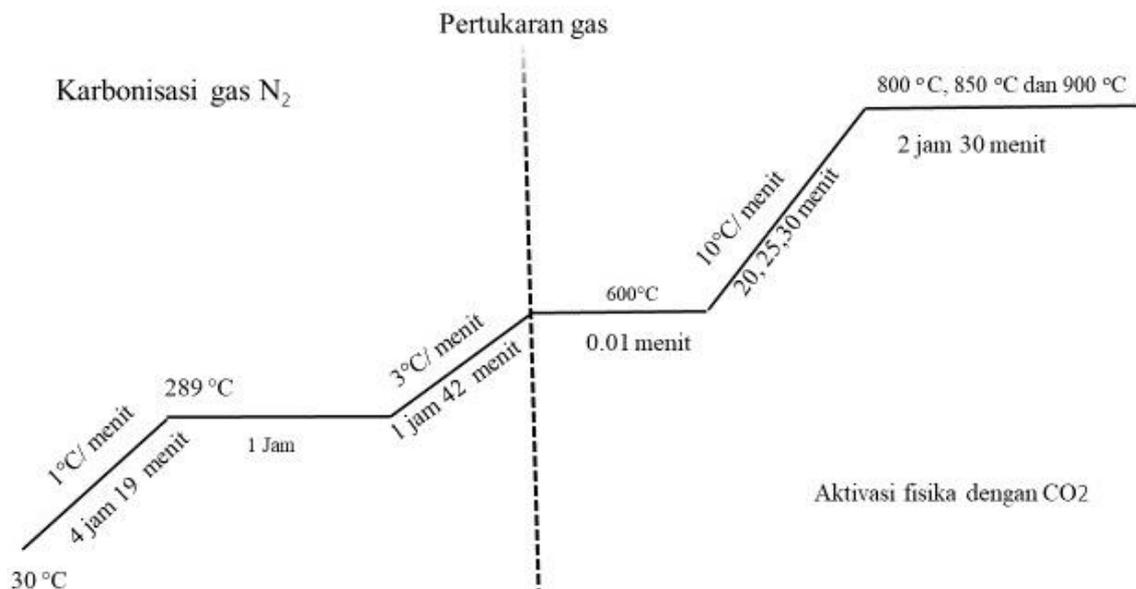
Preparasi Karbon Berpori dari Daun Jeruk Nipis

Daun jeruk nipis diperoleh dari ladang pertanian tradisional di pekanbaru yang kemudian dilakukan penjemuran dibawah sinar matahari selama 3 – 4 hari. Setelah itu sampel

di pra-karbonisasi menggunakan oven bersuhu 250°C selama 2,5 jam, dilanjutkan dengan proses penggilingan dan penghalusan serta pengayakan sehingga dihasilkan sampel dalam bentuk serbuk yang berukuran seragam 60 µm.

Sampel tersebut selanjutnya diaktivasi menggunakan aktivator ZnCl₂ 0,5 M

menggunakan alat hidrolis press. Tahap selanjutnya dilakukan aktivasi fisika, dengan menggunakan gas serapan CO₂ dengan memvariasikan suhu pada 800°C, 850°C dan 900°C. Ilustrasi proses karbonisasi aktivasi dan aktivasi fisika dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses karbonisasi dan aktivasi fisika.

Karakterisasi Sel Superkapasitor

Pengukuran densitas merupakan salah satu faktor yang berperan penting pada keunggulan karbon aktif sebagai elektroda superkapasitor. Pengukuran densitas dilakukan menggunakan timbangan digital dan jangka sorong untuk menentukan nilai massa dan diameter serta ketebalan pelet karbon. Uji densitas dilakukan setelah pencetakan pelet dan setelah pembakaran (karbonisasi dan aktivasi fisika).

Karakterisasi difraksi sinar-X bertujuan untuk mengetahui ukuran kristal, parameter kisi dan fasa kristalin pada elektroda karbon. menggunakan Difraktometer tipe *X-pert powder analytical* dengan sumber sinar anoda Cu dan panjang gelombang λ 15,406 nm dan sudut difraksi yang digunakan adalah 2θ yaitu pada rentang sudut 100 sampai dengan 1000.

Pengujian Mikroskop Pemindai Elektron dilakukan untuk mengetahui bentuk morfologi permukaan elektroda karbon dan ukuran pori serta bentuk serbuk karbon aktif dari daun jeruk

nipis. SEM merupakan alat yang mampu memberikan gambar yang jelas. Elektron ditembakkan ke arah sampel kemudian sampel akan mengeluarkan elektron baru kemudian diterima dan dideteksi oleh detektor. Hasil pengukuran SEM didapat berupa bentuk morfologi, distribusi pori dan elektroda karbon Daun Jeruk Nipis. Pengukuran dilakukan menggunakan alat *SUPRA* seri S-3400 N.

Energi difersif sinar-X digunakan untuk mengetahui kandungan unsur Serta mengetahui komposisi yang terkandung pada permukaan elektroda karbon Pengukuran EDS menghasilkan komposit unsur elektroda karbon. Pengukuran dilakukan menggunakan alat *JEOL-JSM6360LA*.

Karakterisasi sampel daun jeruk nipis menggunakan spektroskopi *Fourier-transform infrared* (FTIR) bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi ikatan atom karbon, untuk mengetahui tingkat keterbasaan sampel.

Pengukuran menggunakan serapan gas N₂ bertujuan untuk mengetahui luas permukaan.

Alat yang digunakan dalam pengujian sampel adalah Quatachrome instrument Vertion 2.2 pada suhu konstan yaitu 77K. Pengujian dilakukan di Laboratorium Universitas Islam Indonesia.

Sifat elektrokimia elektroda dapat diukur dengan menggunakan metode *cyclic voltammetry* (CV) dilakukan di Laboratorium Fisika Material dan Nanoteknologi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau dengan menggunakan alat *physics CV UR Rad-Er 5841* dengan laju scan 1mV/s dan potensial sebesar 0 – 1 V menggunakan sistem dua elektroda dalam larutan H₂SO₄.

Pengukuran kurva Galvanostatik *charge-discharge* dilakukan dalam sistem elektrokimia dengan cara menghitung kapasitansi superkapasitor. Metode Galvanostatik dimulai dengan elektroda direndam larutan elektrolit H₂SO₄ selama 48 jam kemudian dirangkai menjadi rangkaian sel superkapasitor dan diukur menggunakan alat CD UR Red-ER 2018 dengan beda potensial 0 – 1 V. Selanjutnya data yang diperoleh diolah melalui aplikasi sigma plot 12.5.

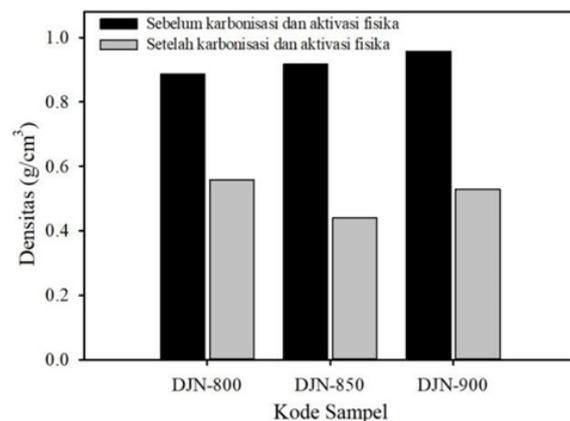
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Sifat Fisis Elektroda Karbon

Analisa Densitas

Gambar 2 menunjukkan adanya penyusutan massa sebelum dan setelah karbonisasi dan aktivasi fisika yang cukup signifikan pada semua sampel. Perubahan densitas dipengaruhi oleh aktivasi kimia, karbonisasi dan aktivasi fisika [13]. Proses karbonisasi dari 30°C hingga 600°C bertujuan untuk mengurangi kandungan volatil dan menghasilkan kandungan karbon yang lebih tinggi [14]. Selain itu, penguapan bahan non karbon menyebabkan pelebaran pori dan menghasilkan pori-pori elektroda. Pori-pori yang terbentuk tidak sempurna pada proses karbonisasi akan diatur kembali pada proses aktivasi fisika menggunakan suhu yang lebih tinggi [15] sehingga densitas mengalami penurunan.

Penyusutan yang terjadi pada elektroda karbon dapat menyebabkan penurunan pada densitas elektroda karbon [16]. Proses aktivasi fisika dilakukan pada suhu 600°C hingga suhu tinggi yang bervariasi antara lain 800°C, 850°C, dan 900°C menggunakan gas CO₂ dengan laju alir 10°C/menit. Proses ini berperan dalam mengembangkan pori yang relatif sempit [10].



Gambar 2. Pola difraksi sinar-X untuk elektroda karbon jeruk nipis.

Penyusutan densitas pada suhu 800°C mengindikasikan mulai terjadinya pembentukan pori pada elektroda karbon. Penambahan suhu aktivasi fisika pada suhu 850°C menyebabkan penyusutan densitas elektroda karbon semakin besar yang mengindikasikan kombinasi pori mikro dan pori makro yang sudah terbentuk yang meningkatkan porositas secara drastis [17]. Setelah penambahan suhu lebih lanjut ke 900°C didapatkan nilai densitas yang lebih besar dari densitas pada suhu 850°C, hal ini dikarenakan pori dan unsur karbon yang telah terbentuk pada suhu 850°C kembali terurai. Selain itu peningkatan pada suhu yang lebih tinggi dapat menyebabkan erosi pada dinding karbon sehingga merusak pori yang terbentuk sebelumnya [18].

Analisa Difraksi Sinar-X

Hasil karakterisasi ini diperoleh data jarak antar lapisan, tinggi, dan lebar sampel dengan menguji pada sudut hamburan 2θ dengan rentang 10° sampai 60°. Sudut difraksi

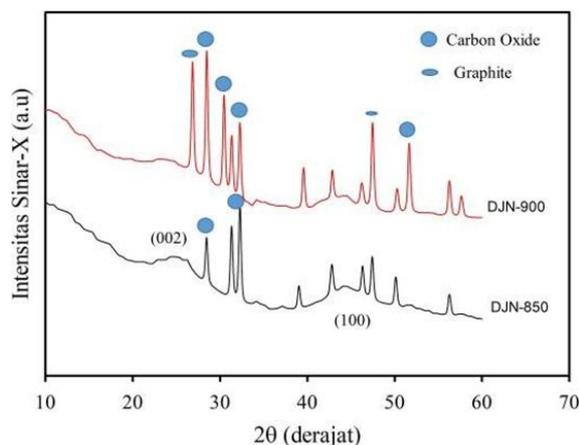
karakteristik 2θ pada bidang refleksi 100 dan 002 dan pengolahan data serta perhitungan dimensi mikrokristalin pada sampel DJN-850

dan DJN-900 dilakukan menggunakan Fitting menggunakan software Microcal Oringin terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data parameter kisis elektroda karbon.

Kode Sampel	$2\theta_{002}$ ($^{\circ}$)	$2\theta_{100}$ ($^{\circ}$)	d_{002} (\AA)	d_{100} (\AA)	L_c (\AA)	L_a (\AA)
DJN-850	22,061	44,087	4,026	2,052	5,687	35,108
DJN-900	25,242	45,326	3,525	1,999	6,559	38,581

Peningkatan suhu aktivasi dari 850°C menjadi 900°C menyebabkan perubahan nilai L_c dan L_a yang menghasilkan perubahan struktur pada sampel. Dimensi mikrokristalin yang dihasilkan berkaitan dengan sifat mikroporositas pada sampel dimana nilai L_c yang rendah akan mempengaruhi luas permukaan sampel. Berdasarkan data yang diperoleh sampel DJN-900 memiliki nilai L_c sebesar $6,559 \text{ \AA}$ dan nilai L_c terendah terdapat pada sampel DJN-850 yakni sebesar $5,687 \text{ \AA}$.



Gambar 3. Pola difraksi sinar-X untuk elektroda karbon jeruk nipis.

Pada Gambar 3 pola menunjukkan puncak landai yang terletak hkl yang berbeda yaitu bidang (002) dan (100). Lebih lanjut Gambar 3 juga mengonfirmasi pada sampel DJN-850 dan DJN-900 terdapat adanya dua puncak landai pada kisaran sudut hamburan antara 22° hingga 25° dan 42° hingga 45° (JCPDS No. 41-1487) yang menunjukkan struktur amorf yang merupakan sifat alami karbon untuk sampel biomassa dengan adanya kristal dalam jumlah yang kecil [19]. Kontribusi struktur kristal dalam jumlah kecil diperoleh dari senyawa

carbon oxide dan graphite pada sampel. Pada DJN-900 ditemukan puncak sedikit menyempit di sudut sekitar 26° yang menunjukkan struktur kristal yang berasal dari graphite [20].

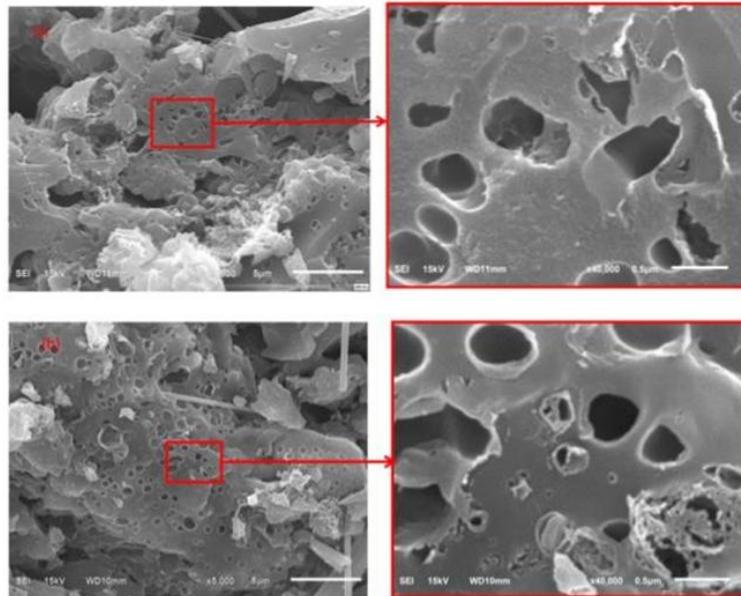
Analisa Mikroskop Pemindai Elektron

Tampilan struktur pori pada sampel terdapat pada Gambar 4. Secara umum morfologi pada semua sampel berbentuk seperti spons dengan sebaran pori dengan ukuran yang beragam dan tidak beraturan. Struktur pori ini terbentuk pada saat aktivasi fisika yang dilakukan pada sampel [13]. Gambar 4 (a) menampilkan morfologi dari sampel DJN-850 dengan perbesaran 5000 kali dan 40.000 kali. Pada perbesaran 5000 kali ditemukan partikel pori makro dengan ukuran berkisar antara $229 - 3039 \text{ nm}$ yang berkontribusi pada difusi ion pada antar muka elektroda atau elektrolit. Selanjutnya pada perbesaran 40.000 kali ditemukan pori dengan struktur hirarki 3 dimensi yang terlihat jelas pada permukaan elektroda karbon. Struktur ini terbentuk dari kombinasi pori mikro dengan ukuran $41 - 57 \text{ nm}$ dan pori mesopori berukuran berkisar antara $52 - 646 \text{ nm}$. Kondisi ini menyebabkan mempercepat difusi ion yang meningkatkan kinerja elektrokimia elektroda sampel DN-850 [21]. Morfologi struktur hirarki yang terbentuk dari senyawa volatil yang menguap dari bahan dasar elektroda karbon [22].

Penambahan suhu aktivasi fisika menjadi 900°C pada sampel DJN-900 menghasilkan struktur pori secara umum tidak jauh berbeda dengan sampel DJN-850. Hal ini terlihat pada Gambar 4 (b) yang menunjukkan tampilan morfologi seperti spoons, namun dengan ukuran pori lebih besar. Pada perbesaran 5000

kali terdapat pori makro yang berukuran cukup besar yakni 392 – 3152 nm. Pori makro yang terbentuk pada sampel berperan sebagai jalur ion-ion elektrolit untuk keluar masuk, namun makropori tidak dapat berkontribusi secara maksimal dalam meningkatkan nilai kapasitansi

spesifik sampel juga didapatkan berukuran 41 – 57 nm dan pori meso 57 – 848 nm. Berdasarkan hasil mikroskop pemindai elektron ini akan dikonfirmasi lebih lanjut pada analisis serapan gas N₂.



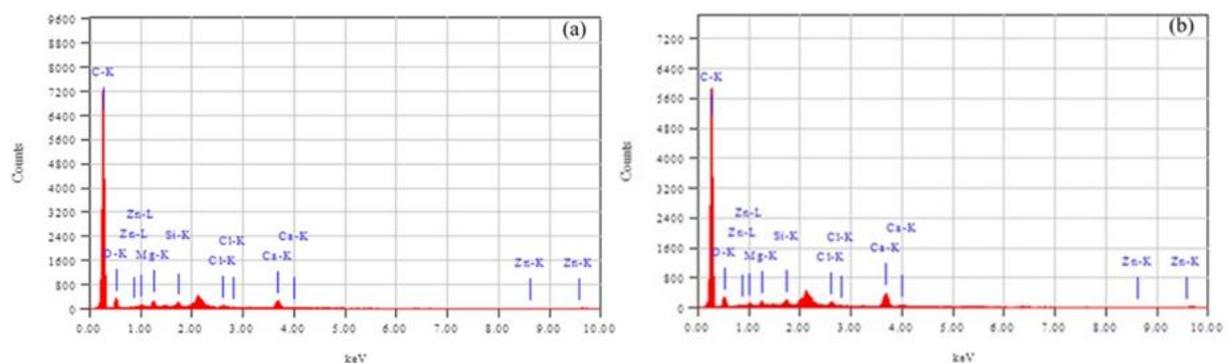
Gambar 4. Pola difraksi sinar-X untuk elektroda karbon jeruk nipis.

Analisa Energi Dispersif Sinar-X

Berdasarkan peningkatan suhu aktivasi fisika pada sampel dari 850°C hingga 900°C pada sampel menunjukkan kehadiran beberapa unsur kandungan seperti Magnesium (Mg), Silika (Si), Klorin (Cl), Kalsium (Ca), seng (Zn) dengan presentase rendah yang dihasilkan dari kandungan bahan dasar dari daun jeruk nipis seperti pada Gambar 5. Selain itu diketahui juga terdapat peningkatan unsur heteroatom (O₂) dan penurunan presentase karbon yang relatif rendah dari 90,25 ke 89,68.

Hasil yang menunjukkan kandungan unsur karbon yang hampir serupa yakni batang pisang 88,76 [10] dan kulit durian 90,68 [23].

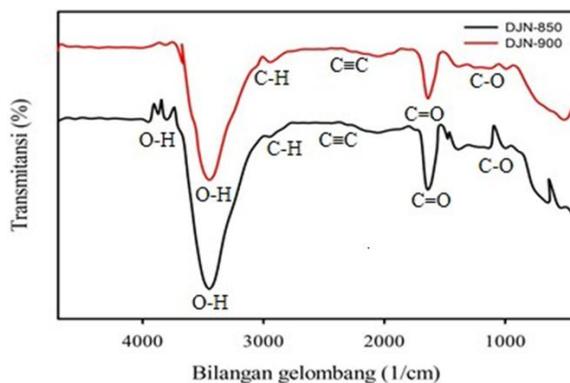
Sebagaimana dikonfirmasi peningkatan unsur karbon dalam sampel dapat meningkatkan sifat elektrokimia yang baik untuk bahan elektroda superkapasitor. Unsur oksigen yang terdapat pada sampel berperan sebagai dopping heteroatom pada elektroda karbon. Pembahasan mengenai perilaku ini akan dibahas lebih lanjut pada analisa sifat elektrokimia selanjutnya.



Gambar 5. Hasil pengujian energi dispersif sinar-X (a) DJN-850 dan (b) DJN-900.

Analisa Spektroskopi Inframerah Fourier

Hasil evaluasi ini dilakukan dengan mengukur puncak serapan pada spektrum dengan rentang panjang gelombang 4500 hingga 450 cm^{-1} . Pada Gambar 6 menampilkan spektrum hasil pengukuran FTIR pada sampel DJN-850 dan DJN-900. Grafik menampilkan visualisasi spektrum sampel DJN-850 dan DJN-900 yang memperlihatkan pola hubungan gelombang dan transmitansi. Hasil dari pengukuran ini diperoleh spektrum sampel yang secara umum menampilkan tren data yang hampir sama, dengan beberapa puncak serapan yang mencirikan suatu ikatan.



Gambar 6. Spektrum pengukuran spektroskopi inframerah fourier DJN-850 dan DJN-900.

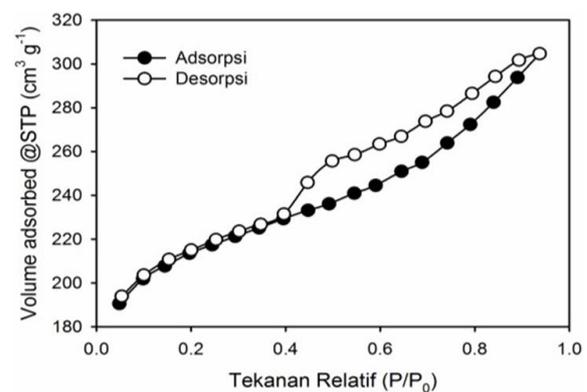
Serapan pada bilangan gelombang 2945,14 cm^{-1} dan 2961,23 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi metil (C-H) [24]. Serapan pada bilangan gelombang 1048,26 cm^{-1} dan 1101,03 cm^{-1} mencirikan gugus fungsi (C-O). Gugus karbonil dan hidroksil ini memiliki sifat polar yang menyebabkan karbon aktif bersifat hidrofilik dan meningkatkan keterbasaan karbon aktif [25]. Serapan berikutnya ditemukan pada rentang panjang bilangan 2400 – 2100 cm^{-1} yang merupakan ciri gugus fungsi alkuna $\text{C}\equiv\text{C}$ dan pada rentang bilangan 1500 – 1680 cm^{-1} mencirikan gugus $\text{C}=\text{C}$ [26].

Pada pola gugus fungsi ini terbentuk dari pelepasan unsur O dan H yang terikat pada unsur C sebelum proses karbonisasi. Ikatan rangkap karbon juga mengindikasikan semakin murninya unsur C yang didapatkan. Penemuan pola gugus fungsi $\text{C}\equiv\text{C}$ yang di peroleh dari

pengukuran spektroskopi inframerah Fourier pada sampel DJN-850 dan DJN-900 telah membuktikan bahwa daun jeruk nipis memiliki kandungan karbon murni yang cukup tinggi.

Analisa Serapan Gas N_2

Pengukuran sampel elektroda karbon aktif melalui adsorpsi dan desorpsi gas N_2 dilakukan untuk mengetahui volume pori (VBH), distribusi ukuran pori (BJH) dan luas permukaan (SBET) berdasarkan banyaknya gas N_2 yang terserap [27]. Gambar 7 mengonfirmasi sampel DJN-850 termasuk karakteristik isotermal tipe IV sesuai dengan klasifikasi International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) [28]. Pada Gambar 7 terlihat terjadi peningkatan besar pada tekanan relatif rendah ($P/P_0 > 0.1$) mengidentifikasi mikroporositas yang tinggi dengan loop histeresis berada pada kisaran tekanan relatif (P/P_0) 0,4 - 0,9 yang menunjukkan bahwa sampel DJN-850 memiliki sebaran partikel mikro-mesoporinamun lebih dominan mesopori [28, 29]. Penggunaan suhu aktivasi fisika 850°C berperan dalam pembentukan pori, volume penyerapan dan luas permukaan yang dihasilkan.



Gambar 7. Kurva serapan gas N_2 karbon aktif DJN-850.

Berdasarkan kurva diketahui beberapa parameter untuk sampel DJN-850 seperti luas permukaan (SBET) sebesar 675,129 m^2/g , luas permukaan mikro (S_{mikro}) 506,498 m^2/g , luas permukaan meso (S_{meso}) 168,631 m^2/g , Volume total sebesar 0,4725, volume mikro (V_{mikro})

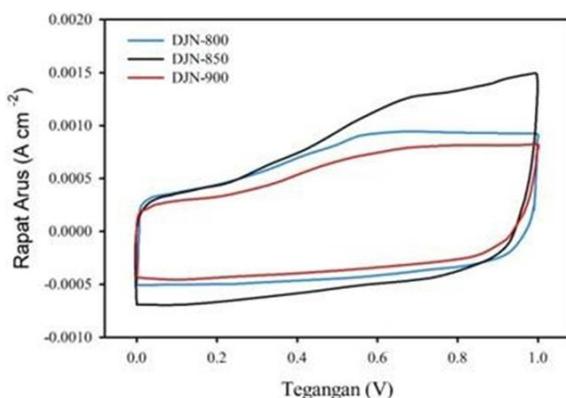
0,2592, volume meso 0,2133, dan pori rata-rata sebesar 1,399 nm. Luas permukaan yang cukup besar ini akan meningkatkan serapan yang dihasilkan yang berpengaruh pada difusi ion.

Analisa Sifat Elektrokimia Elektroda Karbon

Analisa Siklik Voltametri

Kurva yang di hasilkan dalam pengujian siklik voltametri merupakan hubungan dengan rapat arus dan tegangan yang berbentuk seperti persegi panjang tidak sempurna. Luas kurva yang dihasilkan mengindikasikan besarnya nilai kapasitansi spesifik, semakin besar kurva maka nilai kapasitansi spesifik yang di hasilkan semakin besar pula [30].

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat grafik hubungan antara rapat arus dan tegangan pada sampel DJN-800, DJN-850, DJN-900. Bentuk kurva semua sampel memperlihatkan bentuk kurva persegi panjang tidak sempurna dari arus pengisian dan pengosongan elektroda yang menunjukkan tipe ideal superkapasitor elektrokimia lapis ganda listrik untuk elektroda karbon aktif [31].



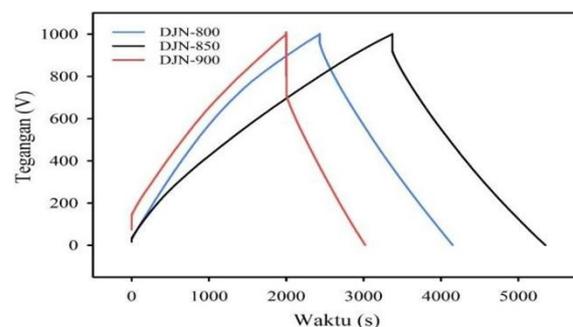
Gambar 8. Kurva siklik voltametri elektroda daun jeruk nipis.

Proses pengisian dan pengosongan elektroda karbon terjadi saat tegan 0 – 1 V. Berdasarkan Gambar 8. menunjukkan sampel DJN-900 memiliki luas kurva terkecil dan DJN-850 memiliki luas kurva terbesar. Lebih lanjut luas kurva mengindikasikan sampel DJN-850 memiliki nilai kapasitansi spesifik tertinggi

yang dipengaruhi oleh ion-ion. Perbedaan kurva siklik voltametri yang terlihat pada sampel DJN-800, DJN-850, dan DJN-900 karena adanya perbedaan struktur pori elektroda karbon.

Analisa Galvanostatik Charge Discharge

Hasil evaluasi pengujian menggunakan alat Galvanostatik pengisian dan pengosongan CD UR Red-ER 2018 dengan arus konstan 1 A. Sifat elektrokimia dari daun jeruk nipis dievaluasi dengan dua elektroda karbon yang direndam larutan elektrolit 1 M H_2SO_4 menampilkan kurva seperti Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Galvanostatik charge discharge elektroda daun jeruk nipis.

Grafik charge discharge elektroda daun jeruk nipis pada arus konstan 1 A dengan laju pemindaian 1 mV/s berupa segitiga sama kaki yang mengindikasikan sifat lapis ganda listrik normal [32]. Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat kurva pengisian dan pengosongan paling lama adalah sampel DJN-850 dibandingkan dengan sampel lainnya. Hal ini sesuai dengan profil sifat lapis ganda listrik normal, serta menunjukkan sampel DJN-850 memiliki nilai kapasitansi maksimum.

KESIMPULAN

Pembuatan elektroda karbon aktif berbahan dasar daun jeruk nipis berhasil dilakukan, dengan aktivator $ZnCl_2$ 0,5 M dan variasi suhu aktivasi fisika untuk aplikasi superkapasitor. Analisis struktur mikrokristalin elektroda karbon menunjukkan struktur amorf elektroda karbon dengan dua puncak lebar pada sudut 2θ sebesar

22° dan 44°. Analisis morfologi permukaan elektroda karbon berbentuk spons dengan ukuran pori di dominasi oleh pori makropori dan mesopori. Hasil analisis energi Dispersif sinar-X menunjukkan sampel memiliki kandungan tertinggi karbon sebesar 90,25 dan magnesium (Mg), silika (Si), klorin (Cl), kalsium(Ca), dan seng (Zn). Analisis luas permukaan dari elektroda karbon DJN-850 menghasilkan luas permukaan sebesar 675,129 m²/g. Hasil dari karakterisasi sifat elektrokimia elektroda sel superkapasitor menggunakan siklik voltametri dan Galvanostatik Charge discharge didapatkan bahwa sampl DJN-850 memiliki nilai kapasitansi spesifik tertinggi sebesar 141,4 F/g dan 189 F/g. Hasil analisis terhadap elektroda karbon melalui sifat fisis dan elektroda karbon menunjukkan bahwa sampel DJN-850 memiliki potensi terbaik dibanding sampel DJN-800 dan DJN-900, sehingga dapat ditarik kesimpulan suhu aktivasi optimum aktivasi fisika dalam pembuatan elektroda karbon untuk aplikasi sel superkapasitor.

REFERENSI

- Hu, C. (2008). *Fluid coke derived activated carbon as electrode material for electrochemical double layer capacitor*. Thesis, University of Toronto.
- Taer, E., Syech, R., & Taslim, R. (2015). Sifat elektrokimia superkapasitor menggunakan metode charge discharge untuk elektroda karbon dari kayu karet. *Respitary University of Riau*.
- Babel, K., & Jurewicz, K. (2004). KOH activated carbon fabrics as supercapacitor material. *J. Phys. Chem. Solids*, **65**(2-3), 275–280.
- Fellman, B. A., Atieh, M., & Wang, E. N. (2010). Carbon-based electric double layer capacitors for water desalination. *Int. Conf. Nanochannels, Microchannels, and Minichannels*, **54501**, 275–279.
- Aripin, H., et al. (2010). Sago waste based activated carbon film as an electrode material for electric double layer capacitor. *Open Mater. Sci. J.*, **4**(1).
- Kharismayanti, A. (2015). *Uji aktivitas antibakteri minyak atsiri daun jeruk nipis (Citrus aurantifolia (Christm. & Panz.) Swingle) terhadap Porphyromonas gingivalis ATCC 33277 secara in vitro*. Skripsi, Universitas Jember.
- Pelczar, M. J., & Chan, E. C. S. (1986). *Basic fundamentals of microbiology 2. Translated by Hadioetomo RS, Imas T, Tjitrosomo SS, Figures SL*. Jakarta: University of Indonesia Publishers. things, 489–522.
- Dongmo, P. J., et al. (2009). Essential oils of Citrus aurantifolia from Cameroon and their antifungal activity against Phaeoramularia angolensis. *African J. Agricultural Res.*, **4**(4), 354–358.
- Arifin, B., & Ibrahim, S. (2018). Struktur, bioaktivitas dan antioksidan flavonoid. *Jurnal Zarah*, **6**(1), 21–29.
- Taer, E., et al. (2018). Production of an activated carbon from a banana stem and its application as electrode materials for supercapacitors. *Int. J. Electrochem. Sci.*, **13** 8428–8439.
- Taer, E., Hasanah, F., & Taslim, R. (2021). Nanofiber-enrich activated carbon coin derived from tofu dregs as electrode materials for supercapacitor. *Commun. Sci. Technol.*, **6**(1), 41–48.
- Taer, E., Naipospos, V. M., & Taslim, R. (2020). Activated carbon monolith derived from coconut husk fiber as electrode material for supercapacitor energy storage. *J. Phys.: Conf. Ser.*, **1655**(1), 012164.
- Miller, E. E., Hua, Y., & Tezel, F. H. (2018). Materials for energy storage: Review of electrode materials and methods of increasing capacitance for supercapacitors. *J. Energy Storage*, **20**, 30–40.
- Qin, C., et al. (2020). Understanding structure-performance correlation of biochar materials in environmental remediation and electrochemical devices. *Chem. Eng. J.*, **382**, 122977.

15. Taer, E., et al. (2020). Porous activated carbon monolith with nanosheet/nanofiber structure derived from the green stem of cassava for supercapacitor application. *Int. J. Energy Res.*, **44**(13), 10192–10205.
16. Farma, R., et al. (2013). Preparation of highly porous binderless activated carbon electrodes from fibres of oil palm empty fruit bunches for application in supercapacitors. *Bioresource Technol.*, **132**, 254–261.
17. Chen, H., et al. (2018). Nitrogen-doped porous carbon using ZnCl₂ as activating agent for high-performance supercapacitor electrode materials. *J. Mater. Sci.*, **53**, 2669–2684.
18. Gao, X., Meng, T., & Zhao, X. (2017). Variations of soil organic carbon following land use change on deep-loess hillslopes in China. *Land Degradation and Development*, **28**(7), 1902–1912.
19. Girgis, B. S., et al. (2007). X-ray diffraction patterns of activated carbons prepared under various conditions. *Carbon Letters*, **8**(2), 95–100.
20. Azizah, U. (2016). *Sintesis grafit terlapisi karbon (Citric acid) dengan variasi komposisi sebagai bahan anoda pada baterai ion lithium*. Doctoral dissertation, UIN Maulana Malik Ibrahim.
21. Long, X., et al. (2020). Electrochemical sensors with antifouling properties for sensitive detection of isoproturon based on glassy carbon electrode modified with nafion membrane. *Int. J. Electrochem. Sci.*, **15**, 4964–4977.
22. Li, Y., Wang, X., & Cao, M. (2018). Three-dimensional porous carbon frameworks derived from mangosteen peel waste as promising materials for CO₂ capture and supercapacitors. *J. CO₂ Utilization*, **27**, 204–216.
23. Kurniawan, et al. (2018). Pengaruh konsentrasi KOH terhadap sifat fisis dan elektrokimia elektroda karbon dari limbah kulit durian sebagai sel superkapasitor. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(1), 62–66.
24. Coates, J. (2000). Interpretation of infrared spectra, a practical approach. *Encyclopedia Analytical Chem.*, 10815–10837.
25. Xia, D., et al. (2019). Direct growth of carbon nanotubes doped with single atomic Fe–N₄ active sites and neighboring graphitic nitrogen for efficient and stable oxygen reduction electrocatalysis. *Adv. Functional Mater.*, **29**(49), 1906174.
26. Dachriyanus, D. (2004). Analisis struktur senyawa organik secara spektroskopi. *LPTIK Universitas Andalas*.
27. Brunauer, S., Emmett, P. H., & Teller, E. (1938). Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.*, **60**(2), 309–319.
28. Sing, K. S. (1985). Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. *Pure Appl. Chem.*, **57**(4), 603–619.
29. Zhang, H., et al. (2018). Dynamic traction of lattice-confined platinum atoms into mesoporous carbon matrix for hydrogen evolution reaction. *Sci. Adv.*, **4**(1), eaao6657.
30. Rawal, S., Joshi, B., & Kumar, Y. (2018). Synthesis and characterization of activated carbon from the biomass of *Saccharum bengalense* for electrochemical supercapacitors. *J. Energy Storage*, **20**, 418–426.
31. Lu, W., et al. (2020). Activated carbon derived from pitaya peel for supercapacitor applications with high capacitance performance. *Mater. Lett.*, **264**, 127339.
32. Ying, Z., et al. (2020). A biomass-derived super-flexible hierarchically porous carbon film electrode prepared via environment-friendly ice-microcrystal pore-forming for supercapacitors. *Chem. Commun.*, **56**(73), 10730–10733.



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

PEMODELAN KECEPATAN ALIRAN DARAH PADA DOMAIN MENYERUPAI PEMBULUH DARAH DENGAN *FEATool MULTIPHYSICS*

Andika Thoibah, Defrianto*, Saktioto

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: defrianto@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Currently, computer-based simulation methods are widely used in blood flow analysis. The application of this method has been widely used in modeling blood vessels. This article presents an example of a simple blood vessel modeling to determine the velocity of blood flow to the viscosity of blood in the blood vessels. The mathematical model of human blood flow through vascular ramifications was studied using finite element analysis (FEA), which is applied to the stable two-dimensional flow of viscous fluids through various shapes. Flow through a two-dimensional model of aortic vessels, capillaries and veins is simulated. The velocity distribution through the blood vessels is calculated. The validity of the calculation method is determined by comparing the numerical results with other results. The implementation of the Navier-Stokes equation in a vascular model using the finite element method shows that the velocity of blood flow depends on the viscosity. The higher the viscosity of the blood, the slower the rate of blood flow in the veins.

Keywords: Navier-Stokes, Finite Element Method, Veins, FEATool.

ABSTRAK

Saat ini, metode simulasi berbasis komputer banyak digunakan dalam analisis aliran darah. Penerapan metode ini telah banyak digunakan dalam pemodelan pembuluh darah. Artikel ini menyajikan contoh pemodelan pembuluh darah sederhana untuk mengetahui kecepatan aliran darah terhadap kekentalan darah pada pembuluh darah. Model matematika aliran darah manusia melalui percabangan pembuluh darah dipelajari menggunakan analisis elemen hingga (finite element analysis, FEA), yang diterapkan pada aliran stabil dua dimensi fluida kental melalui berbagai bentuk. Aliran melalui model dua dimensi dari pembuluh aorta, pembuluh kapiler dan pembuluh vena disimulasikan. Distribusi kecepatan melalui pembuluh darah dihitung. Validitas metode perhitungan ditentukan dengan membandingkan hasil numerik dengan hasil lainnya. Implementasi persamaan Navier-Stokes dalam model vaskular menggunakan metode elemen hingga menunjukkan bahwa kecepatan aliran darah bergantung pada viskositas. Semakin tinggi kekentalan darah, semakin lambat laju aliran darah di pembuluh darah.

Kata kunci: Navier Stokes, Metode Elemen Hingga, Pembuluh Darah, FEATool.

Diterima 15-09-2022 | Disetujui 21-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Di dalam tubuh manusia, darah mengalir keseluruh bagian (organ-organ) tubuh secara terus-menerus untuk menjamin suplai oksigen dan zat-zat nutrisi lainnya agar organ-organ tubuh tetap dapat berfungsi dengan baik. Aliran darah dalam arteri besar didorong oleh jantung, oleh karena itu alirannya berdenyut dan sistem

pembuluh darah sebagai alat pengalir atau pendistribusi [1-3]. Berbagai cara telah dikembangkan untuk analisis pembuluh darah tersebut, salah satunya dengan memodelkan sebuah domain yang menyerupai pembuluh darah dan menganalisisnya dengan metode elemen hingga (*finite element method*, FEM).

FEM adalah metode numerik untuk mendapatkan solusi persamaan differensial,

baik persamaan differensial biasa maupun persamaan differensial parsial [4]. Inti dari metode ini adalah membagi problem yang kompleks (domain) menjadi bagian-bagian kecil atau elemen (diskretisasi) sehingga didapat solusi yang lebih sederhana oleh fungsi interpolasi. Keseluruhan solusi elemen tersebut akan menjadi solusi dari problem [5]. Awalnya FEM digunakan untuk memecahkan persoalan di bidang mekanika benda padat, namun kini FEM merambah ke bidang lain seperti mekanika fluida, dan perpindahan panas elektromagnetik [6,7].

Persamaan Navier-Stokes adalah bentuk differensial dari hukum kedua Newton tentang pergerakan dari suatu fluida. Persamaan ini menyatakan bahwa perubahan dalam momentum partikel-partikel fluida hanya bergantung pada gaya viskos internal dan gaya viskos tekanan eksternal yang bekerja pada fluida [8]. Persamaan Navier-Stokes mengalir dari aliran fluida yang tidak dapat dimampatkan dan dapat dijelaskan oleh:

$$\begin{cases} \rho \left(\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} \right) - \nabla \cdot (\mu (\nabla \mathbf{u} + \nabla \mathbf{u}^T)) + \nabla p = \mathbf{F} \\ \nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

dimana harus diselesaikan untuk medan kecepatan yang tidak diketahui \mathbf{u} dan tekanan p . Dalam persamaan ini ρ mewakili densitas fluida, μ viskositas dinamis, dan \mathbf{F} mewakili gaya tubuh yang bekerja pada fluida [9].

Pemodelan menggunakan *software* FEATool Multiphysics MCR2022a yang dapat menggambarkan pola aliran fluida dengan bentuk domain yang berbeda-beda. Persamaan matematis yang digunakan adalah Persamaan Navier-Stokes 2-dimensi. Keunggulan dari *software* FEATool Multiphysics MCR2022a adalah dapat memodelkan domain dengan FEM dan menampilkan solusinya dalam bentuk mesh lebih cepat dan akurat.

METODE PENELITIAN

FEATool Multiphysics merupakan sebuah *software* analisis elemen hingga (*finite element*

analysis, FEA) lintas *platform*, pemecah dan simulasi multifisika. FEATool multiphysics juga merupakan sebuah *software* simulasi yang bertujuan untuk memodelkan desain, perangkat, dan proses disemua bidang teknik, manufaktur, dan penelitian ilmiah. FEATool multiphysics menyediakan berbagai macam *physics interface* dan dimensi dari 1D sampai 3D.

FEATool multiphysics ini dapat digunakan secara efektif untuk membuat simulasi aliran fluida dengan bentuk domain yang berbeda-beda berdasarkan FEM. Persamaan matematis yang digunakan adalah Persamaan Navier Stokes 2- dimensi. Prosedur yang dilakukan dalam penelitian adalah memecahkan persoalan matematis analitis menjadi komputasi atau numerik dengan menggunakan FEM. Tahap pertama mendesain model fisis yaitu menentukan bentuk, ukuran serta kondisi batas pada domain.

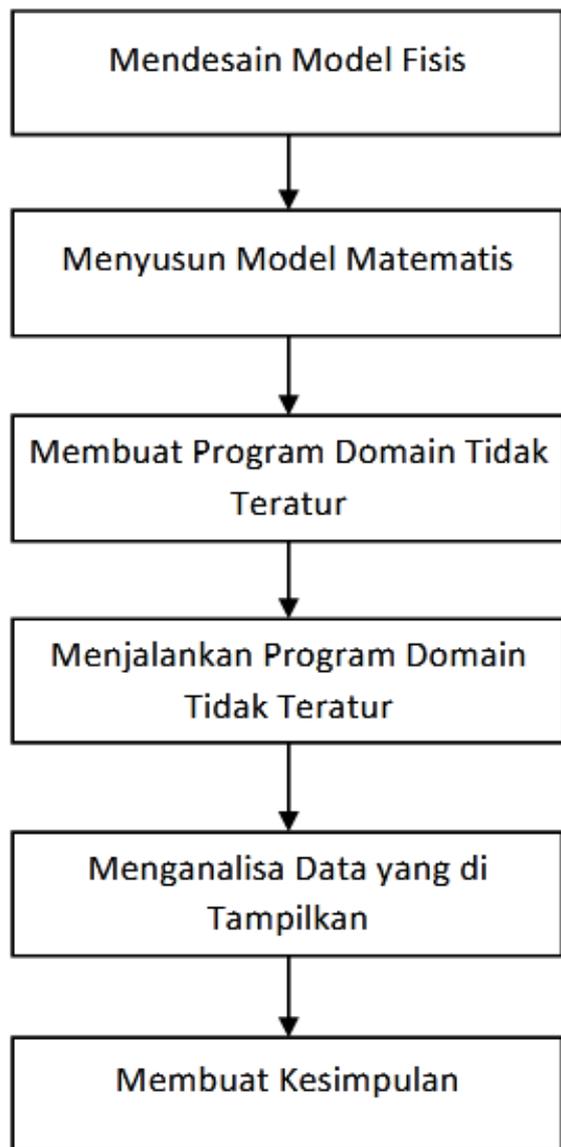
Domain yang dibuat dalam penelitian ini adalah domain tidak teratur berbentuk pembuluh darah. Untuk penelitian ini material yang digunakan berdasarkan data pada laporan penelitian "*Fluid Structure Interaction in a Network of Blood Vessels*" [10] dan model aliran darah dalam pembuluh darah 2D.

Tabel 1. Material properti darah.

Properti	Massa Jenis	Viskositas Dinamik
Variabel	ρ (rho)	μ (mu)
Nilai	1060	4×10^{-3}
Satuan	Kg/m ³	Pa.s

Penelitian ini terdiri dari 7 tahapan seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Mendesain model fisis ini dilakukan sebelum membuat program yaitu menggambar sketsa mentah dari domain yang akan dibuat. Adapun parameter yang ditetapkan adalah berupa bentuk dan ukuran domain. Model domain tidak teratur dibuat menyerupai pembuluh darah yang bercabang. Domain berawal dari arteri di bagian kanan melewati pembuluh kapiler dan menuju vena di bagian kiri dan lebarnya adalah 4–1 mm. Saluran memiliki 3 buah percabangan awal dan 2 percabangan setelahnya yang saling terhubung. Gambar 2 adalah domain tidak

teratur. Domain ini dibuat searah sumbu x dan y positif. Sumbu x positif dimulai dari 0 mm sampai 80 mm dan sementara pada sumbu y adalah -14 mm hingga 30 mm. Domain ini terdiri dari saluran lurus dan beberapa percabangan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Menyusun model matematis dilakukan setelah mendesain model fisis seperti pada Gambar 2. Tahap ini menentukan persamaan matematika serta kondisi batas yang akan digunakan seperti pada Tabel 2.

Domain yang digunakan pada penelitian ini adalah berbentuk pembuluh darah bercabang, sehingga persamaan Navier-Stokes adalah:

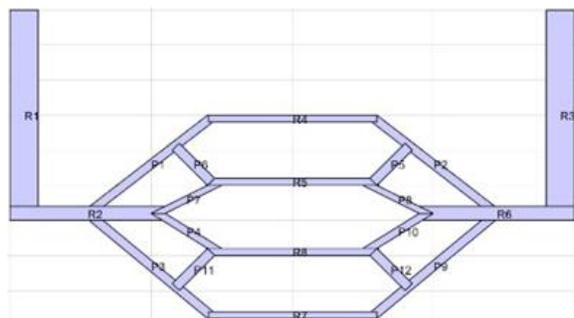
$$\rho(u' + (u \cdot \nabla)u) = -\nabla p + \nabla \cdot (\mu(\nabla u + \nabla u^T)) + F, \nabla \cdot u = 0 \quad (2)$$

Aliran fluida akan masuk melalui sisi sebelah kanan atau arteri keluar dari titik pusat koordinat (inlet) menuju sisi sebelah kanan atau (outlet). Sementara sisi lain diasumsikan sebagai batas dinding atau kondisi batas tanpa selip. Sehingga kondisi batas dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Syarat batas 1: } u = u_0 \quad (3)$$

$$\text{Syarat batas 2: } p = p_0 \quad (4)$$

$$\text{Syarat batas 3: } u = 0 \quad (5)$$



Gambar 2. Tampilan domain tidak teratur.

Tabel 2. Nilai dari variabel kondisi batas.

Properti	Deskripsi	Nilai
u	Dinding pembuluh	0 Pa.s
p_0	Tekanan awal	120 mmHg
u_0	Viskositas awal	4×10^{-3} Pa.s
v_0	Kecepatan awal	$1 \text{ m}^2/\text{s}$

Membuat program domain tidak teratur pada penelitian ini akan dibuat dengan menggunakan *software* FEATool Multiphysics MCR2022a. *Software* tersebut memungkinkan menyelesaikan persamaan Navier-Stokes dengan FEM hanya dengan memasukkan koefisien persamaan dan kondisi batas. Menjalankan program domain tidak teratur pada *Software* FEATool Multiphysics

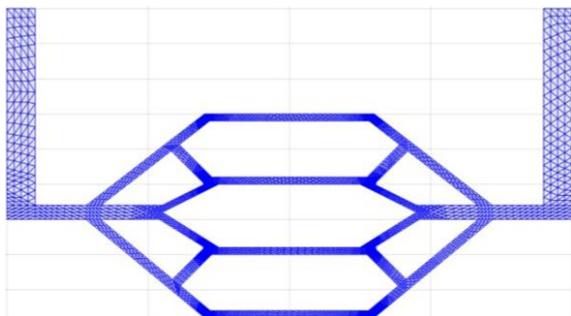
MCR2022a akan menjalankan program secara otomatis dan menampilkan pemodelan dari program. Menganalisa data yang di tampilkan untuk menarik kesimpulan dari penelitian. Pola aliran darah yang dihasilkan pada potensial kecepatan dan kecepatan fluida serta penyebabnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menganalisa aliran fluida domain tidak teratur terdiri dari 3 tahapan yaitu menampilkan domain, menampilkan jaringan atau *mesh* dan menampilkan pemodelan.

Gambar 2 adalah domain tidak teratur. Domain ini dibuat searah sumbu x dan y positif. Sumbu x positif dimulai dari 0 mm sampai 80 mm dan sementara pada sumbu y adalah -14 mm hingga 30 mm. Domain ini terdiri dari saluran lurus dan beberapa percabangan.

Tahap selanjutnya adalah pembentukan *mesh* atau jaringan. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan interpolasi dari masing-masing titik domain. Ukuran dari *mesh* yang akan digunakan adalah 0,237179. Tampilan dari jaringan atau *mesh* ditunjukkan pada Gambar 3.

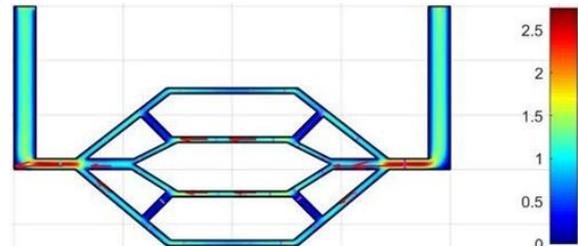


Gambar 3. Tampilan *mesh* pada domain tidak teratur.

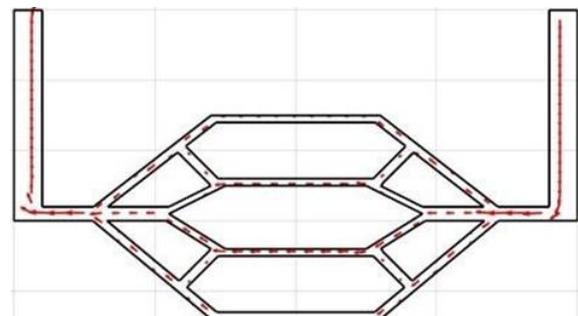
Tampilan pemodelan ditunjukkan pada Gambar 4. Sumbu-x dan sumbu-y merepresentasikan koordinat dalam mm sementara sumbu-z dan gradasi warna pada domain adalah solusi yang didapatkan.

Nilai potensial yang ditunjukkan pada Gambar 4 berubah searah sumbu-x positif kanan dimulai dari $0.142009 \text{ m}^2/\text{s}$ dan berubah semakin besar hingga nilai potensial 2.63728

m^2/s . Tahap selanjutnya adalah mencari nilai gradien potensial seperti pada Gambar 5 sehingga kecepatan pada titik-titik tertentu dapat dimodelkan.



Gambar 4. Tampilan pemodelan potensial dari domain tidak teratur.



Gambar 5. Tampilan distribusi kecepatan.

Di dalam tubuh manusia kekentalan cairan darah dapat bervariasi karena makanan dan banyaknya cairan atau minuman yang dikonsumsi. Ukuran kekentalan dapat diketahui dari nilai koefisien viskositas, semakin tinggi kekentalan maka semakin besar angka koefisien viskositasnya. Oleh karena itu perlu melakukan simulasi dengan memvariasikan koefisien viskositas.

Variasi Koefisien viskositas darah yaitu $1 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$, $1.5 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$, dan $2.00 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$ disimulasikan pada model. Tabel 3 merupakan hasil kecepatan aliran darah pada penampang lintang arteri. Di pembuluh kapiler, dan penampang lintang. Di tengah arteri kecepatannya maksimal, namun semakin kental fluida darah (semakin tinggi viskositasnya) maka kecepatan bagian tengah arteri akan semakin menurun. Untuk viskositas $1 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$, kecepatan maksimal darah yaitu $2.63728 \text{ m}^2/\text{s}$ dari kecepatan darah keluar jantung, adapun untuk viskositas 1.5×10^{-3}

Pa.s dan viskositas 2.00×10^{-3} Pa.s kecepatan maksimalnya berturut-turut adalah 2.62505

m^2/s dan 2.62063 m^2/s dari kecepatan darah keluar jantung.

Tabel 3. Nilai dari variabel kondisi batas.

Viskositas (Pa.s)	$1,0 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$	(x,y)
Kecepatan (m^2/s)	0,142009	0,141952	0,141920	(79,28)
	2,637280	2,625050	2,620630	(70,01)
	1,199030	1,19969	1,200090	(60,08)
	0,864084	0,863587	0,863419	(40,15)
	1,014790	1,013170	1,012490	(16,05)
	2,615550	2,602590	2,597700	(10,01)
	1,222600	1,229110	1,232830	(01,28)

KESIMPULAN

Pemodelan pembuluh darah yang dibuat menggunakan *software* FEATool Multiphysics MCR2022a untuk implementasi model pola aliran darah dengan FEM memperoleh hasil yang mendekati realistis. Hasil implementasi yang dilakukan terhadap pengujian pada 3 bentuk pembuluh darah, yaitu pembuluh darah arteri, pembuluh darah kapiler dan pembuluh darah vena, menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Kecepatan aliran darah pada pembuluh darah sangat berbeda-beda berdasarkan viskositasnya. Berdasarkan hasil pemodelan pembuluh darah dengan viskositas $1,0 \times 10^{-3}$ Pa.s, $1,5 \times 10^{-3}$ Pa.s, dan $2,0 \times 10^{-3}$ Pa.s kecepatan maksimalnya berturut-turut adalah 2,63728 m^2/s , 2,62505 m^2/s , dan 2,62063 m^2/s dari kecepatan keluar dari jantung. Viskositas darah yang tinggi justru akan semakin memperlambat laju aliran darah.

REFERENSI

1. Sa'adah, S. (2018). Sistem peredaran darah manusia. *UIN Sunan Gunung Djati. Bandung*.
2. Meylanda, M. (2021). *Hubungan umur, aktifitas fisik, status merokok, kepatuhan minum obat dan kontrol tekanan darah dengan status hipertensi*. Doctoral Dissertation, Universitas Siliwangi.
3. Rani, D. M., Pranata, L., Anggraini, N. L., Siringoringo, L., Aji, Y. G. T., Rahmi, U., ... & Purba, D. H. (2022). *Anatomi*

fisiologi tubuh manusia. Yayasan Kita Menulis.

4. Asih, T. S. N., Waluya, B., & Supriyono, S. (2018). Perbandingan finite difference method dan finite element method dalam mencari solusi persamaan diferensial parsial. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, **1**, 885–888).
5. Kosasih, P. B. (2012). Teori dan aplikasi metode elemen hingga. *Yogyakarta: Andi Publisher*.
6. Welty, J. R., Wicks, C. E., Wilson, R. E., & Rorrer, G. (2004). Dasar-dasar fenomena transport. *Edisi keempat terjemahan. Penerbit Erlangga. Jakarta*.
7. Setia, B. R. (2022). *Simulasi kerusakan tubrukan pada kapal VLCC (very large crude carrier) terhadap kekuatan membujur= simulation of VLCC (very large crude carrier) collision damage against to the longitudinal strength*. Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin.
8. Tiwow, V. A., & Malago, J. D. (2015). Penerapan persamaan Navier-Stokes untuk kasus aliran fluida laminer pada pipa tidak horizontal. *Jurnal Sains, Matematika, dan Pembelajarannya (SAINSMAT)*, **4**(1), 51–56.
9. Defrianto, D., Saktioto, T., Hikma, N., Soerbakti, Y., Irawan, D., Okfalisa, O., ... & Hanto, D. (2022). External perspective

of lung airflow model through diaphragm breathing sensor using fiber optic elastic belt. *Indian Journal of Pure & Applied Physics (IJPAP)*, **60**(7), 561–566.

10. Multiphysics, C. O. M. S. O. L. (2014). Fluid structure interaction in a network of blood vessels. *Structural mechanics module model library manual*, **1**.



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

STUDI SIFAT OPTIK BERDASARKAN PREKURSOR DALAM SINTESIS ZnO

Viza Novia Putri, Iwantono*, Puji Nurrahmawati, Nashiha Chalvi Syahra
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: iwantono@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

ZnO is a semiconductor material that can be applied for solar cells, biosensors, and electronics. In this study, the synthesis of ZnO was carried out using two precursors, namely zinc acetate dihydrate (ZAD) and zinc nitrate hexahydrate (ZNH). Synthesis of ZnO determine the optical properties based on the precursors. The synthesis of ZnO by hydrothermal method. The results of ZnO were analyzed using UV-Vis spectroscopy characterization. UV-Vis spectroscopy characterization determine for the absorbance and transmittance of the samples. The wavelength range was 200 – 800 nm. The absorbance spectrum shows strong absorption occurs at UV wavelengths. That are effectively applied to solar cells. The highest absorbance was obtained by the ZAD precursor. The transmittance for the ZAD precursor exceeded 8.8% and ZNH precursor it exceeded 19.7% at visible light wavelengths. The band gap energy of ZnO with ZAD precursor and ZNH precursor are 2.85 eV and 2.87 eV. Furthermore, other optical properties have been calculated from absorbance measurements such as the urbach energy.

Keywords: ZnO, Precursor, Optical Properties, Hydrothermal.

ABSTRAK

ZnO merupakan material semikonduktor yang dapat diaplikasikan pada sel surya, biosensor, dan bidang elektronika. Sintesis ZnO pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua prekursor yaitu zinc acetat dihydrate (ZAD) dan zinc nitrate hexahydrate (ZNH). Sintesis ini dilakukan untuk mengetahui sifat optik berdasarkan prekursor. Metode yang digunakan dalam sintesis ZnO yaitu metode hidrotermal. Hasil sintesis dianalisa menggunakan karakterisasi Spektroskopi UV-Vis. Karakterisasi spektroskopi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui absorbansi dan transmitansi dari sampel yang diukur pada rentang panjang gelombang 200 – 800 nm. Spektrum absorbansi memperlihatkan penyerapan kuat terjadi pada panjang gelombang UV yang efektif diaplikasikan untuk sel surya. Absorbansi tertinggi diperoleh oleh prekursor ZAD. Transmitansi untuk prekursor ZAD diatas 8,8%, sedangkan untuk prekursor ZNH di atas 19,7% pada spektrum cahaya tampak. Lebar celah pita energi untuk ZnO dengan prekursor ZAD yaitu 2,85 eV, sedangkan untuk ZnO dengan prekursor ZNH yaitu 2,87 eV. Selanjutnya sifat optik lainnya telah dihitung dari pengukuran absorbansi seperti energi urbach.

Kata kunci: ZnO, Prekursor, Sifat Optik, Hidrotermal.

Diterima 27-09-2022 | Disetujui 10-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Bahan semikonduktor yang banyak digunakan saat ini adalah senyawa semikonduktor oksida logam [1]. Salah satu oksida logam yaitu ZnO sangat menarik karena memiliki potensi aplikasi yang luas. ZnO banyak diaplikasikan pada sel surya, biosensor, bidang elektronika. Senyawa semikonduktor ini telah terbukti sebagai media hamburan yang

baik, mampu menghasilkan penguatan cahaya ultra-violet (UV) [2]. Keunggulan lainnya dari ZnO yaitu memiliki sifat mobilitas elektron tinggi, transparansi yang baik, dan luminisen yang kuat pada suhu ruang [3]. Sintesis dari ZnO dapat dibentuk menjadi beberapa bentuk morfologi nanomaterial, diantaranya ialah *nanowire*, *nanotube*, dan *nanosheet* [4].

Salah satu metode sintesis yang menarik dalam pembuatan ZnO yaitu metode hidrotermal. Metode hidrotermal adalah sintesis yang dilakukan pada pemanasan reaktan dalam wadah tertutup menggunakan medium air yang mengakibatkan suhu dan tekanan meningkat. Proses hidrotermal memiliki beberapa keunggulan dibandingkan proses lainnya seperti penggunaan peralatan sederhana, pertumbuhan bebas katalis, biaya rendah, ramah lingkungan dan kurang berbahaya. Temperatur reaksi yang relatif rendah membuat metode ini menarik untuk mikroelektronika dan elektronik plastik [5].

Prekursor memiliki peran penting dalam proses sintesis. Prekursor adalah senyawa yang berpartisipasi dalam reaksi kimia yang menghasilkan senyawa lain. Variasi prekursor yang berbeda akan mempengaruhi sifat optik dan morfologi dari ZnO [6]. Beberapa penelitian telah menggunakan *zinc acetat didhydrate* (ZAD) dan *zinc nitrate hexahydrate* (ZNH) sebagai prekursor dalam sintesis ZnO dan diperoleh hasil yang cukup baik. Berdasarkan beberapa hal yang dikemukakan, maka pada penelitian ini akan disintesis ZnO menggunakan metode hidrotermal dengan variasi prekursor ZAD dan ZNH untuk mengetahui sifat optik pengaruh perbedaan prekursor dalam sintesis ZnO.

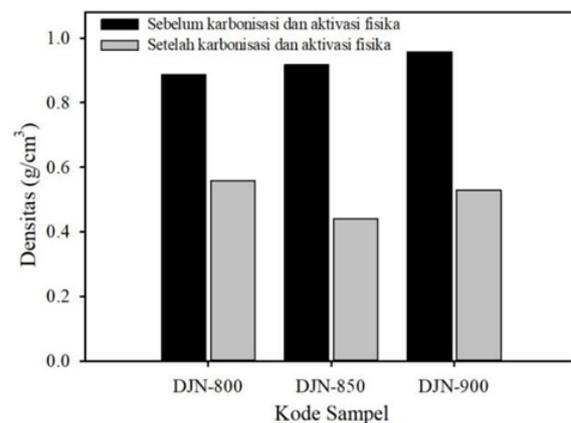
METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan persiapan alat dan bahan yang digunakan dan dilanjutkan dengan proses sintesis. Tahap pertama dalam mensintesis ZnO dengan prekursor ZAD dilakukan dengan cara membuat larutan 0,1 M $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dengan campuran metanol. Pada tahap kedua, membuat larutan 0,3 M NaOH dengan pelarut metanol sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Selanjutnya pada tahap ketiga, pada larutan ZAD ditambahkan tetes demi tetes larutan NaOH untuk memperoleh nilai pH reaktan antara 8 dan 11, sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dan dipanaskan pada suhu 150°C selama 6 jam. Kemudian larutan ZnO

diannealing menggunakan oven selama 2 jam dengan suhu 100°C. Produk yang dihasilkan berupa padatan putih. Produk yang mengendap dicuci, disaring dan kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam.

Proses sintesis ZnO menggunakan prekursor ZNH dibuat dengan membuat larutan 0,5 M $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan pelarut air suling sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Sementara itu, larutan 5 M NaOH dibuat dengan mencampurkan dengan air suling. Larutan NaOH ditambahkan tetes demi tetes ke larutan sebelumnya dengan pengadukan terus menerus sampai pH reaktan menjadi 12. Selanjutnya larutan ZnO yang telah terbentuk diannealing menggunakan oven pada suhu 100°C selama 2 jam. Larutan yang dihasilkan dibilas, kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan spektroskopi UV-Vis.

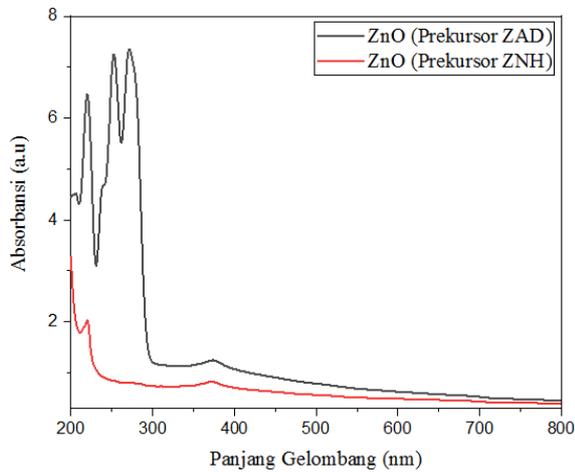
HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Pola difraksi sinar-X untuk elektroda karbon jeruk nipis.

Spektrum absorpsi sampel hasil dari karakterisasi spektroskopi UV-Vis ditampilkan dalam bentuk grafik absorbansi sebagai fungsi dari panjang gelombang. Gambar 1 memperlihatkan kurva absorbansi dari ZnO dengan prekursor ZAD dan prekursor ZNH. Pada gambar tersebut diperlihatkan penyerapan kuat ZnO dengan prekursor ZAD terjadi pada rentang panjang gelombang 200 – 272 nm, sedangkan untuk sampel ZnO dengan prekursor

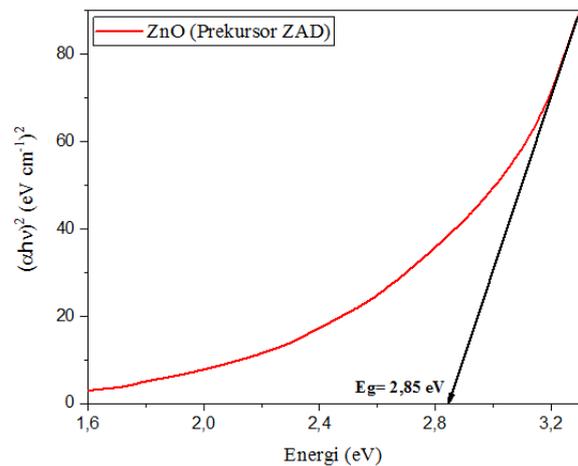
ZNH terjadi pada rentang panjang gelombang 200 – 220 nm. Penyerapan lemahnya terjadi pada panjang gelombang cahaya tampak. Karakteristik spektrum penyerapan UV-Vis untuk nanomaterial ZnO berada pada rentang panjang gelombang 200 – 400 nm dengan struktur heksagonal, sehingga dapat dikatakan ZnO dengan menggunakan dua prekursor yang berbeda telah terbentuk [7]. Gambar 1 juga menunjukkan tingkat penyerapan sampel untuk ZnO (prekursor ZAD) dan ZnO (prekursor ZNH) adalah 7,33 a.u dan 3,29 a.u. Variasi puncak serapan UV-Vis di antara nanomaterial ZnO disebabkan oleh perbedaan ukuran dan bentuknya, yang diakibatkan oleh variasi prekursor [8].



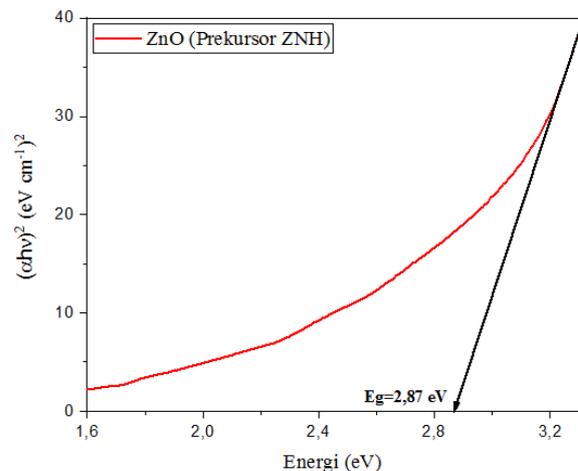
Gambar 1. Grafik spektrum absorbansi UV-Vis ZnO dengan prekursor ZAD dan ZnO dengan prekursor ZNH.

Energi gap dari penyerapan sampel ditentukan dengan mentransformasikan grafik absorbansi menjadi grafik $(\alpha h\nu)^2$ sebagai fungsi dari energi gap. Transformasi tersebut dilakukan menggunakan persamaan Tauc, kemudian nilai energi gap dapat ditentukan dengan teknik ekstrapolasi yaitu garis lurus ke sumbu-x [9]. Nilai energi gap menunjukkan pergerakan elektron dalam melintasi pita valensi menuju pita konduksi. Apabila energi gap kecil elektron akan mudah tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan grafik ekstrapolasi hasil transformasi linear $(\alpha h\nu)^2$ vs $(h\nu)$ untuk sampel ZnO dengan prekursor yang berbeda.

Perbedaan nilai energi band gap yang dihasilkan dari prekursor yaitu sebesar 2,85 eV prekursor ZAD dan 2,87 eV prekursor ZNH. Nilai energi band gap yang berbeda dari nilai bulk ZnO (3,37 eV) dipengaruhi oleh waktu dan suhu reaksi. Pergeseran biru ini dapat dikaitkan dengan efek kurungan kuantum dalam sampel seng oksida [10]. Selain itu, hal tersebut mungkin juga disebabkan adanya gugus hidroksil (-OH) yang teradsorpsi pada permukaan nanomaterial ZnO dan dapat mengurangi energi celah pita [11]. Berdasarkan energi band gap yang diperoleh menandakan bahwa nanomaterial ZnO telah terbentuk [12]. Tabel 1 memperlihatkan nilai energi gap untuk sampel ZnO (prekursor ZAD) dan ZnO (prekursor ZNH).



Gambar 2. Energi band gap ZnO dari Prekursor ZAD.

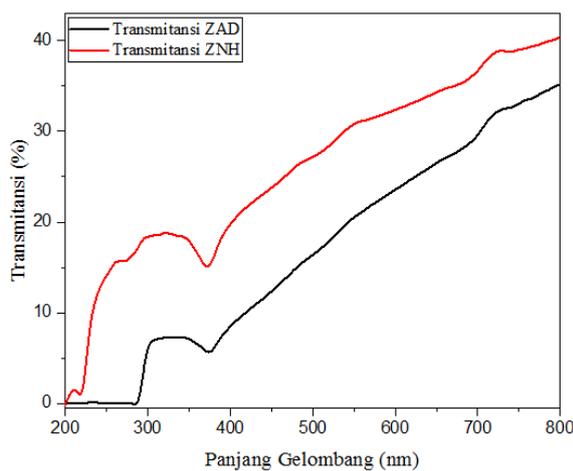


Gambar 3. Energi band gap ZnO dari Prekursor ZNH.

Tabel 1. Energi gap ZnO dengan menggunakan dua prekursor yang berbeda.

Sampel	Energi gap (eV)
ZnO (Prekursor ZAD)	2,85 eV
ZnO (Prekursor ZNH)	2,87 eV

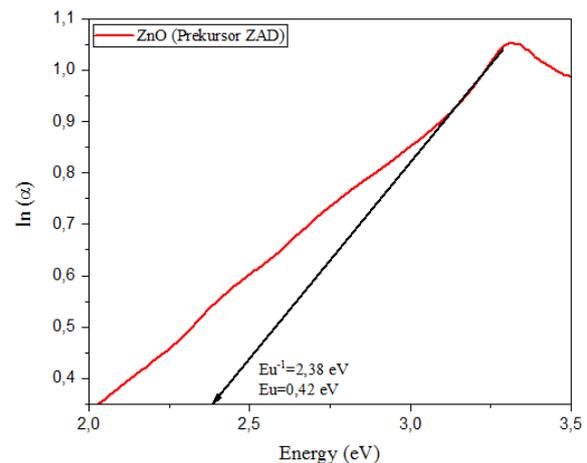
Gambar 4 menunjukkan transmitansi yang meningkatnya seiring dengan panjang gelombang yang meningkat. Terlihat bahwa ZnO dengan kedua prekursor memiliki pola yang meningkat dengan tajam. Peningkatan tajam terjadi pada panjang gelombang 400 – 800 nm. Transmitansi untuk prekursor ZAD di atas 8,8% pada panjang gelombang tampak, sedangkan untuk prekursor ZNH di atas 19,7% pada panjang gelombang cahaya tampak. Nilai presentase transmitansi tinggi, berarti permukaan akan memungkinkan lebih banyak cahaya untuk lewat. Demikian pula, jika nilai persentase transmitansi rendah, berarti permukaan menyerap lebih banyak cahaya. Nilai transmitansi ZnO (prekursor ZNH) lebih tinggi dibandingkan ZnO (prekursor ZAD) dikarenakan absorpsi yang lebih rendah terjadi pada ZnO (prekursor ZNH) yang disebabkan oleh lebih banyaknya cahaya yang dilewati dibandingkan diserap.



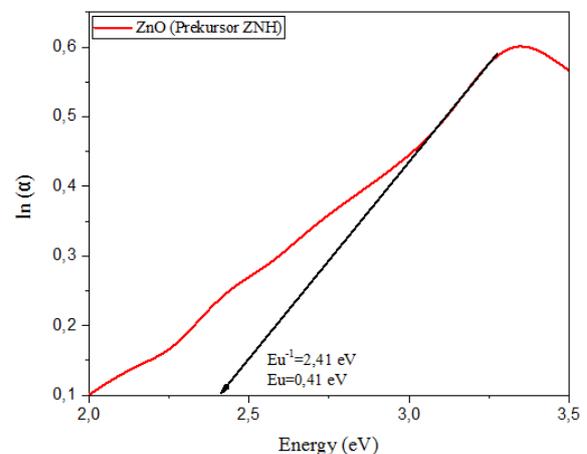
Gambar 4. Grafik spektrum transmitansi UV-Vis ZnO dengan prekursor ZAD dan ZnO dengan prekursor ZNH.

Spektrum absorptansi dapat digunakan untuk menghitung energi urbach dari ZnO yang merupakan salah satu parameter sifat optik lainnya. Nilai energi urbach diperoleh dari

mentransformasikan grafik absorptansi menjadi grafik $\ln(\alpha)$ sebagai fungsi dari energi (eV). Selanjutnya mengambil kebalikan dari kemiringan grafik. Energi urbach dari ZnO (prekursor ZAD) yaitu 0,42 eV, sedangkan energi urbach dari ZnO (prekursor ZNH) yaitu 0,41 eV. Hasil ini mendekati hasil yang diperoleh oleh F. Khamis *et al.* (2020) yaitu sebesar 0,38eV [13]. Nilai energi urbach berbanding terbalik dengan energi gap, yang berarti bahwa sampel yang memiliki celah pita yang lebih sempit memiliki ekor pita yang lebih lebar [14]. Oleh karena itu energi urbach dari ZnO (prekursor ZAD) lebih besar dari ZnO (prekursor ZNH) dikarenakan celah pita ZnO (prekursor ZAD) lebih sempit dibandingkan dengan ZnO (prekursor ZNH). Energi urbach yang lebih tinggi menunjukkan ketidakteraturan tinggi keadaan fonon.



Gambar 5. Energi urbach dari ZnO (prekursor ZAD).



Gambar 6. Energi urbach dari ZnO (prekursor ZNH).

KESIMPULAN

Spektrum absorpsi UV-Vis menunjukkan penyerapan kuat terjadi pada panjang gelombang UV. Puncak penyerapan ZnO dengan prekursor ZAD terjadi pada rentang panjang gelombang 200 – 272 nm, sedangkan untuk ZnO dengan prekursor ZNH terjadi pada rentang panjang gelombang 200 – 220 nm. Selain itu, absorpsi tertinggi dihasilkan oleh ZnO (prekursor ZAD). Energi gap dari ZnO (prekursor ZAD) sebesar 2,85 eV, sedangkan energi gap dari ZnO (prekursor ZNH) sebesar 2,87 eV. Transmittansi untuk prekursor ZAD melebihi 8,8%, sedangkan untuk prekursor ZNH melebihi 19,7% pada panjang gelombang cahaya tampak. Energi urbach dari ZnO (prekursor ZAD) sebesar 0,42 eV, sedangkan energi urbach dari ZnO (prekursor ZNH) sebesar 0,41 eV.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada *Asian Development Bank (ADB)* melalui proyek *Advanced Knowledge and Skills for Sustainable Growth in Indonesia (AKSI)* UNRI yang menyediakan dana Program Riset Penelitian Mahasiswa Tahun Anggaran 2022.

REFERENSI

1. Wardhana, R. K., Kharisma, H. H. D., Mardiah, A., & Siswoyo, E. (2019). Sintesis biosemikonduktor menggunakan serat nata de cassava dari limbah cair tapioka. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, **11**(2), 143–154.
2. Fan, H., & Zhu, X. (2017). Effect of ZnO-processing methods on device performance and stability of effective inverted solar cells. *Applied Physics Letters*, **111**(3), 1–5.
3. Wang, X., Song, J., Wang, Z. L., & Wang, Z. L. (2007). Nanowire and nanobelt arrays of zinc oxide from synthesis to properties and to novel devices. *Journal of Materials Chemistry*, **17**(8), 711–720.
4. Iwantono, Anggelina, F., Pajrin, E., Umar, A. A., & Awitdrus. (2016). Penumbuhan nanostruktur ZnO yang di-doping boron (B) menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu annealing dan efeknya pada performansi DSSC. *Prosiding SEMIRATA Bidang MIPA*, BKS-PTN Barat, Palembang, 22-24 Mei 2016, 1073–1077.
5. Lee, C. Y., Tseng, T. Y., Li, S. Y., & Lin, P. (2006). Effect of phosphorus dopant on photoluminescence and field-emission characteristics of $Mg_{0.1}Zn_{0.9}O$ nanowires. *Journal of Applied Physics*, **99**(2), 1–6.
6. Ghassan, A. A., Mijan, N. A., & Taufiq-Yap, Y. H. (2019). Nanomaterials: An overview of nanorods synthesis and optimization. *Nanorods and nanocomposites*, **11**(11), 8–33.
7. Irannejad, A., Janghorban, K., Tan, O. K., Huang, H., Lim, C. K., Tan, P. Y., Fang, X., Chua, C. S., Maleksaeedi, S., Hejazi, S. M. H., Shahjamali, M. M., & Ghaffari, M. (2011). Effect of the TiO_2 shell thickness on the dye-sensitized solar cells with ZnO- TiO_2 core-shell nanorod electrodes. *Electrochimica Acta*, **58**(1), 19–24.
8. Getie, S., Belay, A., Chandra Reddy, A. R., & Belay, Z. (2017). Synthesis and characterizations of zinc oxide nanoparticles for antibacterial applications. *Journal of Nanomedicine and Nanotechnology*, **8**(4), 1–8.
9. Tauc, J., Grigorovici, R., & Vancu, A. (1966). Optical properties and electronic structure of amorphous germanium. *Physica Status Solidi (B)*, **15**(2), 627–637.
10. Wasly, H. S., Abd El-Sadek, M. S., & Henini, M. (2018). Influence of reaction time and synthesis temperature on the physical properties of ZnO nanoparticles synthesized by the hydrothermal method. *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, **124**(76), 1–12.
11. Subalakshmi, K., Senthilselvan, J., Kumar, K. A., Kumar, S. A., & Pandurangan, A. (2017). Solvothermal synthesis of

- hexagonal pyramidal and bifrustum shaped ZnO nanocrystals: natural betacyanin dye and organic Eosin Y dye sensitized DSSC efficiency, electron transport, recombination dynamics and solar photodegradation investigations. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, **28**, 15565–15595.
12. Mazhdi, M., & Tafreshi, M. J. (2018). The effects of gadolinium doping on the structural, morphological, optical, and photoluminescence properties of zinc oxide nanoparticles prepared by co-precipitation method. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, **124**(12), 1–8.
 13. Khamis, F., Zaggout, F. N., & Degig, N. M. (2020). Optical properties of pure zinc oxide thin films prepared by sol-gel method. *Al-satil*, **14**(22), 15–27.
 14. Anyaegbunam, F. N. C., Augustine, C. (2018). A study of optical band gap and associated urbach energy tail of chemically deposited metal oxides binary thin films. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, **13**(3), 847–856.



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

ANALISIS PREDIKSI CURAH HUJAN MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION* DI KABUPATEN MUARO JAMBI

Rustan, Tika Restianingsih*, Ester Kristianti

Program Studi Fisika FST Universitas Jambi

*E-mail korespondensi: tika.restianingsih@unja.ac.id

ABSTRACT

Rainfall is one of the important natural factors influencing flood and drought conditions, and directly affects regional water resources and agricultural production. In general, weather conditions in a place and time tend to vary, so information about weather conditions is needed through rainfall predictions. The prediction method used is the backpropagation artificial neural network (ANN) method which is arranged according to the learning algorithm that will be used. This study uses four stages, namely data collection, data preprocessing, data processing, and research data analysis. The secondary data used is rainfall from 2014-2022 in Muaro Jambi Regency. Based on the results of testing the number of neurons in the hidden layer, it shows that the more the number of neurons, the higher the error value generated. This is because the training function used is saturated. Where the training function used has parameters that can increase and decrease the value of the learning rate. Next, compare the predictions for 2022 between BMKG data and predictions for ANN backpropagation. Based on the analysis of predictions for 2022 for rainfall and humidity, an average accuracy of 97.82% is obtained. This shows that the result of the ANN method is quite good in predicting rainfall.

Keywords: Prediction, Rainfall, Artificial Neural Network, Backpropagation.

ABSTRAK

Curah hujan merupakan salah satu faktor alam penting yang mempengaruhi kondisi banjir dan kekeringan, dan secara langsung mempengaruhi sumber daya air regional dan produksi pertanian. Pada umumnya kondisi cuaca disuatu tempat dan waktu cenderung berbeda-beda, sehingga diperlukan informasi tentang kondisi cuaca melalui prediksi curah hujan. Metode prediksi yang digunakan yaitu metode jaringan saraf tiruan (JST) backpropagation yang disusun sesuai algoritma pembelajaran yang akan digunakan. Penelitian ini menggunakan empat tahapan, yaitu pengumpulan data, preproses data, pengolahan data, dan analisis data penelitian. Data sekunder yang digunakan yaitu curah hujan dari tahun 2014-2022 di Kabupaten Muaro Jambi. Berdasarkan hasil pengujian jumlah neuron pada lapisan tersembunyi memperlihatkan bahwa semakin banyak jumlah neuron, maka nilai error yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan fungsi pelatihan yang digunakan mengalami saturasi. Dimana fungsi pelatihan yang digunakan terdapat parameter yang dapat memperbesar dan memperkecil nilai learning rate. Selanjutnya membandingkan bagaimana hasil prediksi tahun 2022 antara data BMKG dengan prediksi JST backpropagation. Berdasarkan analisis prediksi tahun 2022 untuk curah hujan dan kelembapan udara didapatkan akurasi rata-rata sebesar 97,82%. Hal ini menunjukkan hasil metode JST cukup baik dalam memprediksi curah hujan.

Kata kunci: Prediksi, Curah Hujan, Jaringan Saraf Tiruan, Propagasi Balik.

Diterima 13-10-2022 | Disetujui 06-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Penelitian untuk mengkaji perubahan iklim dan dampaknya yang ditimbulkan seperti pemanasan muka air laut dan cuaca ekstrim

perlu mendapat perhatian khusus. Berdasarkan dari banyak penelitian, suhu, kelembaban relatif, dan variabilitas curah hujan merupakan parameter iklim dominan yang berdampak pada

perubahan iklim [1-3]. Suhu berperan penting menentukan tingkat penguapan dan transpirasi yang secara tidak langsung mempengaruhi jumlah ketersediaan air permukaan di bumi [4]. Kelembaban udara berpengaruh pada dinamika penularan penyakit menular seperti demam berdarah dengue dan pertumbuhan tanaman [5]. Di sisi lain, curah hujan adalah yang paling faktor alam penting yang mempengaruhi kondisi banjir dan kekeringan, dan secara langsung mempengaruhi sumber daya air regional dan produksi pertanian [6]. Namun, informasi mengenai pola iklim berdasarkan parameter tersebut masih belum terlalu banyak dan sangat penting karena dapat digunakan untuk memprediksi kecenderungan perubahan iklim di tahun mendatang serta bisa menjadi bahan analisis dampak yang akan dihasilkan untuk berbagai aspek. Pada umumnya kondisi cuaca disuatu tempat dan waktu cenderung berbeda-beda, sehingga diperlukan informasi kondisi cuaca melalui prediksi curah hujan.

Prediksi cuaca dapat dikatakan sebagai suatu proses untuk memperkirakan kondisi atmosfer bumi dengan menerapkan ilmu dan teknologi dalam acuannya [7]. Prediksi cuaca yang akan dilakukan mencakup ruang lingkup yang lebih spesifik, yaitu curah hujan. Parameter curah hujan memiliki kaitan yang erat, biasanya jika curah hujan meningkat maka kelembapan udara meningkat juga dan sebaliknya. Kegiatan memprediksi curah hujan digunakan untuk pencegahan bencana alam sehingga dapat meminimalkan dampak yang akan terjadi.

Untuk prediksi curah hujan dapat menggunakan beberapa metode antara lain metode Arima [8], metode *bayesian networks*, metode *polygon thiessen* [9], metode model vektor autoregressive [10], metode *normal ratio*, metode *inversed square distance*, metode rata-rata aljabar [11], metode *Kalman filter* [12], metode *fuzzy time series* [13], metode regresi linier [14], dan metode jaringan saraf tiruan (JST) [15]. JST merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang dirancang untuk meniru cara kerja otak manusia dengan mengubah bobot sinapsisnya. Pemecahan masalah yang dilakukan metode ini seperti

pemodelan data melalui pengenalan pola yang diproses dari pembelajaran sebelumnya [15]. Kelebihan JST ini tidak perlu adanya asumsi bahwa data harus berdistribusi multivariat normal [16]. Selain itu, dapat digunakan untuk memecahkan masalah peramalan dalam jangka waktu yang cukup panjang dengan tingkat akurasi yang semakin tinggi [17].

JST memiliki beberapa jenis metode dalam proses pembelajaran sistemnya. Menurut Simbolon *et al.* (2019) jenis metode pembelajaran JST antara lain metode Hebb, metode perceptron, metode Adaline, metode *radial basis* dan metode *backpropagation* atau metode propagasi balik [16]. Metode yang tepat untuk prediksi curah hujan dan kelembapan udara digunakan adalah *backpropagation*. Hal itu dikarenakan metode *backpropagation* dapat memperkecil nilai error dengan menyesuaikan nilai bobotnya. Penyesuaian bobot dilakukan dengan cara mengubah bobot yang terhubung dengan lapisan tersembunyinya. Algoritma pembelajaran ini dapat menyelesaikan permasalahan data deret berkala linear atau non linear dengan baik. Kemampuan JST *backpropagation* dipengaruhi oleh jumlah epoch, nilai *error goal*, dan arsitektur jaringan.

Penelitian sebelumnya Chaniago *et al.* (2014) prediksi cuaca menggunakan metode Case Based Reasoning dan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System dengan membagi data cuaca per musim dan hasil minor dari data sebelumnya dinyatakan tidak akurat [7]. Penelitian terkait Oktaviani dan Afdal (2013) melakukan prediksi curah hujan bulanan di Kota Padang menggunakan JST *backpropagation* menyatakan bahwa jaringan mengenali pola sebesar 93,0% [18]. Muflih *et al.* (2019) melakukan prediksi curah hujan di wilayah Kabupaten Wonosobo menggunakan metode JST *backpropagation* menghasilkan keluaran prediksi dan nilai akurasi yang baik [19]. Firdausa (2020) melakukan analisis prediksi curah hujan bulanan menggunakan metode JST *backpropagation* di Kota Palembang menghasilkan nilai *error* yang kecil [20]. Untuk mendapatkan nilai *error* yang kecil

dilakukan proses pelatihan berulang dan menyesuaikan fungsi aktivasi yang digunakan.

Jangkauan daerah yang spesifik untuk penelitian ini adalah Kabupaten Muaro Jambi. Kabupaten Muaro Jambi merupakan salah satu daerah yang terletak Provinsi Jambi. Dalam prediksi curah hujan diperlukan dalam teknik perencanaan pembangunan seperti bangunan air (irigasi, bendungan, dan drainase perkotaan) dan bangunan perumahan. Berdasarkan BPS Kabupaten Muaro Jambi (2022) setiap tahun mengalami pertumbuhan penduduk, sehingga menyebabkan bertambahnya pembangunan baik pembangunan yang dilakukan pemerintah dalam rangka pemerataan pembangunan daerah maupun pembangunan yang dilakukan masyarakat sendiri secara pribadi. Selain itu, Kabupaten Muaro Jambi juga menjadi lalu lintas perjalanan darat antar provinsi. Jadi pentingnya melakukan prediksi curah hujan di Kabupaten Muaro Jambi untuk mengurangi resiko yang terjadi kedepannya.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan berupa metode JST *backpropagation* yang disusun sesuai algoritma pembelajaran yang akan digunakan. Penelitian ini menggunakan empat tahapan, yaitu pengumpulan data, preproses data, pengolahan data, dan analisis data penelitian.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu data sekunder. Data sekunder didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) lebih tepatnya pada BMKG Stasiun Klimatologi Muaro Jambi. Data sekunder yang digunakan yaitu curah hujan dari tahun 2014-2022 di Kabupaten Muaro Jambi.

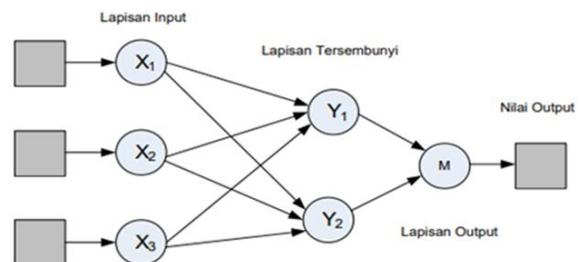
Preproses Data

Data pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu data pelatihan, data pengujian dan data tersebut ditentukan masing-masing target latih.

Pertama jumlah data curah hujan 8 tahun (2014-2021) mempunyai data pelatihan dengan tahun 2014-2020 dan data pengujian dengan tahun 2021. Kedua jumlah data curah hujan 4 tahun (2018-2021) mempunyai data pelatihan dengan tahun 2018-2020 dan data pengujian dengan tahun 2021. Pemisahan data berupa 70% untuk data latih dan 30% untuk data uji [21].

Pengolahan Data

Pada pengolahan data dilakukan empat tahapan yang diperlukan, yaitu arsitektur, pelatihan, pengujian, dan prediksi. Arsitektur JST *backpropagation* yang digunakan adalah arsitektur layer jamak yang terdiri dari *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*.



Gambar 1. Arsitektur JST penelitian.

Lapisan input dapat dimasukkan data penelitian (curah hujan). Jumlah neuron pada lapisan tersembunyi ditentukan secara acak. Penggunaan fungsi aktivasi dan fungsi pelatihan disesuaikan sedemikian rupa untuk memperoleh kesalahan yang kecil. Kemudian lapisan keluaran digunakan sebagai jalannya hasil jaringan sebelum keluarnya nilai prediksi.

Pada penelitian ini variasi jumlah neuron pada satu lapisan tersembunyi bernilai 50, 100, dan 150. Informasi mengenai banyaknya neuron dalam lapisan tersembunyi yang paling optimal kinerjanya akan ditentukan.

Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk menganalisis hasil prediksi curah hujan tahun 2022 yang terbaik. Pada pengolahan data pengujian dapat dilihat dari menentukan nilai persentase kesalahan. Data hasil proses pengolahan

dilakukan analisis pengukuran ketepatan model prediksi [22]. Menurut Sun *et al.* 2020 perhitungan nilai persentase error dihitung dengan Persamaan (1) berikut [23]:

$$\%error = \left| \frac{x_{real} - x_{prediksi}}{x_{real}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

dimana x_{real} menyatakan nilai sebenarnya atau data BMKG dan $x_{prediksi}$ menyatakan nilai hasil prediksi. Akurasi adalah ukuran yang menentukan tingkat kemiripan dari hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya. Akurasi dimana melakukan perbandingan kasus yang diidentifikasi benar dengan jumlah semua kasus. Persamaan akurasi dapat dinyatakan dengan Persamaan (2) berikut [24]:

$$akurasi = 100\% - \%error \quad (2)$$

dimana $\%error$ adalah nilai persentase error. Jika nilai persentase kesalahan semakin kecil semakin bagus jaringan mengenali pola data.

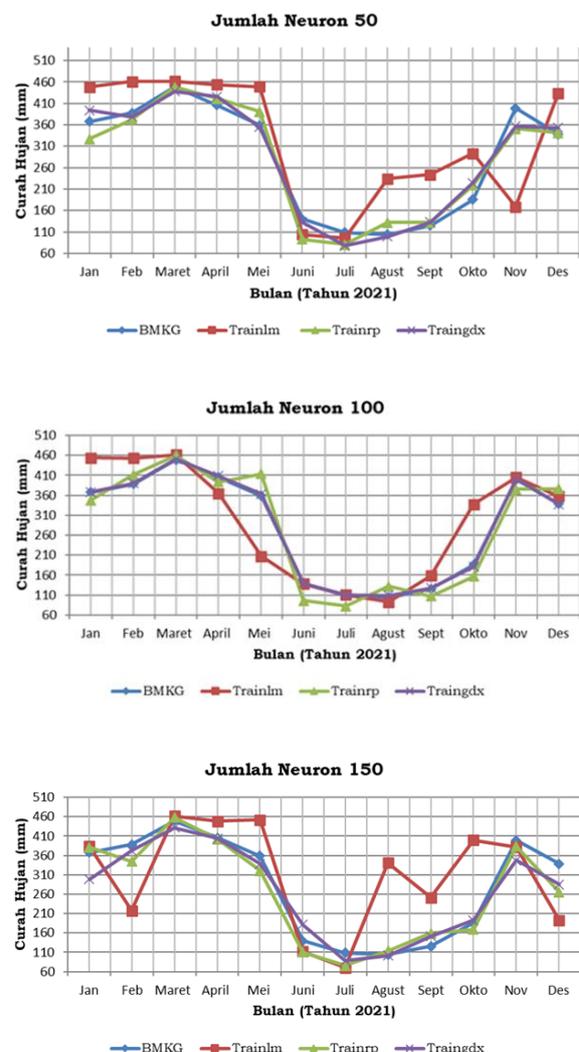
HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi Jumlah Neuron

Hasil penelitian ini pada curah hujan dapat diketahui berapa jumlah neuron pada lapisan tersembunyi dengan fungsi pelatihan mana yang terbaik. Hasil penelitian curah hujan terbaik di Kabupaten Muaro Jambi ditunjukkan pada Gambar 2.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai persentase error rata-rata terkecil berada pada fungsi pelatihan Traingdx bernilai 8,2 %. Menurut Lahmiri (2011), fungsi pelatihan Traingdx ini sangat baik dalam membantu perbaikan nilai bobot dan bias dengan menggunakan jaringan momentum penurunan gradien dan *adaptive learning rate* [25]. Berdasarkan hasil pengujian jumlah neuron pada lapisan tersembunyi memperlihatkan bahwa semakin banyak jumlah neuron, maka nilai *error* yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan fungsi pelatihan yang digunakan mengalami saturasi. Dimana fungsi

pelatihan yang digunakan terdapat parameter yang dapat memperbesar dan memperkecil nilai *learning rate*. Pada kondisi tertentu dalam jaringan membuat terjadinya saturasi dimana menyebabkan jaringan kehilangan kemampuan mengenali pola. Menurut Riyanto (2017) jika saturasi terjadi pada sistem JST menyebabkan sistem menjadi tidak efektif [26].



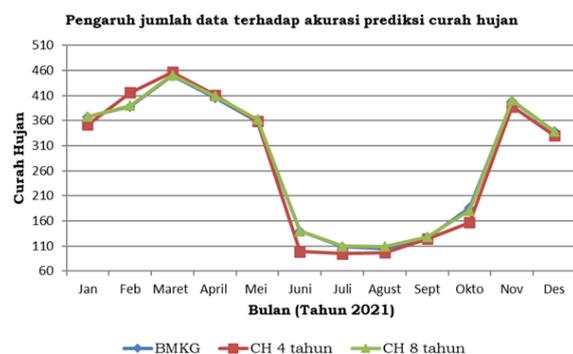
Gambar 2. Perbandingan pelatihan jumlah neuron.

Pada fungsi pelatihan Trainlm cenderung mengalami *overfitting*. Dimana pada saat proses pelatihan didapatkan data yang *fit*, sedangkan dipengujian kurang optimal atau kurangnya kemampuan jaringan mengenali pola [27]. Hal ini dikarenakan fungsi pelatihan yang digunakan terhadap jumlah neuron pada lapisan tersembunyi berlebihan.

Pada fungsi pelatihan Trainrp cenderung mengalami kondisi *underfitting*. Dimana hasil pelatihan didapatkan jaringan kurang optimal sehingga pada pengujian hasilnya buruk. Hal ini dikarenakan pada data curah hujan fungsi pelatihan yang digunakan terhadap jumlah neuron pada lapisan tersembunyi kurang [28]. Selanjutnya pada fungsi pelatihan Traingdx didapatkan hasil pada proses pelatihan dan pengujian yang lebih optimal di setiap jumlah neuron yang ditentukan. Hal ini terlihat pada grafik yang ditunjukkan pada gambar hasil setiap jumlah neuron. Dimana fungsi pelatihan Traingdx lebih baik mengenali pola sampai pada saat proses pengujian dan nilai persentase error rata-rata terkecil.

Variasi Jumlah Data

Selanjutnya dilakukan analisis prediksi dengan membuat variasi jumlah data. Pengaruh jumlah data terhadap akurasi prediksi dibagi menjadi dua untuk jumlah tahun yang berbeda, yaitu 4 tahun dan 8 tahun. Jumlah data 4 tahun berlangsung pada tahun 2018 sampai tahun 2021. Pola data yang digunakan adalah pelatihan tahun 2018-2020 dan pengujian tahun 2021. Jumlah data 8 tahun berlangsung pada tahun 2014 sampai tahun 2021. Pola data yang digunakan adalah pelatihan tahun 2014-2020 dan pengujian tahun 2021. Berdasarkan penelitian Adi (2017) mengatakan bahwa banyaknya jumlah data yang digunakan dapat berpengaruh terhadap hasil prediksi. Hasil prediksi terbaik dapat dilihat dari nilai persentase error rata-rata yang terkecil [29].



Gambar 3. Pelatihan dengan variasi jumlah data.

Dari Gambar 3 dapat dilihat, prediksi curah hujan dengan data latih 8 tahun lebih baik dibandingkan dengan data latih 4 tahun. Jumlah data latih 8 tahun didapatkan akurasi prediksi curah hujan senilai 98.8 % sedangkan jumlah data latih 4 tahun memiliki akurasi sebesar 92,9%. Menurut Dewi dan Muslikh (2013) semakin banyak data latih menunjukkan semakin kecil nilai *error*-nya [30]. Menurut Rahmadani *et al.* (2019) penggunaan data latih yang semakin besar membuat semakin banyak juga pola yang dipelajari oleh jaringan sehingga hasil pengujian semakin baik [31].

Prediksi Curah Hujan

Selanjutnya adalah membandingkan bagaimana hasil prediksi tahun 2022 antara data BMKG atau aktual dengan prediksi JST *backpropagation*. Hasil prediksi JST *backpropagation* tahun 2022 pada curah hujan diambil dari hasil pengujian yang terbaik. Curah hujan menggunakan fungsi pelatihan Traingdx dan jumlah neuron 100 pada lapisan tersembunyi.



Gambar 4. Pelatihan dengan variasi jumlah data.

Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil prediksi JST *backpropagation* terhadap data sebenarnya baik. Hal ini menunjukkan jaringan mengenali pola data curah hujan dengan baik. Terlihat pada gambar diatas bahwa pada bulan Juli dan Agustus mempunyai *error* yang lebih tinggi dari bulan yang lain. Hal ini dikarenakan bulan Juli dan Agustus termasuk musim kemarau dimana ukuran datanya lebih kecil dari bulan yang lain sehingga jaringan sedikit kehilangan kemampuan mengenali pola.

KESIMPULAN

Pada curah hujan didapatkan jumlah neuron pada lapisan tersembunyi terbaik adalah jumlah neuron 100. Semakin banyaknya jumlah data maka semakin bagus pula jaringan. Berdasarkan analisis prediksi tahun 2022 untuk curah hujan dan kelembapan udara didapatkan akurasi rata-rata sebesar 97,82%.

REFERENSI

1. Chen, X., Lin, G., & Fu, Z. (2007). Long-range correlations in daily relative humidity fluctuations: A new index to characterize the climate regions over China. *Geophysical research letters*, **34**(7).
2. Crabbe, M. J. C. (2008). Climate change, global warming and coral reefs: Modelling the effects of temperature. *Computational Biology and Chemistry*, **32**(5), 311–314.
3. Murphy, B. F., & Timbal, B. (2008). A review of recent climate variability and climate change in southeastern Australia. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, **28**(7), 859–879.
4. Helfer, F., Lemckert, C., & Zhang, H. (2012). Impacts of climate change on temperature and evaporation from a large reservoir in Australia. *Journal of hydrology*, **475**, 365–378.
5. Pascawati, N. A., Satoto, T. B. T., Wibawa, T., Frutos, R., & Maguin, S. (2019). Dampak Potensial Perubahan Iklim Terhadap Dinamika Penularan Penyakit DBD Di Kota Mataram. *Balaba: Jurnal Litbang Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara*, 49–60.
6. Jain, S. K., & Kumar, V. (2012). Trend analysis of rainfall and temperature data for India. *Current Science*, 37-49.
7. Chaniago, R., & Wardani, K. R. R. (2014). Prediksi Cuaca Menggunakan Metode Case Based Reasoning dan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System. *Jurnal Informatika*, **12**(2), 90–95.
8. Kurniawan, T., Hanafi, L., & Apriliani, E. (2014). Penerapan Metode Filter Kalman Dalam Perbaikan Hasil Prediksi Cuaca Dengan Metode ARIMA. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, **3**(2), A28–33.
9. Dwirani, F. (2019). Menentukan stasiun hujan dan curah hujan dengan metode polygon thiessen daerah kabupaten lebak. *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, **2**(2), 139–146.
10. Desvina, A. P., & Ratnawati, R. (2015). Penerapan Model Vector Autoregressive (Var) Untuk Peramalan Curah Hujan Kota Pekanbaru. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, **11**(2), 151–159.
11. Prawaka, F., Zakaria, A., & Tugiono, S. (2016). Analisis Data Curah Hujan yang Hilang Dengan Menggunakan Metode Normal Ratio, Inversed Square Distance, dan Cara Rata-Rata Aljabar (Studi Kasus Curah Hujan Beberapa Stasiun Hujan Daerah Bandar Lampung). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, **4**(3), 397–406.
12. Mirawati, T. D., Yasin, H., & Rusgiyono, A. (2013). Prediksi Curah Hujan dengan Metode Kalman Filter (studi kasus di Kota Semarang Tahun 2012). *Jurnal Gaussian*, **2**(3), 239–248.
13. Fauziah, N., Wahyuningsih, S., & Nasution, Y. N. (2016). Peramalan Menggunakan Fuzzy Time Series Chen (Studi Kasus: Curah Hujan Kota Samarinda). *Jurnal Statistika Universitas Muhammadiyah Semarang*, **4**(2).
14. Saragih, I. J. A., Rumahorbo, I., Yudistira, R., & Sucahyono, D. (2020). Prediksi Curah Hujan Bulanan Di Deli Serdang Menggunakan Persamaan Regresi Dengan Prediktor Data Suhu Dan Kelembapan

- Udara. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, **7**(2), 6–14.
15. Utomo, M. C. C., Mahmudy, W. F., Anam, S., & Brawijaya, F. U. (2017). Kombinasi Logika Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prakiraan Curah Hujan Timeseries di Area Puspo–Jawa Timur. *Jurnal teknologi Informasi dan Ilmu komputer*, **4**(3), 160–167.
 16. Simbolon, D. A., Hartama, D., & Anggraini, F. (2019). Penerapan Jaringan Saraf Tiruan Dalam Memprediksi Gizi Balita Pada Puskesmas Siantar Utara Kota Pematangsiantar. *Brahmana: Jurnal Penerapan Kecerdasan Buatan*, **1**(1), 48–54.
 17. Hartanti, O. D. (2014). Perbandingan Hasil Peramalan dengan Metode Double Exponential Smoothing Holt dan Metode Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Biometrika dan Kependudukan*, **3**(2), 144.
 18. Oktaviani, C., & Afdal, A. (2013). Prediksi Curah Hujan Bulanan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Beberapa Fungsi Pelatihan Backpropagation (Studi Kasus: Stasiun Meteorologi Tabing Padang, Tahun 2001-2012). *Jurnal Fisika Unand*, **2**(4).
 19. Muflih, G. Z., Sunardi, S., & Yudhana, A. (2019). Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Prediksi Curah Hujan di Wilayah Kabupaten Wonosobo. *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology*, **4**(1), 45–56.
 20. Firdausa, F. (2020). Simulasi Curah Hujan Bulanan Kota Palembang dengan Jaringan Syaraf Tiruan. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, **9**(2), 143–150.
 21. Supriyanto, Y., Ilhamsyah, M., & Enri, U. (2022). Prediksi Harga Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Linear Regression Dan Random Forest. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, **8**(7), 178–185.
 22. Putra, I. G. S., & Septiani, R. (2016). Analisis Perbandingan Model Zmijewski dan Grover Pada Perusahaan Semen Di BEI 2008-2014. *Jurnal Riset Akuntansi dan Keuangan*, **4**(3), 1143–1154.
 23. Sun, W., & Huang, C. (2020). A carbon price prediction model based on secondary decomposition algorithm and optimized back propagation neural network. *Journal of Cleaner Production*, **243**, 118671.
 24. Darmawan, I. B., Maimunah, M., & Whidiasih, R. N. (2018). Identifikasi Warna Kerabang Telur Ayam Ras Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *PIKSEL: Penelitian Ilmu Komputer Sistem Embedded and Logic*, **6**(2), 189–200.
 25. Lahmiri, S. (2011). A comparative study of backpropagation algorithms in financial prediction. *International Journal of Computer Science, Engineering and Applications (IJCSEA)*, **1**(4), 15–21.
 26. Riyanto, E. (2017). Peramalan Harga Saham Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Secara Supervised Learning Dengan Algoritma Backpropagation. *Jurnal Informatika Upgris*, **3**(2).
 27. Guntoro, I., Midyanti, D. M., & Hidayati, R. (2022). Penerapan Dropout Pada Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Dalam Mengklasifikasi Tingkat Fine Fuel Moisture Code (Ffmc) Untuk Kebakaran Hutan Dan Lahan. *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, **10**(01), 114–123.
 28. Ashar, N. M., Cholissodin, I., & Dewi, C. (2018). Penerapan Metode Extreme Learning Machine (ELM) Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Pipa Yang Layak (Studi Kasus Pada PT. KHI Pipe Industries). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e-ISSN*, **2548**, 964X.

29. Adi, S. (2017). Sistem Informasi Untuk Prediksi Keamanan Pembiayaan Nasabah Bank Syariah XYZ. *Data Manajemen dan Teknologi Informasi (DASI)*, **18**(1), 1–7.
30. Dewi, C., & Muslikh, M. (2013). Perbandingan Akurasi Backpropagation Neural Network dan ANFIS Untuk Memprediksi Cuaca. *Journal of Natural A*, **1**(1), 7–13.
31. Rahmadani, N. (2019). *Prediksi Ketinggian Gelombang Laut Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation*. Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya.



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

STUDI KOMPUTASI KARAKTERISTIK OPTIK CYANIDIN SEBAGAI SENSITISER DENGAN PELARUT ETHANOL, AIR, DAN ACETONITRILE

Elvan Yuniarti^{1*}, Ai Nurlaela²

¹Program Studi Fisika FST Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Hidayatullah Jakarta
²Program Studi Fisika Tarbiyah FITK Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Hidayatullah Jakarta

*E-mail korespondensi: elvan.yuniarti@uinjkt.ac.id

ABSTRACT

Cyanidin molecule is a type of anthocyanin that has the potential as a sensitizer for dye sensitiser solar cell (DSSC). This molecule is contained in blueberries, grapes, raspberries, and others. This study aims to determine cyanidin molecules' molecular orbitals and HOMO-LUMO energy levels with ethanol, water, and acetonitrile. In addition, this study aims to determine the optical properties of cyanidin dye with ethanol, water, and acetonitrile as solvents. The method used in this research is density functional theory (DFT) and TD-DFT/UB3LYP using Orca.2.02 and quantum espresso applications. The results obtained in the molecular orbitals of cyanidin with various solvents (ethanol, water, acetonitrile) obtained energy gap: 2.8 eV, 2.4 eV, and 3.2 eV. The results of UV-Vis absorption spectra (ethanol, water, acetonitrile) have the same wavelength (158.80 nm – 271.10 nm, 362.10 nm, 453.60 nm) but the intensity is different. Likewise the results of the infra red spectra (1138 cm^{-1} – 1486 cm^{-1}), and the Raman spectra (1141 cm^{-1} – 1606 cm^{-1}) for different solvents have almost the same wave number.

Keywords: Cyanidin, DFT-TDDFT, Energy Gap, Infrared, Raman, UV-Vis.

ABSTRAK

Molekul cyanidin merupakan salah satu jenis anthocyanin yang memiliki potensi sebagai sensitiser untuk dye sensitiser solar cell (DSSC). Molekul ini banyak terkandung di dalam blueberry, anggur, raspberry dan lain-lain. Penelitian ini bertujuan mengetahui molekular orbital dan tingkat energi HOMO-LUMO dari molekul cyanidin dengan ethanol, air dan acetonitrile. Selain itu, penelitian ini bertujuan mengetahui sifat optik dye cyanidin dengan pelarut ethanol, air dan acetonitrile. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan density functional theory (DFT) dan TD-DFT/UB3LYP menggunakan aplikasi quantum espresso dan Orca.2.02. Hasil yang diperoleh pada molekular orbital pada cyanidin dengan berbagai pelarut (ethanol, air, acetonitril) memperoleh energi gap: 2,8 eV, 2,4 eV dan 3,2 eV. Hasil spektra absorpsi UV-Vis (ethanol, air, acetonitrile) memiliki panjang gelombang (158,80 nm – 271,10 nm, 362,10 nm, 453,60 nm) yang sama hanya intensitasnya berbeda. Begitu juga untuk hasil spektra infra red (1138 cm^{-1} – 1486 cm^{-1}), dan spektra raman (1141 cm^{-1} – 1606 cm^{-1}) untuk pelarut berbeda dihasilkan spektrum transisi dengan bilangan gelombang yang hampir sama.

Kata kunci: Cyanidin, DFT-TDDFT, Energi Gap, Infrared, Raman, UV-Vis.

Diterima 11-11-2022 | Disetujui 06-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik semakin hari semakin meningkat, pemenuhan energi listrik yang berasal dari batu bara, gas dan minyak banyak menghasilkan polusi CO₂. Oleh karena itu diperlukan energi alternatif yang ramah lingkungan. Salah satunya sumber energi

listrik berasal dari dye sensitised solar cell (DSSC). DSSC menghasilkan listrik dengan efisiensi kurang dari 11% [1]. Oleh karena itu perlu terus diteliti agar dapat memaksimalkan nilai efisiensinya.

DSSC memiliki beberapa komponen penting yaitu material semikonduktor, sensitiser (dye), elektrolit dan kaca konduktif

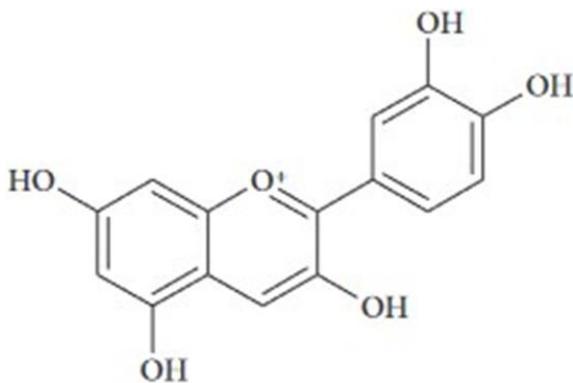
Penelitian *dye* sebagai *sensitizer* masih terus dikembangkan. *Dye* dapat dihasilkan dari bahan alam dan sintetik. Salah satu senyawa yang banyak terdapat dalam bahan alam adalah *anthocyanin*. *Antocyanin* memiliki beberapa senyawa aktif *cyanidin*.

Penelitian *cyanidin* sebagai bahan alam telah dilakukan baik secara teori maupun eksperimen. Penelitian sebelumnya telah mengkaji secara teori molekul *cyanidin 3 monoglucoside*, *patunidin 3 glucoside*, *malvidin 3 monoglucoside*. Molekul- molekul tersebut diteliti energi eksitasinya pada fase gas (2,565 eV; 2,538 eV; 2,537 eV). Molekul molekul tersebut memiliki panjang gelombang 438,44 nm, 488,46 nm, dan 488, 64 nm [2].

TINJAUAN PUSTAKA

Dye (Sensitizer)

Sensitizer pada DSSC berfungsi sebagai penyerap cahaya dan mengeksitasi elektron pada pita konduksi. Selanjutnya elektron akan terinjeksi ke pita konduksi pada material semikonduktor (TiO₂). Bahan *sensitizer* dapat diperoleh dari *ruthenium* dan *porphyrin* yang memiliki efisiensi yang tinggi. Namun kedua bahan tersebut tidak ramah lingkungan dan mensintesisnya memerlukan prosedur yang canggih. Oleh karena itu diperlukan alternatif *sensitizer* yang ramah dan mudah mensintesisnya. Saat ini telah banyak dikembangkan *sensitizer* yang handal, efisien dan ramah lingkungan. Salah satunya dari bahan organik yaitu *cyanidin* [3].



Gambar 1. Struktur molekuler *cyanidin* [3].

Ciri -ciri *sensitizer* ideal memiliki kepekaan yang dapat menyerap semua warna tepat dibawah ambang batas 920 nm dan dapat menempel kuat pada bahan semikonduktor oksida. Hal ini menyebabkan elektron dengan mudah disuntikan ke permukaan semikonduktor oksida. Selain itu memiliki koefisien ekstingsi yang tinggi, stabil dalam reaksi reaksi oksidasi dan reduksi dengan elektrolit. *Sensitizer* yang baik, memiliki *state* LUMO yang lebih negatif disbanding pita konduksi pada semikonduktor Oksida. Selain itu memiliki *state* HOMO lebih positif dari potensial redoks elektrolit [4].

Pada saat mensintesis *sensitizer* dari bahan alam biasanya menggunakan berbagai macam pelarut antara lain *ethanol* [5], air[6], *acetonitrile*, dan *methanol* [7]. Oleh karena itu pada penelitian ini mengkaji secara teori pengaruh beberapa pelarut terhadap molekul *dye cyanidin* yang belum banyak dilakukan.

Density Functional Theory (DFT)

Pada penelitian ini menggunakan perhitungan untuk sifat elektronik berdasarkan teori DFT. Teori DFT menjelaskan bahwa pada material interaksi-nteraksi inti dan elektron dinyatakan dalam konfigurasi elektronik. Konfigurasi elektronik untuk elektron banyak dinyatakan dengan persamaan Schrodinger (1) dan (2) berikut:

$$\hat{H}\psi(\vec{r}) = E\psi(\vec{r}) \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \sum_{inti} \frac{1}{M} \nabla^2 - \frac{1}{2} \sum_{elektron} \nabla^2 + \sum_{inti} \frac{ZZ'}{|R-R'|} - \sum_{inti-elektron} \frac{Z}{|r-R|} + \sum_{elektron} \frac{1}{|r-r'|} = \hat{H} \quad (2)$$

Pendekatan Born-Oppenheimer

Pada pendekatan Born-Oppenheimer menyederhanakan persamaan dengan menghilangkan komponen Hamiltonian untuk energi kinetik dan energi potensial pada ion inti dengan asumsi interaksi gaya coulomb pada elektron dan inti sama besar, akibatnya perubahan momentum pada inti dan elektron sama besar. Namun karena massa inti jauh lebih besar dibanding elektron maka inti

bergerak secara stationer. Maka persamaan (3) digunakan sebagai persamaan dalam keadaan dasar. Pendekatan ini komponen Hamiltonian hanya ditentukan oleh energi kinetik dan potensial pada interaksi-interaksi elektron. Potensial yang disebabkan oleh gaya coulomb dinyatakan sebagai potensial eksternal.

$$-\frac{1}{2} \sum_{\text{elektron}} \nabla^2 - \sum_{\text{inti-elektron}} \frac{Z}{|r-R|} + V_{\text{ext}} = \hat{H} \quad (3)$$

Teori Hohenberg-Kohn

Fungsi gelombang banyak partikel dapat dinyatakan sebagai fungsi densitas elektron. Teori ini menyatakan pada keadaan dasar fungsi gelombang dinyatakan sebagai fungsional densitas seperti pada persamaan (4):

$$\psi_0(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N) \Rightarrow \psi[n_0(r)] \quad (4)$$

Dengan persamaan energi keadaan dasar menjadi persamaan (5):

$$E[n_0] = \psi[n_0] \hat{H} \psi[n_0] \leq E[n'] = \psi[n'] \hat{H} \psi[n'] \quad (5)$$

Pendekatan Kohn Sham

Persamaan energi total merupakan fungsi dari kerapatan, dinyatakan sebagai persamaan (6) berikut:

$$\left(-\frac{1}{2} \nabla_i^2 + \int \frac{n[r']}{|r-r'|} d^3r' + \frac{\partial E_{xc}[n]}{\partial n(r)} + v_{\text{ext}} \right) \phi_i[n] = \lambda \phi_i[n] \quad (6)$$

Dalam menyelesaikan persamaan Kohn Sham (KS) diperlukan kerapatan elektron total. Kerapatan elektron total diperoleh dengan menjumlahkan solusi persamaan kuadrat. Oleh karena itu untuk memperoleh persamaan KS digunakan metode menghitung kerapatan elektron secara siklus secara *self consistent field* (SCF) sehingga diperoleh nilai yang konsisten. Persamaan ini diperoleh nilai kerapatan dan energi total minimum pada keadaan dasar. [8].

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan dari Bulan Januari sampai Juli 2022 di Laboratorium Terpadu PLT UIN Syarif Hidayatullah.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan komputasi: PC Software Avogadro, ORCA, dan quantum espresso.

Metode Penelitian

Metode yang dilakukan berupa metode komputasi DFT dan *time-dependent density functional theory* (TD-DFT) dengan fungsional B3LYP, Adapun langkah langkah penelitian:

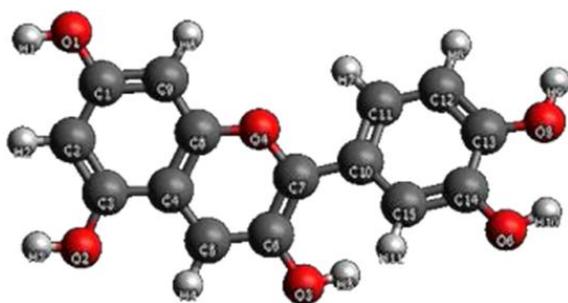
1. Memodelkan molekul *cyanidin* yang diperoleh dari RCSB PDB dengan program Avogadro.
2. Mengoptimasi model molekul *cyanidin* dengan metode DFT.
3. Perhitungan molekul orbital dengan variasi pelarut: *ethanol*, air dan *acetonitrile* dengan metode DFT.
4. Perhitungan UV-Vis dengan metode TD-DFT.
5. Perhitungan spektrum IR dan spektrum Raman dengan menggunakan metode DFT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini berupa gambaran struktur molekul cyanidin yang telah dioptimasi dengan metode DFT. Hasil lain yang diperoleh menggambarkan level energi HOMO-LUMO pada molekul orbital *cyanidin* untuk pelarut *cyanidin* 1, air dan acetonitrile. Pada penelitian ini juga membahas tentang sifat optik dari cyanidin dengan ketiga pelarut tersebut. Adapun sifat optiknya berupa pola absorpsi gelombang uv-vis, pola transmitansi spektrum infra red dan pergeseran hamburan spektrum raman.

Hasil Optimasi Struktur *Cyanidin*

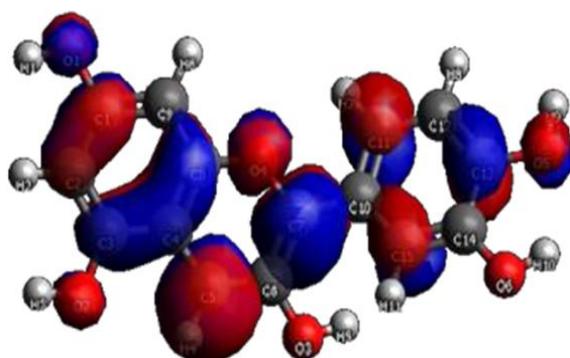
Struktur *cyanidin* terdiri dari 13 atom carbon, 6 atom oksigen dan 11 buah atom hidrogen. Hasil optimasi geometri dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar tersebut atom carbon ditunjukkan dengan atom berwarna hitam, oksigen ditunjukkan dengan atom berwarna merah dan atom hidrogen ditunjukkan dengan atom berwarna putih.



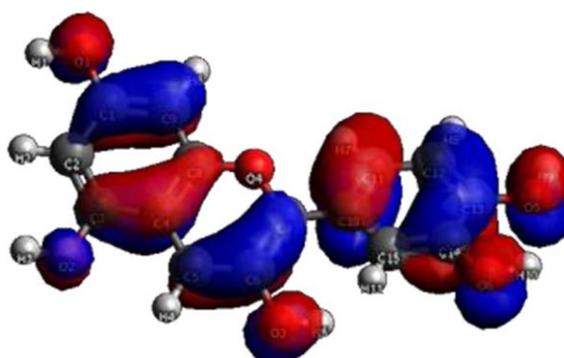
Gambar 2. Molekul *cyanidin* teroptimasi.

Analisis Molekular Orbital *Cyanidin*

Penelitian ini berhasil menghitung dan menentukan molekul orbital *cyanidin* dengan variasi pelarut *ethanol*, air, dan *acetonitrile*. Orbital molekul HOMO dan LUMO dari molekul *cyanidin* dengan pelarut *ethanol* dapat dilihat pada Gambar 3, 4, dan 5. Level HOMO menunjukkan tingkat energi potensial untuk dapat mendonorkan elektron sedangkan level LUMO menentukan tingkat energi potensial untuk menangkap elektron (akseptor) [9].



LUMO -3,148 eV



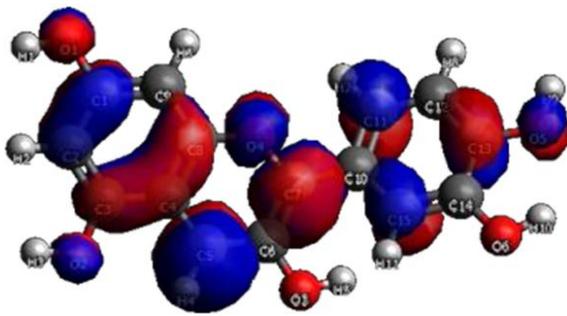
HOMO -5,989 eV

Gambar 3. Molekul orbital *cyanidin* dengan pelarut *ethanol*.

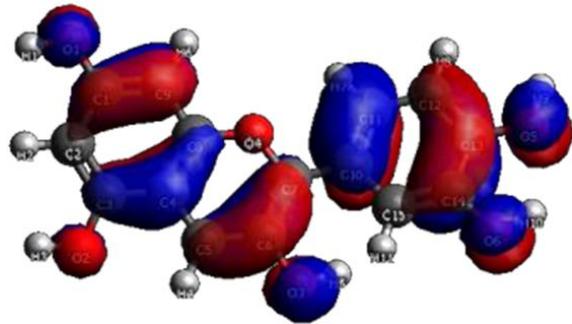
Molekul orbital *cyanidin* dengan pelarut *ethanol* memiliki energi HOMO -5,989 eV dan memiliki energi LUMO -3,148 eV (Gambar 3). Energi gab untuk molekul *cyanidin* dengan pelarut *ethanol* sebesar 2,841 eV.

Molekul orbital *cyanidin* dengan pelarut air dapat dilihat pada Gambar 4. Pada molekul orbital *cyanidin* dengan pelarut air memiliki energi HOMO -5,893 eV lebih tinggi dibanding energi HOMO pada *cyanidin* dengan pelarut *ethanol*. Sedangkan energi LUMO *cyanidin* dengan pelarut air sebesar -3.53 eV lebih rendah dibanding energi LUMO *cyanidin* dengan pelarut *ethanol* dan pelarut *acetonitril*. Energi gab molekul *cyanidin* dengan pelarut air sebesar 2,363 eV.

Penelitian ini juga dapat menentukan molekul orbital dari *cyanidin* untuk pelarut *acetonitrile*. Molekul orbital *cyanidin* dengan pelarut *acetonitrile* dapat dilihat pada Gambar 5. Energi HOMO molekul *cyanidin* dengan pelarut *acetonitrile* memiliki energi -6,405 eV. Energi HOMO *cyanidin* dengan pelarut *acetonitrile* memiliki energi paling rendah dibanding energi HOMO *cyanidin* dengan pelarut *ethanol* dan air. Energi LUMO yang dimiliki molekul *cyanidin* dengan pelarut *acetonitrile* sebesar -3.220 eV. Hal ini terlihat bahwa energi LUMO *cyanidin* dengan pelarut *acetonitrile* memiliki energi lebih tinggi dari energi LUMO air dan lebih rendah dari Energi LUMO *cyanidin* dengan pelarut *ethanol*. Molekul *cyanidin* dengan pelarut *acetonitrile* memiliki energi gab sebesar 3,185 eV.

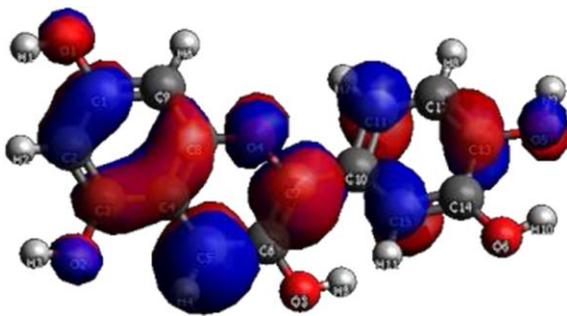


LUMO -3,530 eV

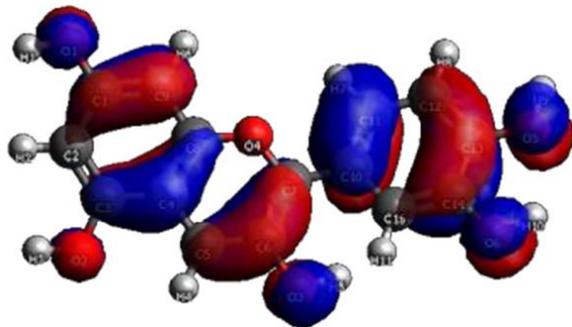


HOMO -5,893 eV

Gambar 4. Molekul orbital *cyanidin* dengan pelarut air.



LUMO -3,220 eV



HOMO -6,405 eV

Gambar 5. Molekul orbital *cyanidin* dengan pelarut *ethanol*.

Tabel 1. Energi molekul orbital *cyanidin*.

Pelarut	Energi HOMO (eV)	Energi LUMO (eV)	Energi Gap (eV)
<i>Ethanol</i>	-5,989	-3,148	2,841
Air	-5,893	-3,530	2,363
<i>Acetonitrile</i>	-6,405	-3,220	3,185

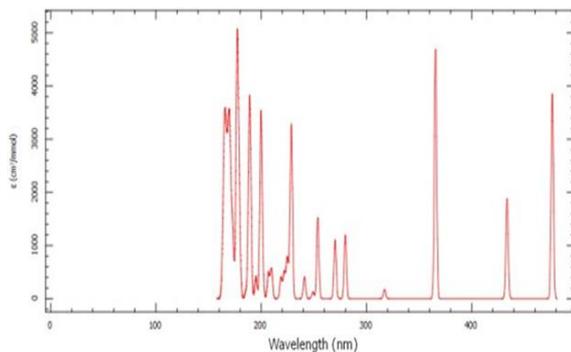
Dye yang digunakan sebagai sensitiser solar sel agar efisien sebaiknya memiliki level energi LUMO terendah lebih tinggi dari pita konduksi fotoelektroda setidaknya 0,2 eV lebih tinggi. Jika kita menggunakan TiO_2 yang memiliki energi pita konduksi sebesar -4,0 eV, maka kita sebaiknya menggunakan *dye* yang memiliki energi LUMO lebih tinggi dari -4,0 eV. Hal ini agar dapat terjadi injeksi elektron yang efisien. Demikian juga untuk orbital molekul HOMO harus berada dibawah tingkat energi iodium atau triiodida (-4,8 eV) untuk meregenerasi secara efektif dari *dye* teroksidasi [10]. Dari perhitungan secara komputasi *dye*

cyanidin untuk pelarut *ethanol*, air dan *acetonitrile* cukup baik untuk dijadikan sebagai sensitiser solar sel.

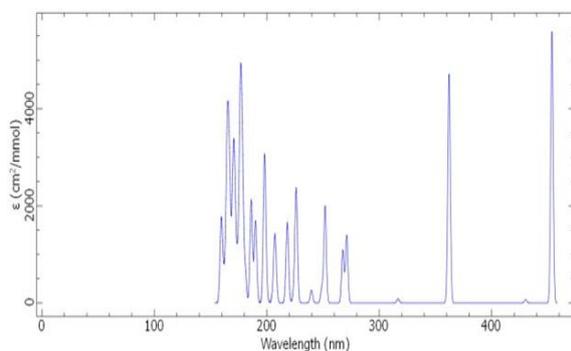
Hasil analisis absorpsi spektra UV-VIS

Perhitungan absorpsi spektra UV-VIS pada molekul *cyanidin* dengan pelarut *ethanol*, air dan *acetonitrile* dapat dilihat pada Gambar 6. Hasil spektrum menunjukkan bahwa molekul *cyanidin* dengan pelarut *ethanol* berada pada serapan panjang gelombang 158,80 nm sampai 271, 10 nm dengan puncak tertinggi berada pada panjang gelombang 176,70 nm berada pada daerah ultra violet. Puncak spektrum tertinggi tersebut memiliki intensitas ekstingsi sebesar $4500 \text{ cm}^2/\text{mmol}$ (0,306 arb). Puncak spektrum absorpsi lain berada pada panjang gelombang 362,10 nm dengan intensitas ekstingsi sebesar $4480 \text{ cm}^2/\text{mmol}$ (0.444 arb). Spektrum tertinggi lain berada pada panjang

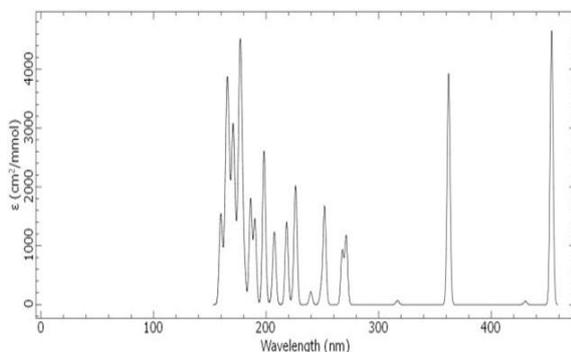
gelombang 453,60 nm dengan nilai ekstingsi 4750 cm^2/mmol (0,526 arb).



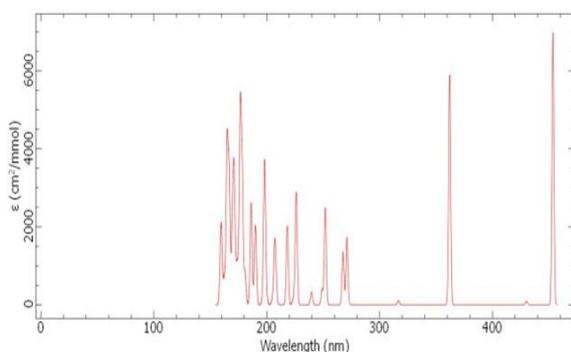
a. Tanpa pelarut



b. Cyanidin dengan pelarut ethanol



c. Cyanidin dengan pelarut air



d. Cyanidin dengan pelarut acetonitrile

Gambar 6. Spektra UV-VIS cyanidin tanpa pelarut dan pelarut ethanol, air dan acetonitrile.

Spektrum absorpsi UV-VIS pada molekul cyanidin dengan pelarut air puncak-puncak spektra terdapat pada jangkauan 158,80 nm sampai 271,10 nm. Puncak intensitas tertinggi untuk daerah ultraviolet berada pada panjang gelombang 176,70 nm dengan intensitas ekstingsi 5000 cm^2/mmol . Puncak spektrum juga terdapat pada panjang gelombang 362,10 nm dengan intensitas ekstingsi sebesar 4800 cm^2/mmol (0.444 arb). Puncak spektrum tertinggi berada pada panjang gelombang 453,60 nm dengan intensitas tertinggi sebesar 5700 cm^2/mmol (0,526 arb).

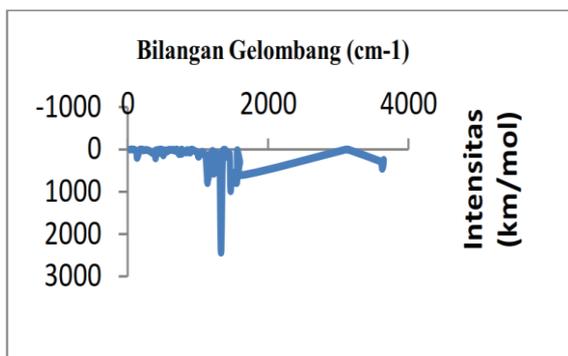
Spektrum absorpsi UV-VIS pada molekul cyanidin untuk pelarut acetonitrile memiliki puncak-puncak spektrum berada pada panjang gelombang yang sama dengan cyanidin untuk pelarut ethanol dan pelarut air. Namun intensitas ekstingsi memiliki nilai yang berbeda. Pada daerah ultra violet berada pada panjang gelombang 158,80 nm sampai 271,10 nm. Puncak tertinggi berada pada panjang gelombang 176,70 nm memiliki intensitas ekstingsi sebesar 5000 cm^2/mmol (0,305 arb) Terdapat serapan di panjang gelombang 362,10 nm sebesar 4800 cm^2/mmol (0.444 arb). Puncak tertinggi terdapat pada panjang gelombang 453,60 nm dengan intensitas ekstingsi 5600 cm^2/mmol (0,526 arb).

Dalam molekul cyanidin mengandung gugus fenol, spektrum penyerapan UV fenol dalam sikloheks-ane, dua pita yang berasal dari transisi \rightarrow diamati: pita primer pada 210 nm (pita 1La) dan pita sekunder pada 269 nm (pita 1Lb). Dalam ethanol, ini bergeser ke 218,5 nm dan 271 nm, sebagai akibat dari keterlibatan gugus hidroksil fenol dalam berbagai bentuk ikatan hidrogen. Fenol tersubstitusi memberikan posisi pita yang sama dan intensitas seperti yang diamati untuk fenol [11].

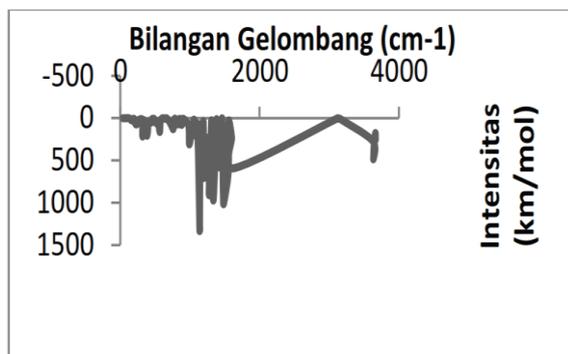
Hasil Analisis Spektrum Infrared

Hasil transmitan spektrum infrared pada cyanidin dengan pelarut ethanol (Gambar 7 (a)) memiliki jangkauan bilangan gelombang antara 1138 cm^{-1} sampai 1486 cm^{-1} . Spektrum

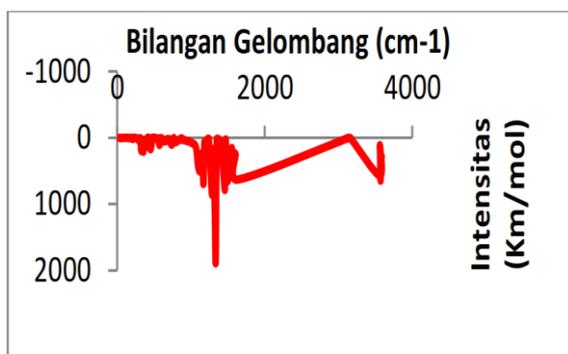
tersebut menunjukkan adanya ikatan C-O di 1152 cm^{-1} (spektrum IR kol merah), 1065 cm^{-1} (spektra IR beras merah) pada spektrum 1017 cm^{-1} (spektrum IR buah naga) [12]. Adanya mode vibrasi ikatan skeletal C-C ($1300\text{ cm}^{-1} - 700\text{ cm}^{-1}$), *gem-Dimethyl* “iso” - (*doublet*) ($1385-1380/1370-1365\text{ cm}^{-1}$) dan *methyl C-H asym./sym. bend* $1470-1430/1380-1370\text{ cm}^{-1}$. Dengan puncak intensitas tertinggi di frekuensi $1330,38\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas $2441,4\text{ km/mol}$ menunjukkan mode vibrasi *methyne C-H bend* ($1300\text{ cm}^{-1} - 1330\text{ cm}^{-1}$) [13].



a. Cyanidin dengan pelarut ethanol



b. Cyanidin dengan pelarut air



c. Cyanidin dengan pelarut acetonitrile

Gambar 7. Spektum infrared cyanidin dengan pelarut ethanol, air dan acetonitrile.

Hasil perhitungan molekul *cyanidin* dengan pelarut air (Gambar 7 (b)) diperoleh nilai spektrum dengan bilangan gelombang $1141,05$ sampai $1553,45\text{ cm}^{-1}$. Spektrum tertinggi di $1141,06\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas transmisi $1309,5\text{ km/mol}$. Pada spektrum *cyanidin* dengan pelarut air menunjukkan adanya mode vibrasi mode vibrasi *methyne C-H bend* ($1300\text{ cm}^{-1} - 1330\text{ cm}^{-1}$), mode vibrasi ikatan skeletal C-C ($1300\text{ cm}^{-1} - 700\text{ cm}^{-1}$), *gem-Dimethyl* “iso” - (*doublet*) ($1385-1380/1370-1365\text{ cm}^{-1}$) dan *methyl C-H asym./sym. bend* $1470-1430/1380-1370\text{ cm}^{-1}$, *methylene C-H bend* ($1485\text{ cm}^{-1} - 1445\text{ cm}^{-1}$).

Hasil Perhitungan untuk molekul *cyanidin* dengan pelarut *acetonitrile* (Gambar 7 (c)) memiliki spektrum $1095,2\text{ cm}^{-1}$ sampai $1496,05\text{ cm}^{-1}$. Dengan spektrum tertinggi berada pada bilangan gelombang 1330 cm^{-1} . Spektrum tersebut menunjukkan adanya mode vibrasi ikatan skeletal C-C ($1300\text{ cm}^{-1} - 700\text{ cm}^{-1}$), *gem-Dimethyl* “iso” - (*doublet*) ($1385-1380/1370-1365\text{ cm}^{-1}$) dan *methyl C-H asym./sym. bend* $1470-1430/1380-1370\text{ cm}^{-1}$. Dengan puncak intensitas tertinggi di frekuensi $1330,38\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas $2441,4\text{ km/mol}$ menunjukkan mode vibrasi *methyne C-H bend* ($1300\text{ cm}^{-1} - 1330\text{ cm}^{-1}$)

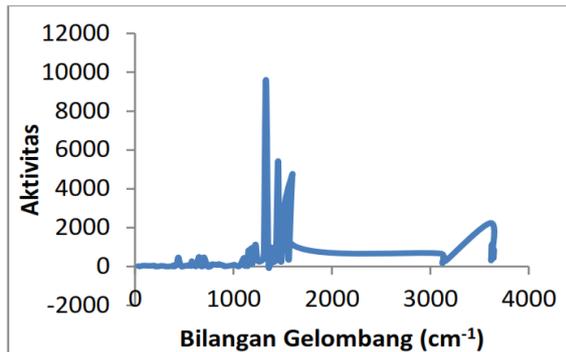
Spektrum molekul *cyanidin* untuk pelarut *ethanol*, air dan *acetonitrile* memiliki daerah spektrum yang hampir sama dan menunjukkan keberadaan gugus fungsi yang sama. Namun untuk intensitas tertinggi untuk *ethanol* dan *acetonitrile* berada pada 1330 cm^{-1} yang menunjukkan mode vibrasi *methyne C-H bend*. Sedangkan pada pelarut air tertinggi pada $1141,05\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan mode vibrasi ikatan skeletal C-C.

Hasil analisis spektrum raman

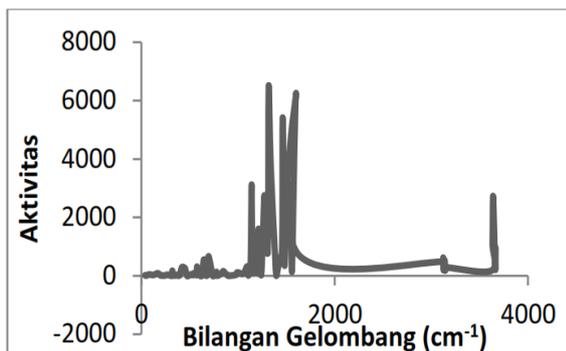
Spektrum raman (Gambar 8) yang diperoleh dari molekul *cyanidin* dengan pelarut *ethanol* diperoleh puncak tertinggi pada bilangan gelombang $1330,38\text{ cm}^{-1}$, $1453,45\text{ cm}^{-1}$ dan $1556,93\text{ cm}^{-1}$, $3617,52\text{ cm}^{-1}$. Pada spektrum raman dengan bilangan gelombang $1453,45$

cm^{-1} dan $1164,8 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan 1609 cm^{-1} (*phenyl C-C*), 1453 cm^{-1} (CH_2 def) [14].

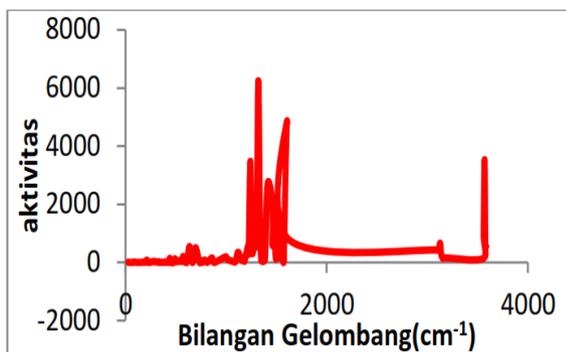
Spektrum raman pada molekul *cyanidin* dengan pelarut air diperoleh puncak spektrum 1212 cm^{-1} , 1316 cm^{-1} , $1462,13 \text{ cm}^{-1}$, 1479 cm^{-1} , $1601,3 \text{ cm}^{-1}$, $3632,75 \text{ cm}^{-1}$. Pada spektrum raman dengan bilangan gelombang $1453,45$ dan $1164,8 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan 1609 cm^{-1} (*phenyl C-C*), 1453 cm^{-1} (CH_2 def) [15].



a. *Cyanidin* dengan pelarut *ethanol*



b. *Cyanidin* dengan pelarut air



c. *Cyanidin* dengan pelarut *acetonitrile*

Gambar 8. Spektrum Raman pada molekul *cynidin* untuk pelarut *ethanol*, air dan *acetonitrile*.

Spektrum raman yang diperoleh dengan perhitungan pada molekul *cyanidin* dengan pelarut *acetonitrile* memiliki puncak puncak spektra $1241,58 \text{ cm}^{-1}$, $1319,01 \text{ cm}^{-1}$, $1336,37 \text{ cm}^{-1}$, $1606,31 \text{ cm}^{-1}$, dan $3570,01 \text{ cm}^{-1}$. Spektra tertinggi untuk molekul *cyanidin* dengan pelarut *ethanol* berada pada bilangan gelombang $1330,38 \text{ cm}^{-1}$ dengan aktivitas $9510,57$. Sedangkan untuk pelarut air di panjang gelombang $1316,62 \text{ cm}^{-1}$ dengan aktivitas $6449,95$. Sedangkan untuk pelarut *acetonitrile* berada di bilangan gelombang $1319,81 \text{ cm}^{-1}$ dengan aktivitas $6250,95$.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa dari ketiga pelarut sebagai ekstraksi pada *sensitiser cyanidine* memiliki molekul orbital dengan level energi LUMO yang lebih tinggi dari foto elektroda TiO_2 -0.4 eV (pelarut *ethanol* $-3,148 \text{ eV}$, pelarut air -3.530 eV , pelarut *acetonitrile* 3.220 eV). Hal ini menunjukkan bahwa sensitiser dengan pelarut tersebut baik digunakan sebagai sensitiser pada DSSC. Adapun sifat optik yang dihasilkan pada penyerapan spektrum UV-Vis berada pada daerah serapan cahaya tampak dan ultra violet ($158,80 \text{ nm}$ – $271,10 \text{ nm}$, $362,10 \text{ nm}$, dan $453,60 \text{ nm}$). Sifat optik dari spektrum *infra red* (1138 cm^{-1} – 1486 cm^{-1}), dan spektrum raman (1141 cm^{-1} – 1606 cm^{-1} untuk pelarut berbeda dihasilkan spektrum transisi dengan bilangan gelombang yang hampir sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan sehingga penelitian ini dapat terselenggara berkat dana Hibah penelitian pemula Pusat Penelitian dan Penerbitan (PUSLITPEN) LP2M UIN Syarif Hidayatullah Jakarta yang telah mendukung kegiatan ini.

REFERENSI

1. Baibarac, M., Smaranda, I., Nila, A., & Serbschi, C. (2019). Optical properties of folic acid in phosphate buffer solutions: the influence of pH and UV irradiation on the UV-VIS absorption spectra and photoluminescence. *Scientific Reports*, **9**(1), 14278.
2. Imelda, E., Aziz, H., Santoni, A., & Utami, N. (2020). The modification of cyanidin-based dyes to improve the performance of dye sensitized solar cells (DSSCs). *Rasayan Journal of Chemistry*, **13**(1), 121–130.
3. Galappaththi, K., Lim, A., Ekanayake, P., & Petra, M. I. (2017). Cyanidin-based novel organic sensitizer for efficient dye-sensitized solar cells: DFT/TDDFT study. *International Journal of Photoenergy*, **2017**.
4. Andualem, A., & Demiss, S. (2018). Review on dye-sensitized solar cells (DSSCs). *Edelweiss Appli Sci Tech*, **2**, 145–150.
5. Pablo, C. C. V., Enrique, R. R., José, A. R. G., Enrique, M. P., Juan, L. H., & Eddie, N. A. M. (2016). Construction of dye-sensitized solar cells (DSSC) with natural pigments. *Materials Today: Proceedings*, **3**(2), 194–200.
6. Ammar, A. M., Mohamed, H. S., Yousef, M. M., Abdel-Hafez, G. M., Hassanien, A. S., & Khalil, A. S. (2019). Dye-sensitized solar cells (DSSCs) based on extracted natural dyes. *Journal of Nanomaterials*, **2019**.
7. Maulana, M. F., Yuniarti, E., Nurlaela, A., & Saptari, S. A. (2021). Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Efficiency Derived from Natural Source. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, **17**(3), 68–73.
8. Rahman, I. A., & Purqon, A. (2015). Studi Density Functional Theory (DFT) dan Aplikasinya Pada Perhitungan Struktur Elektronik Monolayer MoS₂. *Prosiding SKF 2015*, 497–503.
9. Wulandari, A., Afrizal, A., Emriadi, E., & Efdi, M. (2020). Studi komputasi terhadap struktur, sifat antioksidan, toksisitas dan skor obat dari scopoletin dan turunannya. *Chempublish Journal*, **5**(1), 77–92.
10. Boschloo, G., & Hagfeldt, A. (2009). Characteristics of the iodide/triiodide redox mediator in dye-sensitized solar cells. *Accounts of chemical research*, **42**(11), 1819–1826.
11. Antosiewicz, J. M., & Shugar, D. (2016). UV-Vis spectroscopy of tyrosine side-groups in studies of protein structure. Part 1: Basic principles and properties of tyrosine chromophore. *Biophysical Reviews*, **8**(2), 151–161.
12. Ahliha, A. H., Nurosyid, F., Supriyanto, A., & Kusumaningsih, T. (2018, March). Optical properties of anthocyanin dyes on TiO₂ as photosensitizers for application of dye-sensitized solar cell (DSSC). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **333**(1), 012018.
13. Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret FTIR spectroscopy of organic

- material. *Indonesian Journal of Science and Technology*, **4**(1), 97–118.
14. Jin, Z., Chu, Q., Xu, W., Cai, H., Ji, W., Wang, G., ... & Zhang, X. (2018). All-fiber Raman biosensor by combining reflection and transmission mode. *IEEE Photonics Technology Letters*, **30**(4), 387–390.
15. Xu, C., & Wang, Y. (2012). Collagen cross-linking increases its biodegradation resistance in wet dentin bonding. *The journal of adhesive dentistry*, **14**(1), 11.



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

ANALISIS STRUKTUR KARAKTERISASI XRD DAN SEM PADA *REDUCED GRAPHENE OXIDE (rGO)* LIMBAH BAN

Sandi Tri Febriani*, Ety Jumiati, Miftahul Husnah
Program Studi Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

*E-mail korespondensi: sandytrifebriani123@gmail.com

ABSTRACT

Research has been carried out using waste tires as the basic material for reduced graphene oxide (rGO). This research has been successfully synthesized using waste tire smoke with combustion and microwave assisted methods as a faster, easier, and safer synthesis process. The characterizations used in this research are X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscope (SEM). The powder is obtained through the process of capturing smoke from burning waste tires manually at a temperature of 300°C for 3 hours. Then it was reduced using microwave heating with variations in heating time of 20, 25, and 30 minutes. The results of the XRD characterization data showed a diffraction peak (002) peak at $2\theta = 25^\circ$ and a diffraction peak (101) peak $2\theta = 43.9^\circ$ which identified rGO and the results of the SEM characterization test obtained that the surface morphology formed a thin sheet.

Keywords: Waste Tires, Reduced Graphene Oxide (rGO), Microwave.

ABSTRAK

Telah diteliti penelitian dengan berbantuan limbah ban sebagai material dasar reduced graphene oxide (rGO). Penelitian ini telah berhasil disintesis menggunakan asap limbah ban dengan metode pembakaran dan berbantuan microwave sebagai proses sintesis yang lebih cepat, mudah, dan aman. Karakterisasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu X-ray diffraction (XRD) dan scanning electron microscope (SEM). Serbuk diperoleh melalui proses penangkapan asap dari pembakaran limbah ban secara manual pada suhu 300°C selama 3 jam. Kemudian direduksi menggunakan pemanasan microwave dengan variasi waktu pemanasan 20, 25, dan 30 menit. Hasil data karakterisasi XRD terdapat puncak difraksi (002) peak pada $2\theta = 25^\circ$ dan puncak difraksi (101) peak $2\theta = 43.9^\circ$ yang mengidentifikasi rGO dan hasil uji karakterisasi SEM diperoleh morfologi permukaan membentuk lembaran tipis.

Kata kunci: Limbah Ban, *Reduced Graphene Oxide (rGO)*, Microwave.

Diterima 25-11-2022 | Disetujui 06-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologisaat ini mampu menyebabkann banyaknya pengembangn berbagai jenis materiall fisika di bidang ilmu pengetahuan dan penelitian. Salah satu dari new material yang berkembang belakangan ini adalah grafena (*graphene*). *graphene* mempunyai susunan atom yang berbentuk segi enam serupa dengan sarang pada lebah dan membentuk satu lembaran setipis satu atom [1].

Graphene adalah bahan dua dimensi *monoatomic* dari satu lapis *grafitt* yang ditemukan pada tahun 2004 oleh Andree K.

Geim dan Konstantiin Novoselove dengan menggunakan *scotch tape* yang ditempelkan pada *graphite* untuk mengambil sampel serbuk-serbuk karbonnya. *Graphene* memiliki modulus Young 1 TPa, dengan konduktifitas *thermal* 3000 Wm/k, luas permukaan yang terukur sebesar 2.635 m²/g, dan mobilitas electron 15000 cm²V⁻¹s⁻¹ [2]. Aplikasi *graphene* sangat luas diberbagai bidang seperti nanoelektrik, sensor, nanokomposit, baterai, superkapasitor, semikonduktor, dan elektroda transparant.

Pada penelitian sebelumnya, sintesis *reduced graphene oxide (rGO)* telah dilakukan

dengan metode pembakaran yang memanfaatkan sampah anorganik. Hasil karakterisasi dianalisis menggunakan XRD dan diperkuat dengan FTIR mendeskripsikan bahwa asap sampah anorganik yang menggunakan alat penangkap asap berbentuk cerobong ialah berupa material rGO [3].

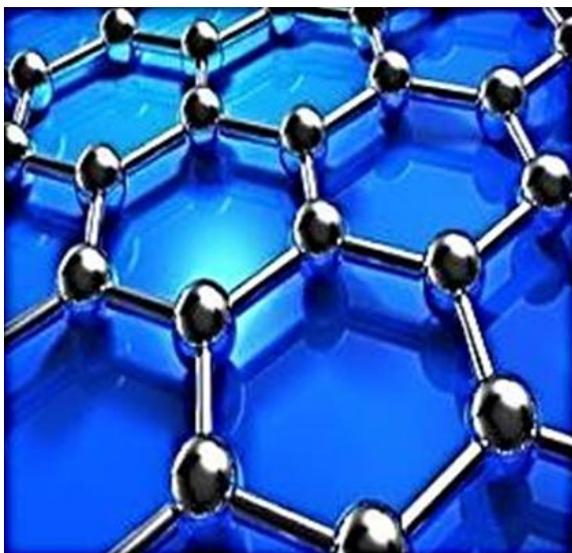
Berdasarkan hasil uji diatas, maka penelitian ini bermaksud untuk mengetahui struktur kristal dan morfologi permukaan rGO dengan memanfaatkan limbah ban sebagai material dasar dengan berbantuan *microwave* dalam mensintesis rGO.

TINJAUAN PUSTAKA

Graphene

Graphene adalah satu dari banyaknya material baru pada bidang *nanotechnology* yang sangat diperluas saat ini. Satu lembar *graphene* dengan luas 1 cm² beratnya sekitar 0,77 miligram. Lapisan tipis ini adalah salah satu contoh material dua dimensi.

Graphene mempunyai satu lapis atom karbon yang susunannya rapat membentuk struktur seperti sarang lebah yang ditunjukkan pada Gambar 1. Struktur tersebut danikatan kovalen pada *graphene* menjadikannya mempunyai sifat-sifat fisika yang sangat menarik seperti sifat elektronik, optik, dan mekanik [4].



Gambar 1. Struktur atom segi enam *graphene*.

Reduced Graphene Oxide (rGO)

rGO merupakan material pengganti *graphene*, karena sintesis rGO lebih sederhana dari *graphene* namun memiliki sifat yang serupa dengan *graphene*. Metode reduksi yang dimodif untuk sintesis rGO dapat dirincikan menjadi empat metode utama yaitu pengelupasan mekanis, *chemistryvapor deposition* (CVD), *chemistry reduct*, dan reduksi berbantuan *microwave* [5]. Menggunakan reduksi termal *microwave* sebagai energi panas dikoreksi mampu mereduksi GO dengan faster. Iridasi *microwave* mampu membuat serbuk GO tidak basah dan mampu mereduksi secara efektif dengan beberapa detik.

Teknik pemanasan *microwave* cenderung lebih efektif untuk mereduksi GO dengan suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan pemanasan konvensional. Selain itu, metode hidrotermal *microwave* juga memberikan karakter yang sangat bagus dibandingkan dengan teknik hidrotermal konvensional sejak perangkat *microwave* dapat memberikan energi gelombang elektromagnetik secara homogeni pada seluruh bahan cair kimia. Kelemahan metode ini yaitu cara reduksi mampu mengetahui kerusakan yang dapat menurunkan sifat elektronik dari *graphene*.

Limbah Ban

Sampah anorganik dapat didefinisikan sebagai sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati, baik berupa hasil sintesis maupun produk proses teknologi pengolahan bahan tambang [6]. Secara khusus sampah anorganik yang saat ini digunakan yaitu karet ban kendaraan yang diproses melalui metode pembakaran dan menghasilkan serbuk. Serbuk yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi dan dijadikan sebagai rGO yang mampu diaplikasikan di segala aspek penelitian.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Effendy *et al.* (2021), bahan baku utama pembuatan ban dalam kendaraan bermotor berupa karet alam dan karet sintesis [7]. Karet

sintesis pada ban dalam kendaraan bermotor mengandung polimer isoprena, stirena, dan butadien. Pada ban dalam kendaraan bermotor juga terdapat bahan pendukung di antaranya yaitu senyawa, antioksidan, *softeners*, dan carbon hitam seperti pada Tabel 1. Ditinjau dari bahan-bahan yang terkandung pada ban dalam kendaraan tersebut maka tidak lagi mudah terurai secara biologis.

Tabel 1. Kandungan limbah ban.

Komponen	Kandungan
<i>Black carbon</i>	35%
Karet alam	25%
<i>Styrene Butadiene</i>	15%
Kalsium/kaolin	10%
Butil karet	5%
Unsur ZnO	4%
Senyawa naften/aromatik	3%

Limbah ban dapat dimanfaatkan sebagai karbon, rGO, dan jenis material lainnya apabila diolah sesuai dengan metodenya. Limbah karet ban dipilih karena mampu menghasilkan jumlah karbon yang sangat banyak dikarenakan komposisi penyusun limbah ban mengandung kadar karbon yang tinggi yakni 35%. Banyaknya karbon ini dapat menghomogenisasi senyawa dalam ekstruksi dan adhesi. Susunan dari limbah ban ini mengandung zat pengikat yang dapat menyatukan semua partikel. Limbah ban berasal dari berbagai macam material seperti karet murni, karet saentetik, senyawa kimia, dan minyak tertentu [8].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilakukan dengan menggunakan metode pembakaran dan *microwave* untuk mensintesis asap limbah ban. Dalam penelitian ini menggunakan alat yaitu : *microwave*, kaca preparat, statif, gunting, penjepit buaya, korek api, sikat gigi, wadah, tungku api, seng, oven, *magnetic stirrer*, gelas ukur 100 ml, *beaker glass* 250ml, kertas saring, aluminium foil, timbangan analitik, XRD, dan SEM. Sedangkan bahan-bahannya yaitu : serbuk asap limbah ban, aquades, etanol, lem *polyvinyl acetate* (PVA), dan sodium sulfat.

Adapun prosedur sintesis rGO penelitian ini adalah:

1. Disiapkan kaleng bekas dan seng dengan ukuran 15 cm sebagai tungku pembakaran.
2. Kemudian karet ban dibakar dan asap ditangkap dengan kaca preparat.
3. Digerus asap yang tertempel pada kaca untuk menghasilkan serbuk.
4. Serbuk kemudian dibagi dua untuk metode pembakaran dan *microwave*.
5. Pada metode pembakaran dilakukan selama 3 jam pada suhu 300°C kemudian dikarakterisasi XRD dan SEM.
6. Pada metode *microwave* dicampurkan 25 gr serbuk + 100 ml aquades + 100 ml etanol dalam *beaker glass* lalu di *microwave* pada daya 300 Watt dan variasi waktu 20, 25, dan 30 menit.
7. Dikeluarkan kemudian di cuci tiga kali dengan aquades dan etanol disaring kemudian dipanaskan selama 6 jam pada temperatur 60°C.
8. Serbuk dikarakterisasi XRD dan SEM dan dianalisis data hasil pengujiannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini berupa gambaran struktur molekul cyanidin yang telah dioptimasi dengan metode DFT. Hasil lain yang diperoleh menggambarkan level energi HOMO-LUMO pada molekul orbital *cyanidin* untuk pelarut *cyanidin* I, air dan acetonitrile. Pada penelitian ini juga membahas tentang sifat optik dari cyanidin dengan ketiga pelarut tersebut. Adapun sifat optiknya berupa pola absorpsi gelombang uv-vis, pola transmitansi spektrum infra red dan pergeseran hamburan spektrum raman.

Hasil penelitian dilakukan dengan pendekatan alitik kuantitatif deskriptif. Dimana hasil penelitian berupa grafik, numerik, dan gambar yang dianalisis secara deskriptif. Serbuk rGO yang dihasilkan dengan menggunakan limbah ban bekas pakai yang dibakar dan direduksi berbantuan pemanasan *microwave*. Untuk data hasil

pengujian karakterisasi yang diperoleh dianalisis menggunakan *software* OriginPro18.

Hasil Karakterisasi XRD

Difraksi X-ray atau biasa dikenal dengan XRD merupakan alat karakterisasi yang diperlukan untuk menganalisis sifat *graphene*. Pada Tabel 2 menunjukkan perbandingan parameter struktur pada rGO hasil karakterisasi XRD.

Tabel 2. Perbandingan parameter struktur rGO karakterisasi XRD.

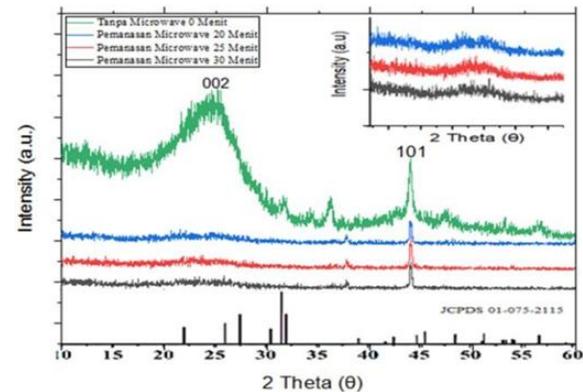
Sampel (menit)	Peak			
	2θ (°)	FWHM (°)	Ukuran Kristal (nm)	Jarak Kristal (nm)
0	25	3,3	2	0,356
20	25,6	1	8	0,347
25	25,8	1,1	7	0,345
30	25,9	1,1	7	0,343

Disesuaikan dengan persamaan Bragg diperoleh jarak antar bidang kristal untuk sampel 0, 20, 25, dan 30 menit jarak antar bidang kristal sebesar 0,356 nm, 0,347 nm, 0,345 nm, 0,343 nm. Ukuran kristalinitas dihitung dengan persamaan Scherrer dan diperoleh ukuran kristal untuk sampel dengan waktu pemanasan 0, 20, 25, dan 30 menit yang terjadi pada puncak (002) diperoleh jarak diantara layer pada rGO sebesar 2 - 8 nm. Jarak pada bidang kristal semakin kecil apabila waktu pemanasan *microwave* semakin meningkat.

Menurunnya jarak bidang kristal maka dapat dinyatakan material tersebut semakin berstruktur kristalin. Ketika suatu material berstruktur kristalin maka susunan atomnya akan lebih teratur dan rapi. Hal tersebut juga akan mempengaruhi sifat dari material itu sendiri, termasuk sifat listriknya [9]. Gambar 2 berikut adalah hasil grafik struktur kristal XRD.

Pada Gambar 2 apabila mengacu pada rujukan sebelumnya maka dapat dinyatakan serbuk dari asap sampah limbah ban berupa rGO. Hal ini dikarenakan terdapat puncak difraksi (002) pada $2\theta = 25^\circ$ yang mengindikasikan

jarak diantara *layer* pada rGO dan puncak difraksi (101) pada $2\theta = 43,9^\circ$.



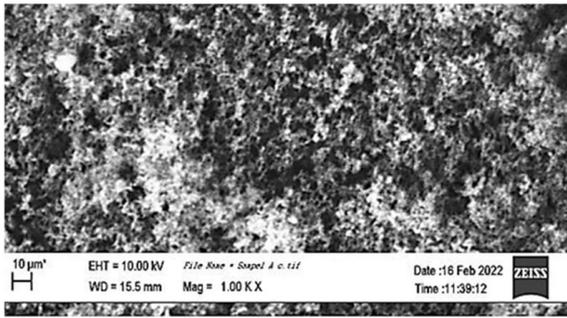
Gambar 2. Hasil karakterisasi XRD.

Hasil ini menunjukkan menggunakan limbah ban dengan metode pembakaran dan *microwave* mengidentifikasi serbuk rGO sesuai dengan penelitian sebelumnya dengan memanfaatkan kain perca dalam menghasilkan serbuk rGO [10].

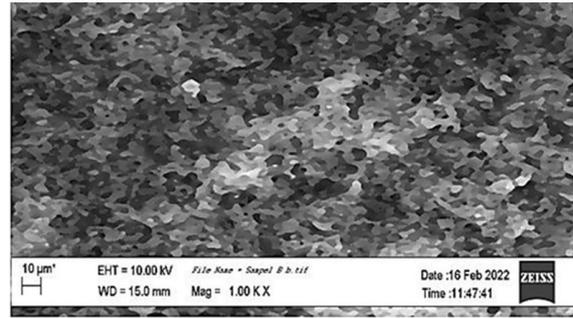
Hasil Karakterisasi SEM

Scanning electron microscopy (SEM) yang digunakan untuk menganalisa sifat material topografi, morfologi, komposisi, dari material tersebut. Serbuk rGO dari asap sampah anorganik limbah ban melalui metode pembakaran dan *microwave*.

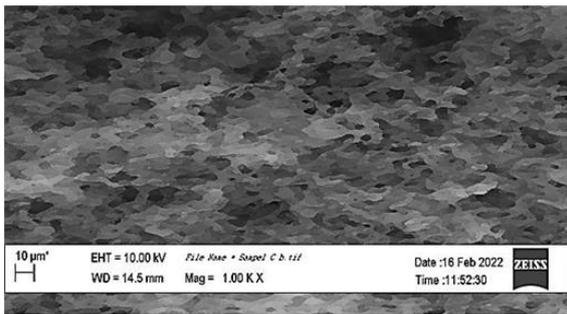
Pada Gambar 3 merupakan hasil karakterisasi SEM pada metode pembakaran yang dilakukan dengan pembesaran 1000 kali. Analisa morfologi rGO pada 0 menit terlihat membentuk tumpukan karbon dan belum lembaran tipis. Pada waktu 20 menit diperoleh sampel serbuk limbah ban yang terbentuk sedikit memiliki morfologi lembaran tipis. Pada waktu 25 menit morfologi rGO terlihat mengelupas membentuk lembaran tipis. Pada metode *microwave* dengan variasi waktu 30 menit diperoleh sampel serbuk karet ban yang terbentuk memiliki morfologi lembaran tipis. Untuk pemanasan rGO dengan waktu 30 menit lembaran tipis dapat terlihat jelas pada metode *microwave*. Lembaran tipis yang menyerupai seperti asap mengidentifikasi serbuk asap limbah ban merupakan rGO.



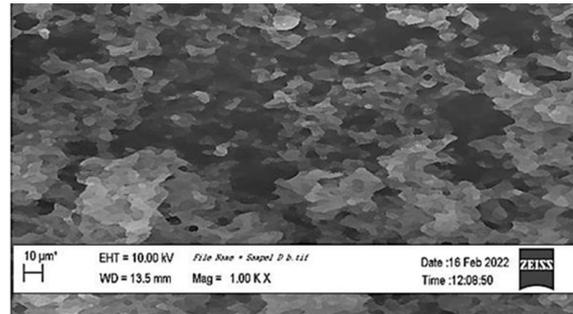
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3. Hasil karakterisasi SEM (a) 0 menit, (b) 20 menit, (c) 25 menit, dan (d) 30 menit.

Apabila jarak antar lapisan rGO semakin dekat maka morfologi permukaan akan terlihat membentuk tumpukan karbon, sehingga lembaran tipis yang dihasilkan tidak terlihat jelas. Pengaruh variasi pemanasan *microwave* mampu menghasilkan lembaran tipis pengelupasan rGO lebih mudah diidentifikasi dibandingkan dengan metode tanpa pemanasan *microwave* [11].

KESIMPULAN

rGO berbahan dasar limbah ban telah berhasil disintesis dengan metode pembakaran dan berbantuan *microwave* dikarakterisasi menggunakan XRD terdapat puncak difraksi (002) pada $2\theta = 25^\circ$ yang mengindikasikan space diantara layer pada rGO dan puncak difraksi (101) pada $2\theta = 43,9^\circ$. Untuk karakterisasi SEM morfologi rGO yang signifikan pada waktu 30 menit dimana lembaran tipis teridentifikasi. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan metode *microwave* dengan peningkatan variasi waktu dan daya

yang berbeda agar menghasilkan morfologi dan struktur kristalinitas rGO yang lebih murni.

REFERENSI

1. Alwin, A. (2020). *Sintesis komposit grafena oksida tereduksi (rGO) dan seng oksida (ZnO) dari Arang Tempurung Kelapa (Cocos Nucifera)*. Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
2. Honorisal, M. B. P., Huda, N., Partuti, T., & Sholehah, A. (2020). Sintesis dan karakterisasi grafena oksida dari tempurung kelapa dengan metode sonikasi dan hidrotermal. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, **16**(1), 1–11.
3. Najati, B. L., & Norman Syakir, F. (2023). Sintesis dan karakterisasi reduced graphene oxide dari serbuk arang tempurung kelapa menggunakan metode solid state. *JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, **7**(1), 30–40.
4. Fathia, A. (2018). *Sintesis dan karakterisasi graphene oxide terkombinasi nanopartikel perak dalam fase cair*.

- Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Tarcan, R., Todor-Boer, O., Petrovai, I., Leordean, C., Astilean, S., & Botiz, I. (2020). Reduced graphene oxide today. *Journal of Materials Chemistry C*, **8**(4), 1198–1224.
 6. Yudiyanto, E. Y., & Tania, A. L. (2019). *Pengelolaan sampah pengabdian pendampingan di Kota Metro*. Metro, Indonesia: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Institut Agama Islam Negeri Metro dengan Sai Wawai Publishing.
 7. 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.
 8. Azhar, I., & Hasyim, W. (2019). Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Karet Ban Bekas Terhadap Karakteristik Aspal Ditinjau dari Nilai Penetrasi dan Daktilitas. *Prosiding Seminar Nasional Program Studi Magister Teknik Sipil ULM*, **6**, 197.
 9. Puspitasari, W. R., & Dwandaru, W. S. B. (2017). *Preparasi dan sintesis graphene oxide dengan variasi waktu pembakaran kain perca menggunakan metode penangkapan asap dengan kaca preparat berdasarkan uji absorbansi dan gugus-gugus fungsional*. Yogyakarta: UNY.
 10. Widyaastuti. (2019). *Karakterisasi material*. Surabaya: ITS Press.
 11. Efelina, V. (2019). Sintesis nanofiber reduced graphene oxide menggunakan fabrikasi elektrospinning. *Orbital Chemistry Journal*, **2**(3), 1–8.



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

IDENTIFIKASI INTRUSI AIR LAUT PADA AKUIFER MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK

Iyu Suknawati, Usman Malik*

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: usman.malik@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

The identification of the effect of seawater intrusion on aquifers on groundwater depth using the geoelectrical dipole-dipole configuration method has been carried out in Tanjung Kapal Village, Rupat Bengkalis. In this study, the length of the track used is 100 meters. data retrieval used are resistivity meter, resulting current data (I) and potential difference (V). Data processing uses Res2divn software which results in the form of image resistivity, 2D resistivity below the surface. This track has a distance of 200 m from the coast with resistivity values ranging from 0.726 – 351 Ω m. Interpretation results show that there is sea water intrusion on this line as evidenced by its resistivity value. The resistivity value of rocks affected by intrusion on track is 0.726 – 4.26 Ω m. The results of the quality of groundwater that have been tested are classified as brackish. Well water is not suitable for human consumption. corresponding to the test results of well water samples showed a pH value of 7.0 and a salinity of 0.22%.

Keywords: Seawater Intrusion, Dipole-Dipole Configuration, Resistivity, Aquifer.

ABSTRAK

Identifikasi pengaruh intrusi air laut terhadap akuifer pada kedalaman airtanah menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipol-dipol telah dilakukan di Desa Tanjung Kapal, Rupat Bengkalis. Pada penelitian ini panjang lintasan yang digunakan adalah 100 meter. Pengambilan data yang digunakan adalah resistivitas meter, menghasilkan data arus (I) dan beda potensial (V). Pengolahan data menggunakan software Res2divn yang hasilnya berupa resistivitas citra, resistivitas 2D di bawah permukaan. Pada lintasan ini memiliki jarak 200 m dari pantai dengan nilai resistivitas berkisar antara 0,726 – 351 Ω m. Hasil interpretasi menunjukkan adanya intrusi air laut pada lintasan ini dibuktikan dari nilai resistivitasnya. Nilai resistivitas batuan yang terkena intrusi pada lintasan sebesar 0,726 – 4,26 Ω m. Hasil kualitas air tanah yang telah diuji tergolong payau. Air sumur tidak layak untuk dikonsumsi manusia. Sesuai dengan hasil pengujian sampel air sumur menunjukkan nilai pH 7,0 dan salinitas 0,22%.

Kata kunci: Intrusi Air Laut, Konfigurasi Dipol-Dipol, Resistivitas, Akuifer.

Diterima 29-11-2022 | Disetujui 10-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat dibutuhkan bagi semua makhluk hidup dan juga tumbuhan yang ada di bumi, khusus manusia sangat memerlukan air bersih untuk dikonsumsi seperti cuci, mandi dan lain sebagainya [1-3]. Sedangkan makhluk hidup lainnya atau tumbuhan hanya memerlukan air dan tidak perlu bersih, untuk menutupi kebutuhan hidupnya. Air bersih yang dibutuhkan oleh manusia biasanya digunakan

air tanah yang merupakan salah satu sumber air bersih dan banyak serta layak digunakan oleh masyarakat, sehingga hal ini sesuai dengan *sustainable development goals* (SDGs) yang dibuat oleh *United Nation* (UN) tentang clean water and sanitation [4]. Namun sangat disayangkan ada beberapa faktor yang menyebabkan masyarakat tidak bisa mengakses air tanah seperti kondisi wilayah yang tidak mendukung contohnya wilayah pesisir yg melarang pengambilan air tanah yang berlebihan dimana akan merusak lingkungan pesisir yang

akan berakibat permukaan air tanah semakin rendah sehingga terjadinya penggenangan lahan yang menimbulkan intrusi air asin [5].

Intrusi air asin adalah Bergeraknya air laut pada pasang naik dan pasang surut kearah darat dan tertinggal dipori-pori [6]. Dan kasus intrusi air laut adalah masalah yang sering muncul diwilayah pesisir tepi laut. Masalah ini berhubungan dengan kebutuhan air bersih [7]. Peristiwa dimana permukaan air tanah mengalami penurunan di wilayah pesisir, hal ini dikarenakan adanya *cone of depression an ascension* dalam air tanah [8]. Dengan terjadinya penurunan muka air tanah ini megakibatkan air tanah tidak bisa digunakan untuk kebutuhan sehari-hari dan kualitas air sumur juga menurun sehingga terpaksa ditutup dan ditinggalkan [9]. Kebutuhan air bersih akan terus meningkat dimana kebutuhan air minum meningkat sebanding dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan suatu wilayah [10]. Ketika kebutuhan air bersih meningkat maka ekstraksi air tanah akan menjadi lebih penting. Ini menyebabkan pasokan air tanah menurun sehingga menyebabkan air laut masuk ke akuifer [11].

Kualitas air yang baik berada di lapisan akuifer yang mana dilapisan tersebut terdapat beberapa susunan batuan atau regolith tempat air tanah berada [12,13], dan biasanya masyarakat dalam membuat sumur dan mencari titik air tanah hanya menggunakan peralatan seadanya saja sehingga air yang diperoleh kurang bagus, hal ini dikarenakan kurangnya data sebaran akuifer air tanah di daerah tersebut [14-16]. Untuk mengetahui kualitas kebersihan air, maka perlu dianalisis terhadap parameter fisika, kimia, dan biologi. Pada pengujian kali ini, parameter yang dianalisis yaitu pH dan salinitas.

Desa tanjung kapal merupakan daerah yang terletak di wilayah pesisir pantai sehingga banyak terdapat sungai-sungai kecil yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut yang berpotensi mengakibatkan kualitas air tanah di desa tanjung kapal ini bersifat payau atau asin dengan salinitas sedang dan tinggi dan terhubung langsung dengan laut yang

ditumbuhi pohon-pohon bakau di sekelilingnya. Sungai kecil ini juga dimanfaatkan oleh para nelayan untuk menyandarkan perahu-perahu mereka[17-19]. Keberadaan lahan gambut yang mendominasi wilayah Kabupaten Bengkalis merupakan kantong-kantong penyimpanan air yang sangat besar yg memudahkan terjadinya intrusi air asin [20,21]. Dalam meningkatkan pemahaman tentang letak akuifer air tanah maka dilakukan pengamatan serta pengukuran dengan menggunakan metode geolistrik di daerah tersebut.

Penggunaan metode geolistrik dapat digunakan dalam menentukan lapisan dan letak akuifer air tanah serta litologi lapisan batuan bawah permukaan yang mana dengan metode ini memiliki keuntungan yaitu tidak merusak lingkungan daerah tersebut untuk mencari sumber air bersih serta mampu mendeteksi lapisan tanah sampai beberapa puluh meter di bawah permukaan tanah dan yang paling penting yaitu biayanya relatif murah [22-24].

METODE PENELITIAN

Pengukuran Geolistrik

Adapun tahap-tahap pengukuran data penelitian ini adalah:

- Elektroda ditancapkan pada permukaan tanah dengan jarak spasi setiap elektode sama yaitu 5 meter.
- Setelah elektroda di tancapkan lalu hubungkan kabel gulung ke electrode arus (C1 dan C2) dan electrode potensial (P1 dan P2) pada alat resistivity meter yang digunakan sebagai penghantar arus dan potensial.
- Kabel konektor digunakan untuk menghubungkan baterai ke jack INPUT (+) dan (-) pada resistivitymeter.
- Hidupkan resistivitymeter dengan menekan tombol power dari OFF menjadi ON. Perhatikan jika indicator current loop sudah menunjukkan kebagian kanan maka resistivitymeter sudah memadai jika tidak maka perbaiki koneksinya, dengan memperdalam elektroda arus atau tanah

disekitar elektroda arus disiram dengan air agar kontak lebih baik.

- Tekan tombol pada resistivitymeter sampai display hingga tegangan V mendekati angka nol atau menunjukkan angka nol.
- Tekan tombol STAR untuk menginjeksikan arus sampai display arus I (mA) menampilkan angka stabil.
- Selanjutnya tekan tombol HOLD lalu baca arus pada display arus I serta potensial/ harga tegangan pada display tegangan V untuk mendapatkan data pengukuran.
- Pengukuran dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan data hasil pengukuran yang lebih meyakinkan.
- Kemudian tulis seluruh data hasil pengukuran, salah satunya jarak spasi elektroda (a, n) pada tabel hasil pengukuran.
- Selanjutnya posisi elektroda pertama dipindahkan ke posisi berikutnya.
- Untuk mendapatkan hasil data dengan posisi elektroda yang berbeda maka lakukan pengulangan tahap pengukuran tersebut.

Pengujian Kualitas Air

Sampel dapat diambil dari sumur bor masyarakat di lokasi titik penelitian lintasandengan kedalaman 15 meter. pengujian derajat keasaman dari sampel dapat diketahui dengan cara menggunakan alat pH meter dan

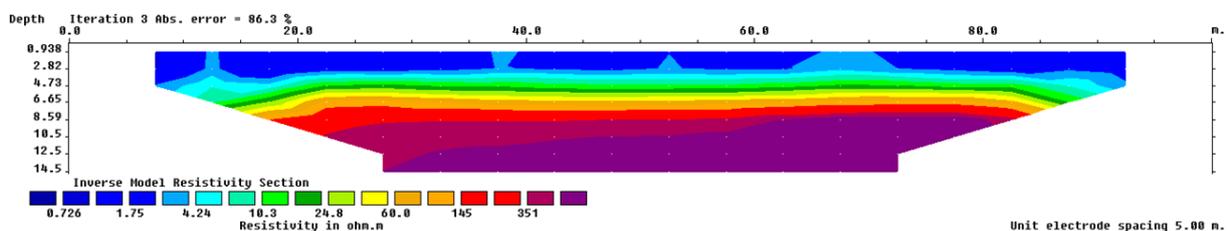
pengujian salinitas menggunakan alat refraktometer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Nilai Resisitivitas dan Struktur Litologi Intrusi Air Laut

Data penelitian yang diukur dilapangan untuk setiap titik pengukuran memiliki panjang lintasan sejauh 100 meter di kelurahan tanjung kapal, kecamatan rupa, kabupaten bengkalis dengan menggunakan alat resistivitas yang terdiri dari parameter arus dan beda potensial. Kemudian data dikonversikan menjadi resistivitas semu menggunakan softwer Res2Dinv.

Hasil perhitungan dan pengolahan data menggunakan software Res2Dnv dengan konfigurasi dipole-dipole diperoleh kedalaman dan nilai yang terbaca software Res2Dnv sampai 14,5meter yang memperlihatkan lapisan-lapisan batuan dan nilai resisitivitasnya.Pada lintasan ini diambil lebih dekat dengan tepi pantai sehingga zona intrusinya lebih luas Lintasan 1 berada pada titik koordinat 1^o43'44.33"N 101^o27'23.49"E Panjang lintasan 100 m melewati sumber air asin dan penampang resistivitas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Interpretasi jenis lapisan batuan lintasan.

Harga resistivitas lapisan tanah berkisar antara 0,726 – 351 Ω m. lapisan pertama dengan kedalaman 4 m dan membentang dari titik 8 – 92 m dengan nilai resistivitas 0,726 – 1,75 Ω m (warna biru) daerah ini sudah termasuk daerah intrusi air laut. Pada nilai resistivitas 4,24 –10,3

Ω m, air asin sudah bercampur dengan lempung, dimana sumber air asin yang dibatasi oleh lapisan lempung (warna biru muda) membentang dari titik 10 – 90 m dengan kedalaman mencapai 6 m dan pada kedalaman ini terdapat lempung berpasir. Pada lapisan

selanjutnya terdapat batuan sediment lepas berupa pasir, kerikil dan lempung (warna hijau) dengan nilai resistivitas 24,8 – 60,0 Ω m terdapat kedalaman 7 – 8,59 m yang membentang antara 10 – 87 m. sedangkan lapisan dengan nilai resistivitas 145 – 351 Ω m (warna kuning sampai jingga) terdapat pasir kasar dan kerikil tidak berlempung dengan kedalaman 9 – 14,5 m lapisan batuan tidak terintrusi air laut karena lapisan batuan terdiri dari lapisan padat.

Tabel 1. Hasil interpretasi pengolahan data

Resistivitas (Ω m)	Kedalaman (m)	Keterangan
0,726 – 1,75	4	Intrusi air laut
4,24 – 10,3	1 – 6,65	Lempu ng berpasir
24,8 – 60,0	7 – 8,59	Pasir
145 – 351	9 – 14,5	Kerikil

Pengujian Kualitas Air

Uji kualitas air ini menggunakan satu sampel, dimana sampel yang digunakan adalah air sumur bor rumah warga yang lokasinya berjarak 5 meter dari titik penelitian dengan kedalaman sumur 15 meter.

Tabel 2. Hasil analisis kualitas air

Parameter Uji	Standar Baku Mutu	Sampel
pH	6,5 – 8,5	7,6
Salinitas	5	0,22

Parameter pH

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air, batas baku mutu pH yang diizinkan adalah 6,5 – 8,5. Parametet pH digunakan untuk menyatakan intensitas asam atau basa pada suatu larutan. Derajat keasaman pH memiliki hubungan yang sangat erat dengan kandungan logam. Semakin banyak kandungan logam berat yang ada dalam sungai dan juga sumur akan membuat kecilnya nilai pH sehingga kesadahan air akan bersifat asam. Air bersifat basa karena adanya karbonat, bikarbonat dan hidroksida.

Parameter Salinitas

Salinitas adalah garam yang larut dalam air. Salinitas dapat dinyatakan sebagai jumlah gram garam per kilogram atau 1000 (ppt). Berdasarkan salinitasnya, air dapat diklasifikasikan menjadi lima jenis: 0 – 1 ppt (segar), 1 – 3 ppt (segar hingga payau), 3 – 5 ppt (payau), 5 – 35 ppt (salinitas), dan 35 ppt keatas (super salinitas). Ada beberapa factor yang mempengaruhi kadar garam air sumur yaitu curah hujan, evaporasi, dan intrusi air laut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran nilai resistivitas di Kelurahan Tanjung Kecamatan Rupa Kabupaten Bengkalis hasil interpretasi untuk lintasan lapisan tanah yang didapatkan dengan nilai resistivitas berkisar antara lain 0,726 – 351 Ω m dengan kedalaman yang didapatkan sampai 14,5 meter. lapisan akuifer dangkal pada lapisan pertama memiliki nilai resistivitas 4,26 – 24,8 Ω m, berada pada kedalaman 4 meter hingga 9 meter.

REFERENSI

1. Madhav, S., Ahamad, A., Singh, A. K., Kushawaha, J., Chauhan, J. S., Sharma, S., & Singh, P. (2020). Water pollutants: sources and impact on the environment and human health. *Sensors in Water Pollutants Monitoring: Role of Material*, 43–62.
2. Rim-Rukeh, A., Ierhievwie, G., & Agbozu, I. E. (2013). Traditional beliefs and conservation of natural resources: Evidences from selected communities in Delta State, Nigeria. *International journal of Biodiversity and Conservation*, 5(7), 426–432.
3. Kurunthachalam, S. K. (2014). Water conservation and sustainability: an utmost importance. *Hydrology: Current Research*, 5(2), 1.
4. Rees, S. E., Foster, N. L., Langmead, O., Pittman, S., & Johnson, D. E. (2018).

- Defining the qualitative elements of Aichi Biodiversity Target 11 with regard to the marine and coastal environment in order to strengthen global efforts for marine biodiversity conservation outlined in the United Nations Sustainable Development Goal 14. *Marine Policy*, **93**, 241–250.
5. Trihatmoko, E. (2020). *Dinamika Wilayah Kepesisiran Jawa Tengah Bagian Utara dengan Pendekatan Geomorfologi*. Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada.
 6. Comte, J. C., Wilson, C., Ofterdinger, U., & González-Quirós, A. (2017). Effect of volcanic dykes on coastal groundwater flow and saltwater intrusion: A field-scale multiphysics approach and parameter evaluation. *Water Resources Research*, **53**(3), 2171–2198.
 7. Sangkoro, D. (1979). *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta: Erlangga.
 8. Yuan, R., Song, X., Han, D., Zhang, L., & Wang, S. (2013). Upward recharge through groundwater depression cone in piedmont plain of North China Plain. *Journal of Hydrology*, **500**, 1–11.
 9. Octonovrilna, L., & Pudja, I. P. (2009). Analisis Perbandingan Anomali Gravitasi Dengan Persebaran Intrusi Air Asin. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, **10**(1), 39–57.
 10. Dos Santos, S., Adams, E. A., Neville, G., Wada, Y., De Sherbinin, A., Bernhardt, E. M., & Adamo, S. B. (2017). Urban growth and water access in sub-Saharan Africa: Progress, challenges, and emerging research directions. *Science of the Total Environment*, **607**, 497–508.
 11. Sosrodarsono, S. (1983). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
 12. Fenta, M. C., Anteneh, Z. L., Szanyi, J., & Walker, D. (2020). Hydrogeological framework of the volcanic aquifers and groundwater quality in Dangila Town and the surrounding area, Northwest Ethiopia. *Groundwater for Sustainable Development*, **11**, 100408.
 13. Nag, S. K., & Ghosh, P. (2013). Variation in groundwater levels and water quality in Chhatna Block, Bankura District, West Bengal—A GIS approach. *Journal of the Geological Society of India*, **81**, 261–280.
 14. Grönwall, J., & Danert, K. (2020). Regarding groundwater and drinking water access through a human rights lens: Self-supply as a norm. *Water*, **12**(2), 419.
 15. Cleaver, F., Chitata, T., de Bont, C., Joseph, K., Börjeson, L., & Kemerink-Seyoum, J. (2023). Knowing groundwater: embodied encounters with a lively resource. *Water Alternatives*, **16**(1), 171–192.
 16. Srinivasan, V., & Kulkarni, S. (2014). Examining the emerging role of groundwater in water inequity in India. *Water International*, **39**(2), 172–186.
 17. Tuli, M. (2020). Analysis of Shortfin Scad (*Decapterus macrosoma*) fisheries in Pohuwato, Gorontalo Province. *PROSIDING*, **10**(3453).
 18. Dewi, I. S., Budiarsa, A. A., & Ritonga, I. R. (2015). Distribusi mikroplastik pada sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Depik*, **4**(3).
 19. Hidayat, H. (2018). *Keberlanjutan Perkebunan Kelapa Sawit Swadaya Pada Lahan Gambut (Studi Kasus Desa Tanjung Kapal Kecamatan Rupa)*. Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya.
 20. Arifanti, V. B., Sidik, F., Mulyanto, B., Susilowati, A., Wahyuni, T., Yuniarti, N., ... & Novita, N. (2022). Challenges and strategies for sustainable mangrove management in Indonesia: a review. *Forests*, **13**(5), 695.
 21. Putra, A., Tri Ratnaningsih, A., & Ikhwan, M. (2018). Pemetaan daerah rawan kebakaran hutan dan lahan dengan menggunakan sistem informasi geografis (Studi Kasus: Kecamatan Bukit Batu, Kab. Bengkalis). *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, **13**(1), 55–63.

22. Sugito, Irayani, Z., & Jati, I. P. (2010). Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik. *Berkala Fisika*, **13**(2), 49–54.
23. El Bastawesy, M., Attwa, M., Hafeez, T. H. A., & Gad, A. (2019). Flash floods and groundwater evaluation for the non-gauged dryland catchment using remote sensing, GIS and DC resistivity data: a case study from the Eastern Desert of Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, **152**, 245–255.
24. Ige, O. O., Adunbarin, O. O., & Olaleye, I. M. (2022). Groundwater potential and aquifer characterization within Unilorin campus, Ilorin, Southwestern Nigeria, using integrated electrical parameters. *International Journal of Energy and Water Resources*, 1–18.



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

IDENTIFIKASI AIR LAUT TERHADAP AIR TANAH MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI KELURAHAN MUNDAM KOTA DUMAI

Mei Saroh, Usman Malik*
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: usman.malik@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Seawater intrusion has a serious impact on the availability of clean water for the population. Indications of seawater intrusion in several locations in Mundam Village, Dumai City are shown by fluctuations in resident well water from fresh water to brackish water to salt water. This study aims to determine the seawater intrusion zone that occurs using the geoelectric method of the Schlumberger configuration in Mundam Village, Dumai City and to determine the water quality around the research area using several parameters, namely pH, salinity, total dissolved solid, and Turbidity. 1D data processing is carried out with progress software and a 1D cross-sectional model is obtained. This research was conducted on 2 tracks with a distance of 100 meters for each track. The results of the inversion using progress software can be seen that seawater intrusion occurs on line 1, the resistivity value is $0.46 \Omega\text{m}$ with a depth of 14.74 – 22 m. Line 2 no longer contains seawater because the distance is more than 1 km from the coast. The depth of groundwater on track 2 is 15.09 – 22 m with a resistivity value of $1.59 \Omega\text{m}$ so that at a distance of more than 1 km from the coast it is very good for residents to use drilled wells to get water suitable for consumption.

Keywords: Seawater Intrusion, Geoelectrics, Schlumberger, Water Quality.

ABSTRAK

Intrusi air laut memiliki dampak yang serius terhadap ketersediaan air bersih bagi penduduk. Indikasi intrusi air laut di beberapa lokasi di Kelurahan Mundam Kota Dumai ditunjukkan oleh fluktuasi air sumur penduduk dari air tawar menjadi air payau hingga air asin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui zona intrusi air laut terjadi dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Mundam Kota Dumai dan menentukan kualitas air di sekitar daerah penelitian tersebut dengan menggunakan beberapa parameter yaitu pH, salinitas, total dissolved solid, dan Kekeruhan. Pengolahan data 1D dilakukan dengan software progress dan didapatkan model penampang 1D. Penelitian ini dilakukan pada 2 lintasan dengan jarak masing-masing lintasan yaitu 100 meter. Hasil inversi menggunakan software progress dapat dilihat intrusi air laut terjadi pada lintasan 1 diperoleh nilai resistivitas $0,46 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman 14,74 – 22 m. Lintasan 2 tidak lagi terdapat kandungan air laut karena jarak lebih dari 1 km dari pesisir pantai. Kedalaman air tanah pada lintasan 2 yaitu 15,09 – 22 m dengan nilai resistivitas $1,59 \Omega\text{m}$ sehingga pada jarak lebih dari 1 km dari pesisir pantai sangat baik digunakan oleh warga pada pembuatan sumur bor untuk mendapatkan air yang layak untuk dikonsumsi.

Kata kunci: Intrusi Air Laut, Geolistrik, Schlumberger, Kualitas Air.

Diterima 13-12-2022 | Disetujui 10-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Kelurahan Mundam adalah daerah yang memiliki banyak destinasi pantai, sehingga banyak masyarakat yang bermata pencaharian

sebagai nelayan. Kelurahan Mundam sebagian besar berupa dataran rendah yang landai, sehingga jenis tanah yang mendominasi di daerah Mundam yaitu tanah gambut [1-3].

Air laut yang menyusup ke air tanah merupakan masalah yang lazim terjadi di wilayah pesisir. Air bersih yang tercemar oleh air laut ini menjadi masalah yang sampai sekarang masih menjadi dilema karena air bersih tersebut menjadi tidak dapat untuk dikonsumsi. Kerusakan air tanah di lokasi pantai ditandai dengan air yang tidak bersih dan berasa asin. Intrusi air laut menyebabkan lapisan tidak layak untuk diminum, kedalaman air tanah harus dipahami [4,5]. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi adanya air laut yang menyusup kedalam air bawah tanah. Metode untuk mengidentifikasi air laut terhadap air tanah adalah dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger. Prinsip kerja metode ini yaitu dua elektroda arus diinjeksikan ke dalam tanah dan kemudian pengukur resistivitas digunakan untuk mengukur nilai tegangan melalui dua elektroda potensial. Metode geolistrik konfigurasi Schlumberger digunakan untuk mendeteksi lapisan permukaan bawah tanah secara vertikal. Metode ini memiliki penetrasi arus lebih dalam dan cara kerja yang mudah [6].

TINJAUAN PUSTAKA

Intrusi Air Laut

Air laut yang menyusup atau menembus ke celah – celah suatu batuan dapat menyebabkan air menjadi payau atau asin dan dapat mencemari kandungan air tanah [7]. Semakin banyak air tanah yang diambil, maka semakin lama pula proses intrusi yang dapat dilakukan. Intrusi air laut memiliki berbagai efek pada keberadaan manusia, termasuk masalah kesehatan dan kesuburan tanah berkurang. Intrusi air laut paling sering terjadi pada akuifer pantai. Ketika permukaan air tanah di akuifer air tawar turun di bawah permukaan laut normal, air asin akan mendorong air tawar menuju daratan.

Secara umum, intrusi air asin terjadi di perkotaan sebagai akibat dari terlalu banyak orang yang mengkonsumsi air tanah tanpa memberikan umpan balik yang memadai untuk

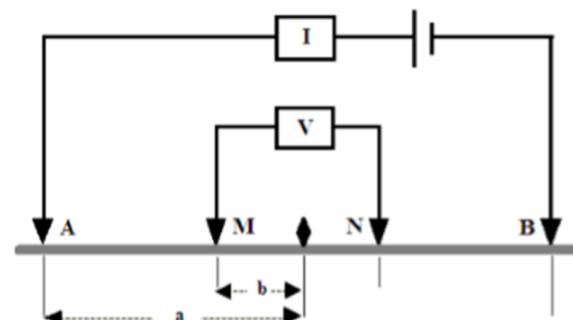
regenerasi air tanah. Kualitas air tanah menurun akibat intrusi air laut. Air tanah yang sebelumnya dapat digunakan untuk keperluan minum tidak lagi layak [8].

Metode Geolistrik

Geolistrik digunakan untuk mempelajari sifat aliran listrik di dalam bawah permukaan tanah. Metode geolistrik dapat mendeteksi adanya arus, beda potensial, dan medan elektromagnetik baik secara alami ataupun sebagai akibat dari injeksi arus ke dalam bumi. Potensi diri, polarisasi induksi, dan pendekatan resistivitas (resistensi spesifik) adalah metode geolistrik yang paling terkenal [6].

Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi Schlumberger memiliki dua elektroda arus dan dua elektroda potensial. Elektroda potensial berada dibagian dalam, sedangkan elektroda arus berada dibagian luar. Elektroda dipisahkan oleh jarak yang di simbolkan dengan (a). Pada perancangan ini, elektroda potensial MN memiliki nilai yang lebih rendah dari elektroda arus AB. Elektroda arus keluar digerakkan untuk melakukan pengukuran. Konfigurasi Schlumberger hanya memerlukan jangkauan yang kecil. Jarak elektroda MN tetap sedangkan jarak elektroda AM sama dengan NB. Berikut konfigurasi Schlumberger dengan susunan elektroda yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian elektroda konfigurasi Schlumberger [9].

Nilai resistivitas semu dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

Maka faktor geometri dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K = \frac{\pi (AB^2 - MN^2)}{4 MN} \quad (2)$$

Kualitas Air Tanah

Kualitas air dapat ditentukan berdasarkan pengujian khusus pada air. Pengujian dapat dilakukan secara kimia, fisika, biologi, atau penampakan (bau dan warna). Pengujian kualitas air merupakan suatu upaya untuk menjaga air agar kualitas air yang diinginkan tercapai sesuai dengan kegunaannya. Seperti yang kita ketahui bahwa kualitas air di berbagai sumber tentu saja berbeda-beda. Hal ini tergantung pada aktivitas manusia dan kondisi lingkungan. Air yang bebas dari mikroorganisme, kekeruhan, bahan kimia atau zat, rasa, dan bau merupakan air yang memenuhi standar kesehatan. Berdasarkan Permenkes dan WHO batasan air minum tidak boleh berbau atau berasa tidak enak [10].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Mundam Kota Dumai dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger. *software progress v3.0* digunakan untuk melakukan pengolahan data dalam menentukan penampang resistivitas yang menampilkan lapisan bawah permukaan tanah. Penelitian ini mengambil tiga sampel air sumur warga dan akan di uji parameter pH, salinitas, kekeruhan, dan, *total dissolved solid* (TDS) untuk mengetahui kualitas air.

Metode konfigurasi Schlumberger 1D adalah metode yang digunakan dalam pengambilan data dilapangan. Pengambilan data terjadi pada tempat-tempat yang telah ditentukan sebelumnya untuk melakukan penelitian. Pada setiap tempat terdapat grid yang disusun dalam bentuk rute yang telah

ditentukan sebelumnya. Jumlah jalur pengukuran pada setiap grid adalah dua, dengan masing-masing grid terdiri dari dua bagian dengan panjang 100 meter yang tersebar di lokasi yang berbeda. Daerah ini dipilih karena menurut pengamatan lapangan, terdapat individu yang memanfaatkan sumber air minum, dan lokasinya kurang lebih 1 km dari pantai.

Pengambilan Sampel Air Sumur Warga

Sampel air sumur diambil dari rumah-rumah Warga Kelurahan Mundam Kota Dumai. Pengambilan sampel dilakukan dengan titik koordinat yang berbeda sebanyak tiga titik sampel. Air baku diambil sebanyak 800 ml menggunakan botol air mineral pada tiap titik sampel. Sampel tersebut akan di uji dengan empat parameter yaitu pH, salinitas, kekeruhan, dan TDS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

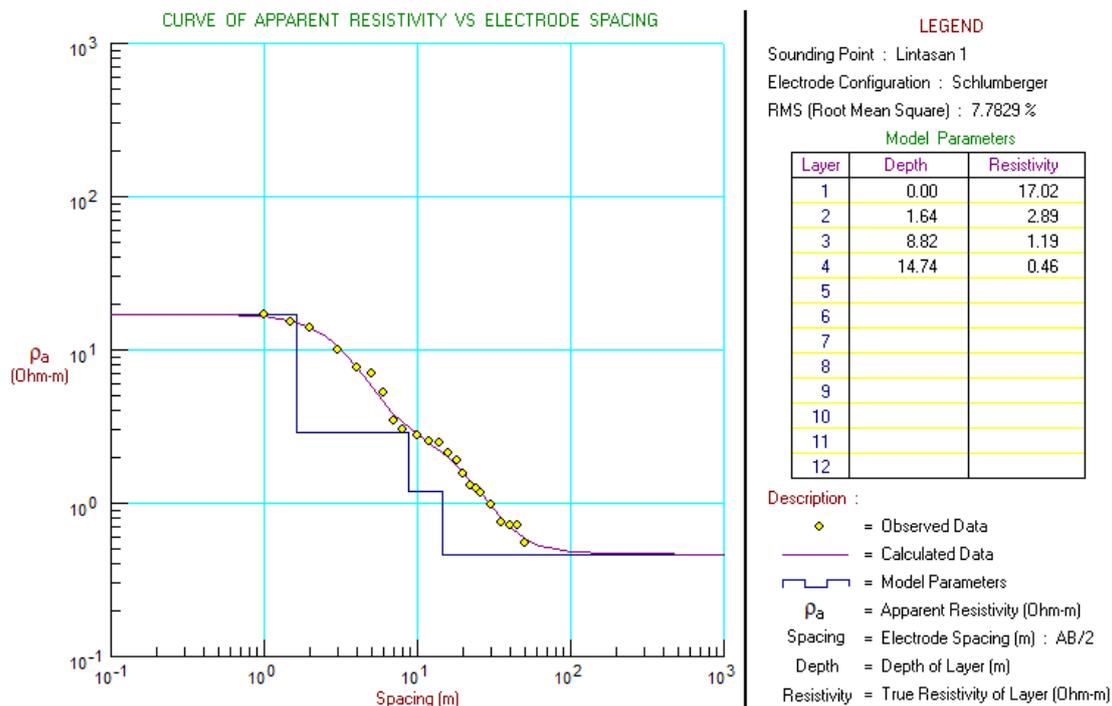
Resistivitas dan Litologi Lintasan 1

Lintasan 1 terletak pada titik koordinat 1°39'43,02" Lintang Utara 101°29'48,87" Bujur Timur sepanjang 100 meter. Pengambilan data dilakukan pada jarak sekitar 500 meter dari tepi pantai. Hasil perhitungan dan pengolahan data konfigurasi Schlumberger menggunakan *software Progress v3.0* didapatkan nilai RMS-error sebesar 7,7829% dengan kedalaman lapisan dapat dilihat pada *software progress* hingga 22 meter dan Gambar 2 memperlihatkan distribusi nilai resistivitas jenis batuan di bawah permukaan tanah di sepanjang lintasan 1. Metode geolistrik konfigurasi Schlumberger digunakan untuk mengukur nilai resistivitas pada lintasan 1 yang menimbulkan beda potensial (V) dan arus listrik (I). Berikut Hasil Pengolahan data pada lintasan 1 dapat dilihat pada Gambar 2.

Lintasan 1 terdiri dari 4 lapisan. Lapisan pertama mempunyai nilai resistivitas 17,02 Ωm dari permukaan sampai kedalaman 1,64 meter diinterpretasikan sebagai lapisan lempung.

Lapisan kedua mempunyai nilai resistivitas 2,89 Ωm dengan kedalaman 1,64 – 8,82 meter diinterpretasikan sebagai lapisan lempung berpasir. Lapisan ketiga mempunyai nilai resistivitas 1,19 Ωm dengan kedalaman 8,82 – 14,74 meter diinterpretasikan sebagai lapisan pasir. Lapisan keempat mempunyai nilai resistivitas 0,46 Ωm dengan kedalaman 14,74 – 22 meter diinterpretasikan sebagai air payau. Berdasarkan hasil lintasan 1 air laut dapat menyusup ke air tanah yang disebabkan oleh

zona penelitian yang dilakukan 500 meter dari tepi pantai. Hal ini dipengaruhi oleh faktor jarak dari garis pantai, jarak pengukuran apabila semakin mendekati bibir pantai maka akan menghasilkan nilai resistivitas yang rendah dan begitu sebaliknya yaitu apabila jarak pengukuran semakin menjauhi bibir pantai maka akan menghasilkan nilai resistivitas yang besar. Informasi mengenai kedalaman, ketebalan, resistivitas dan jenis batuan dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Interface progress hasil pengolahan data lintasan 1.

Tabel 1. Interpretasi data lintasan 1.

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ωm)	Jenis Batuan
1	0 – 1,64	1,64	17,02	Lempung
2	1,64 – 8,82	7,18	2,89	Lempung berpasir
3	8,82 – 14,74	5,92	1,19	Pasir
4	14,74 – 22	7,26	0,46	Air payau

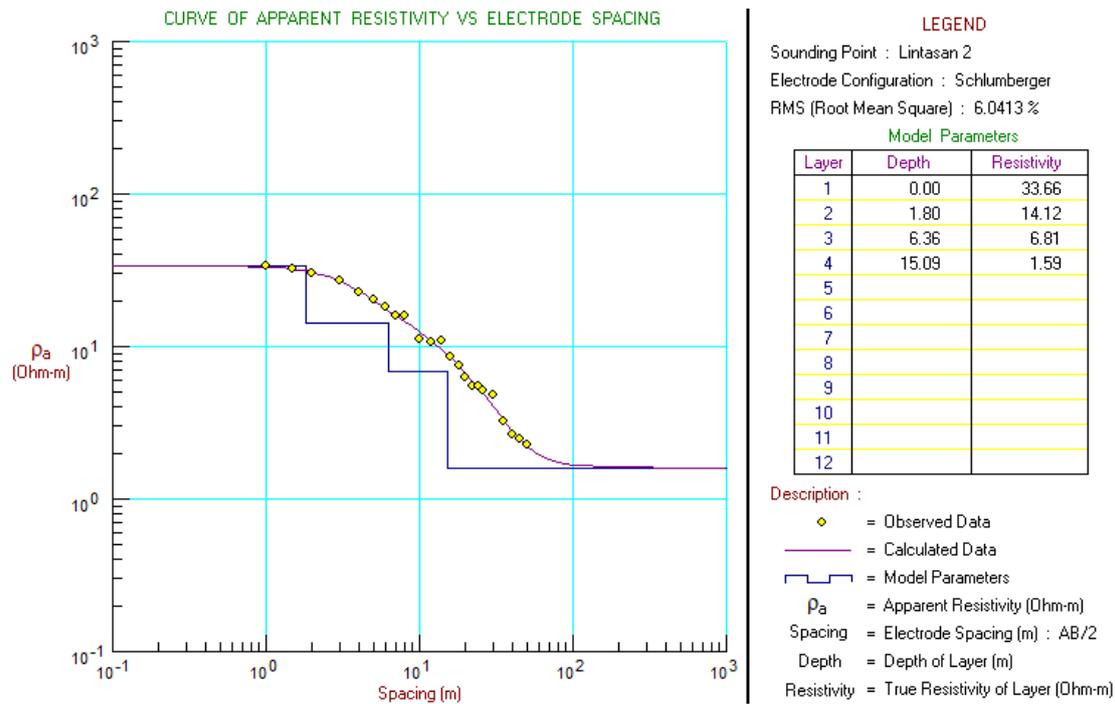
Resistivitas dan Litologi Lintasan 2

Lintasan 2 terletak pada titik koordinat 1°39'20,88" Lintang Utara 101°29'40,47" Bujur Timur sepanjang 100 meter. Pengambilan data dilakukan pada jarak sekitar 1300 meter dari tepi pantai dan 800 meter dari lintasan 1. Hasil perhitungan dan pengolahan data konfigurasi Schlumberger menggunakan *software Progress*

v3.0 didapatkan nilai RMS-error sebesar 6,0413% dengan kedalaman lapisan dapat dilihat pada *software progress* hingga 22 meter dan Gambar 3 memperlihatkan distribusi nilai resistivitas jenis batuan di bawah permukaan tanah di sepanjang lintasan 2. Berikut hasil pengolahan data pada lintasan 2 dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3. lapisan bawah permukaan lintasan 2 memiliki nilai resistivitas ini berkisar antara 11,07 – 0,10 Ωm . Lapisan pertama memiliki nilai resistivitas 11,07 Ωm pada kedalaman 0 – 3,12 meter sebagai lapisan lempung. Lapisan kedua dengan nilai resistivitas 6,68 Ωm pada kedalaman 3,12 – 7,22 meter sebagai lapisan pasir. Lapisan ketiga

dengan nilai resistivitas 3,53 Ωm terdampak oleh intrusi air laut pada kedalaman 7,22 – 13,42 meter. Lapisan keempat dengan nilai resistivitas 0,10 Ωm pada kedalaman 13,42 – 20 meter merupakan lapisan pasir yang mengandung air laut. Informasi mengenai kedalaman, ketebalan, resistivitas dan jenis batuan dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Interface progress hasil pengolahan data lintasan 2.

Tabel 2. Interpretasi data lintasan 2.

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ohm-meter)	Jenis Batuan
1	0–1,80	1,80	33,66	Lempung
2	1,80–6,36	4,56	14,12	Lempung berpasir
3	6,36–15,09	8,73	6,81	Pasir
4	15,09–22	6,91	1,59	Air tanah

Analisis Parameter Uji Kualitas Air

Pengambilan sampel air tanah dilakukan di tiga titik lokasi. Sampel tersebut di uji dengan

empat parameter yaitu pH (Tabel 3), salinitas (Tabel 4), kekeruhan (Tabel 5), dan TDS (Tabel 6). Hasil kualitas air berdasarkan parameter tersebut dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

Tabel 3. Hasil analisis kualitas air berdasarkan pH dan baku mutu.

Kode Sampel	Titik Koordinat	pH	Baku Mutu
1	1°39'41,28" LU 101°29'51,21" BT	7,5	6,5 – 9,0 (PERMENKES RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990)
2	1°39'33,68" LU 101°29'42,47" BT	7,0	
3	1°39'17,97" LU 101°29'36,53" BT	6,7	

Tabel 4. Hasil analisis kualitas air berdasarkan salinitas dan baku mutu.

Kode Sampel	Titik Koordinat	Salinitas (%)	Baku Mutu
1	1°39'41,28" LU 101°29'51,21" BT	0,09	Air tawar < 0,05%
2	1°39'33,68" LU 101°29'42,47" BT	0,07	Air payau 0,05% – 3%
3	1°39'17,97" LU 101°29'36,53" BT	0,04	Air laut > 5%

Tabel 5. Hasil analisis kualitas air berdasarkan salinitas dan baku mutu.

Kode Sampel	Titik Koordinat	Kekeruhan (NTU)	Baku Mutu
1	1°39'41,28" LU 101°29'51,21" BT	3	Maksimal 25 NTU (PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010)
2	1°39'33,68" LU 101°29'42,47" BT	3	
3	1°39'17,97" LU 101°29'36,53" BT	3	

Tabel 6. Hasil analisis kualitas air berdasarkan TDS dan baku mutu.

Kode Sampel	Titik Koordinat	TDS (mg/L)	Baku Mutu
1	1°39'41,28" LU 101°29'51,21" BT	1148	Maksimal 25 NTU (PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010)
2	1°39'33,68" LU 101°29'42,47" BT	1536	
3	1°39'17,97" LU 101°29'36,53" BT	0,54	

Analisis pH

Hasil sampel ditunjukkan pada Tabel 3 yang dianalisis menggunakan pH meter menghasilkan pH pada satu sampel bersifat basa ($\text{pH} > 7$), menghasilkan satu sampel yang bersifat netral ($\text{pH} = 7$), dan menghasilkan satu sampel yang bersifat asam ($\text{pH} < 7$). Peta Kontur pH dapat dilihat pada Gambar 4.

Peta kontur diatas memperlihatkan dengan jelas perbedaan antara lokasi dengan tingkat pH tinggi dan rendahnya. Lokasi dengan sampel yang memiliki pH tinggi ditandai dengan warna putih sedangkan lokasi dengan sampel pH rendah berwarna biru tua. Oleh karena itu, semakin gelap warna pada peta kontur memperlihatkan semakin rendah nilai pH yang dihasilkan. Semakin jauh jarak pengambilan sampel dari tepi pantai maka nilai pH yang didapatkan semakin kecil. Perlu diperhatikan

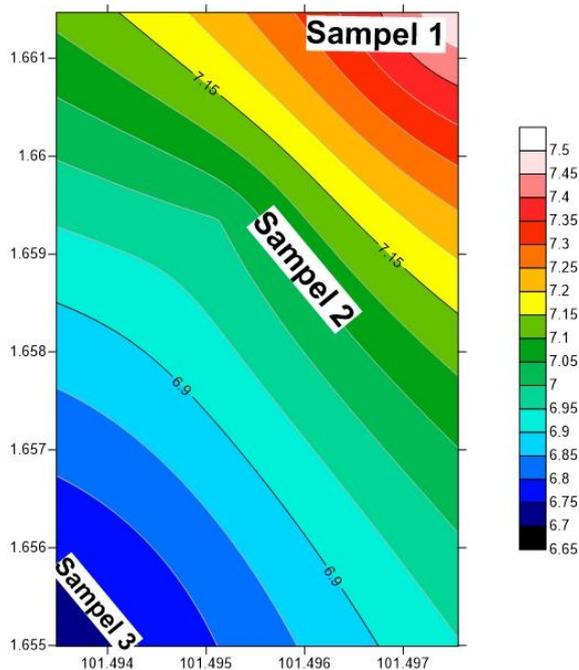
bahwa gangguan saluran pencernaan atau pun juga dapat mengakibatkan kematian pada makhluk hidup termasuk manusia dapat diakibatkan karena mengonsumsi air yang memiliki nilai pH yang rendah dalam waktu yang berkepanjangan.

Analisis Salinitas

Kualitas air tanah dapat ditentukan dengan beberapa variabel yaitu salah satunya adalah dengan menggunakan variabel salinitas. Kadar garam yang terlarut dalam air dapat menentukan kualitas air tanah ataupun air yang ada dibawah permukaan. Baku mutu kualitas air tanah berdasarkan salinitasnya yaitu air dengan nilai salinitas < 0,05%, dikatakan air tanah, air dengan nilai salinitas 0,05% – 3% dikatakan air payau, air dengan nilai 3% – 5% dikatakan sebagai air saline, dan air dengan nilai salinitas

> 0,05% dikatakan air asin. Menurut teori ini, sampel 1 dan 2 termasuk air payau dan sampel 3 termasuk air tanah. Peta kontur salinitas dapat dilihat pada Gambar 5.

salinitas tinggi ditandai dengan warna putih dan salinitas rendah berwarna hitam. Oleh karena itu, semakin gelap warna pada peta kontur memperlihatkan semakin rendah nilai salinitas yang dihasilkan.



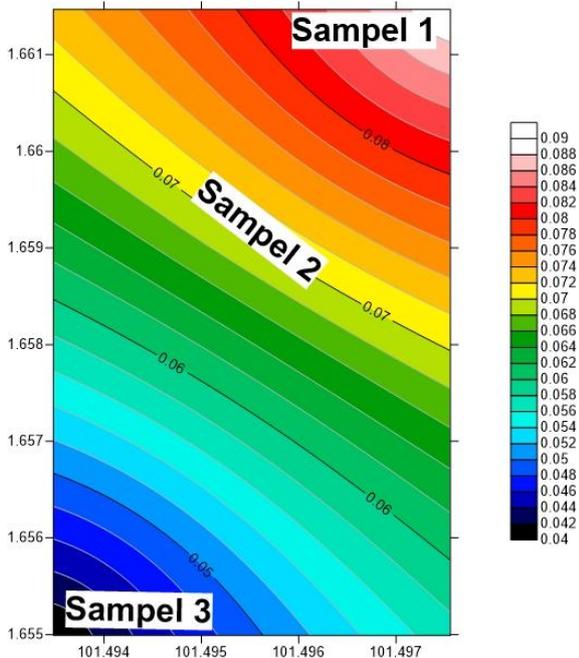
Gambar 4. Peta kontur pH.

Analisis Kekeruhan

Air yang didalamnya mengandung banyak partikel atau material-material yang tersuspensi sehingga membuat air menjadi tidak jernih dapat dikatakan air tersebut sudah keruh. Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa tingkat kekeruhan air tergolong rendah. Ketiga sampel air sumur warga memiliki nilai kekeruhan yang sama yaitu 3 NTU.

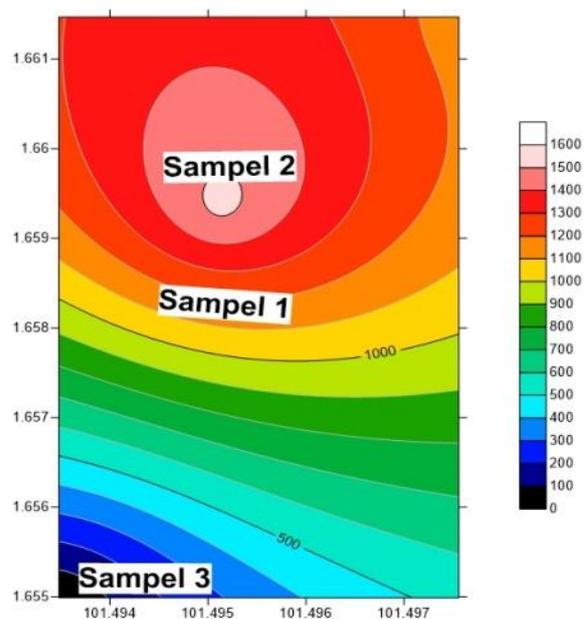
Analisis TDS

TDS atau jumlah zat padat yang terlarut pada air. Salah satu contoh air yang dapat membayakan kesehatan adalah air yang berasa. Selain itu air yang berbau tidak sedap juga tidak baik untuk kesehatan. Apabila air memiliki nilai TDS yang tinggi itu dapat menandakan bahwa air tersebut memiliki dampak yang negatif dengan beberapa parameter untuk kualitas air yang bisa mengembangkan toksisitas yang terdapat pada suatu organisme yang ada pada air minum.



Gambar 5. Peta kontur salinitas.

Peta kontur pada Gambar 5 memperlihatkan dengan jelas perbedaan lokasi dengan sampel yang memiliki nilai salinitas terendah maupun lokasi dengan sampel yang memiliki nilai salinitas tertinggi. Lokasi yang memiliki



Gambar 6. Peta kontur TDS.

Peta kontur TDS ditunjukkan pada Gambar 6. Lokasi yang memiliki TDS tinggi ditandai dengan warna putih. Untuk TDS rendah berwarna hitam. Data pada Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran nilai rata-rata padat yang terlarut pada sumur warga yang tertinggi yaitu 1536 mg/L dan yang terendah 0,54 mg/L. Oleh karena itu, semakin gelap warna pada peta kontur memperlihatkan semakin rendah nilai TDS yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil interpretasi data pengukuran untuk lintasan 1 nilai resistivitas berkisar antara 17,02 – 0,46 Ω m dengan kedalaman 22 meter dan RMS-error sebesar 7,7829%. Lintasan 2 memiliki nilai resistivitas lapisan tanah berkisar antara 33,66 – 1,59 Ω m dengan kedalaman mencapai 22 meter dan RMS-error sebesar 6,0413%. Pada lintasan 1 air laut yang menyusup ke air tanah memiliki nilai resistivitas 0,46 Ω m dengan 14,7 – 22 m sedangkan lintasan 2 tidak adanya kandungan air laut karena jarak lebih dari 1 km dari pesisir pantai yang memiliki nilai resistivitas 1,59 Ω m dengan kedalaman 15,09 – 22 m. Kualitas air berdasarkan parameter TDS pada sampel 1 dan sampel 2 tidak sesuai dengan standart baku mutu dan parameter pH, kekeruhan pada semua sampel air yang diambil sesuai dengan standart baku mutu. Kualitas air berdasarkan parameter salinitas pada sampel 1 dan sampel merupakan air payau, dan pada sampel 3 merupakan air tanah.

REFERENSI

1. Alfian, M. (2022). Analisis Usaha Tani Nanas di Kelurahan Mundam Kecamatan Medang Kampai Kota Dumai. *Dinamika Pertanian*, **38**(1), 103–110.
2. Mulyani, I. (2020). Potensi dan Tantangan Pemberdayaan Masyarakat Lahan Gambut: Studi Pendekatan Kehidupan Berkelanjutan di Kelurahan Tanjung Palas Kecamatan Dumai Timur Kota Dumai. *KOMUNITAS*, **11**(1), 1–20.
3. Badri, M., Lubis, D. P., Susanto, D., & Suharjito, D. (2018). Sistem komunikasi peringatan dini pencegahan kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Riau. *Jurnal Penelitian Komunikasi dan Pembangunan*, **19**(1), 1–16.
4. Fitrianto, T. N., Supriyadi, S., Taufiq, U. A., Mukromin, T. M., & Wardana, A. P. (2018). Identifikasi potensi air tanah menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Bapangsari Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, **15**(2), 100–104.
5. Putri, T. T. A. (2017). Pengelolaan sumberdaya lahan gambut di Kubu Raya Kalimantan Barat menuju lahan tanpa bakar. *Jurnal Penelitian Agrosamudra*, **4**(2), 92–109.
6. Hendrayana, H. (2012). *Intrusi Air Asin Kedalam Akuifer di Daratan*. Geological Engineering Dept.: Gadjah Mada University
7. Loke, M. H. (1999). *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Penang: Geotomo Software.
8. Triadi, T., & Indra, K. (2009). Permasalahan air tanah pada daerah urban. *Teknik*, **30**(1), 48–57.
9. Septiardi, M. E., Mislan, M., & Natalisanto, A. I. (2019). Studi Pemanfaatan Air Tanah dan Potensi Intrusi Air Laut di Daerah Pesisir Kota Balikpapan. *Geosains Kutai Basin*, **2**(1).
10. Soemirat, J. (2009). *Kesehatan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.



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

ANALISIS SIFAT MEKANIK PLASTIK *BIODEGRADABLE* PATI BIJI ALPUKAT DAN SELULOSA SEKAM PADI

Ety Jumiati*, Miftahul Husnah, Sunny Nafisah

Jurusan Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

*E-mail korespondensi: etyjumiati87@gmail.com

ABSTRACT

Biodegradable plastics have been investigated using avocado seed starch, rice husk cellulose, chitosan, and glycerol in order to determine the mechanical characteristics of biodegradable plastics. Variations in the composition of avocado seed starch and rice husk cellulose in each sample A (100% : 0%), B (87.5% : 12.5%), C (75% : 25%), D (62.5% : 37.5%), and E (50% : 50%). The process of making biodegradable plastic is carried out using a material mixing process using a magnetic stirrer and a hot plate at a maintained temperature of $\pm 70^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ and dried in an oven. Mechanical tests carried out include tensile strength, elongation, and modulus of elasticity tests. The results of the mechanical characterization test for the optimal biodegradable plastic are found in sample E (50% : 50%) with a tensile strength value of 20.6123 MPa and an elastic modulus of 353.7985 MPa which meets the ASTM D882-12 standard.

Keywords: Biodegradable Plastic, Avocado Seed Starch, Rice Husk Cellulose.

ABSTRAK

Telah diteliti plastik biodegradable menggunakan bahan pati biji alpukat, selulosa sekam padi, kitosan, dan gliserol yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik mekanik plastik biodegradable. Variasi komposisi pati biji alpukat dan selulosa sekam padi pada setiap sampel A (100% : 0%), B (87,5% : 12,5%), C (75% : 25%), D (62,5% : 37,5%), dan E (50% : 50%). Proses pembuatan plastik biodegradable dilakukan menggunakan proses pencampuran bahan menggunakan magnetic stirrer dan hot plate pada suhu yang dijaga yaitu $\pm 70^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ dan dikeringkan dengan oven. Pengujian mekanik yang dilakukan meliputi uji kuat tarik, elongation, modulus elastisitas. Hasil pengujian karakterisasi mekanik plastik biodegradable yang optimal terdapat pada sampel E (50% : 50%) dengan nilai kuat tarik sebesar 20,6123 MPa dan modulus elastisitas sebesar 353,7985 MPa yang memenuhi standar ASTM D882-12.

Kata kunci: Plastik *Biodegradable*, Pati Biji Alpukat, Selulosa Sekam Padi.

Diterima 13-12-2022 | Disetujui 25-01-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Saat ini pencemaran lingkungan merupakan salah satu masalah global. Salah satu pencemaran terbesar ialah pencemaran sampah. Indonesia berada pada urutan kedua negara dengan jumlah pencemaran sampah terbesar pada laut. Jumlah populasi pesisir di Indonesia berkisar 187,2 juta dengan sampah yang dihasilkan sebesar 3,22 juta ton, dan diperkirakan 0,48 – 1,29 juta ton mencemari lautan [1]. Plastik yang banyak dipakai saat ini adalah plastik sintetis. Plastik sintetis merupakan plastik yang terbuat dari minyak

bumi dan bersifat kuat, tahan terhadap air tetapi sukar terdegradasi secara alami dan bahan baku terbatas. Sehingga banyak dikembangkan plastik yang terbuat dari bahan alami untuk mendapatkan alternatif lain dari penggunaan plastik sintetis.

Plastik *biodegradable* adalah plastik yang terbuat dari polimer alam yang memiliki sifat mudah terurai dan ramah lingkungan. Plastik *biodegradable* saat ini banyak terbuat dari bahan baku pati yang berasal dari bahan pokok makanan dengan harga jual yang tinggi. Penggunaan bahan limbah lebih efektif sebagai

bahan baku. Plastik *biodegradable* berbasis pati memiliki kekuatan mekanik yang rendah karena pati memiliki struktur yang bercabang dan bersifat hidrofilik. Modifikasi dengan polimer alami lain dapat dilakukan untuk meningkatkan karakteristik dari plastik yang dihasilkan [2].

Selulosa merupakan salah satu polimer alami yang berlimpah sumbernya dan memiliki struktur dinding sel yang kuat. Modifikasi selulosa dan pati membuat sifat mekanis plastik *biodegradable* berbasis pati meningkat karena kemampuan selulosa berikatan antar monomer pada struktur bahan yang akan membentuk ikatan-ikatan yang kuat. Beberapa limbah yang dapat dijadikan sumber selulosa ialah jerami padi, sekam padi, kulit jagung, dan sebagainya. Sekam padi merupakan sampah yang berlimpah dan sedikit pemanfaatannya. Sekam padi memiliki kandungan selulosa 45,57% jumlah ini cukup tinggi untuk menjadi bahan baku dari pembuatan plastik *biodegradable* [3]. Pembuatan plastik *biodegradable* menggunakan pati talas dengan selulosa tandan kosong kelapa sawit yang menghasilkan peningkatan uji kuat tarik. Nilai kuat tarik tertinggi sebesar 46,55 MPa dengan variasi pati : selulosa (0,5 : 0,5) gram dan nilai terendahnya sebesar 2,45 MPa pada variasi pati:selulosa (1 : 0) [4]. Hal ini memperlihatkan bahwa penambahan selulosa bisa meningkatkan karakteristik pada plastik *biodegradable*.

Penelitian ini akan membahas mengenai karakteristik mekanik pada plastik *biodegradable* berbasis pati biji alpukat dan selulosa sekam padi dengan pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tarik, uji *elongation*, dan uji modulus elastisitas dengan perbandingan nilai sesuai ASTM D882-12.

TINJAUAN PUSTAKA

Plastik *Biodegradable*

Plastik *Biodegradable* ialah plastik yang berasal dari polimer alam dengan kemampuan terdegradasi sendiri jika berinteraksi terhadap jamur, alga, bakteri, dan reaksi kimia. *Biodegradable* merupakan penggabungan kata

bio yang artinya makhluk hidup, *degrade* yang artinya terurai, dan *able* yang artinya dapat, sehingga plastik *biodegradable* ialah plastik yang dapat diuraikan melalui makhluk hidup. Berkembangnya plastik *biodegradable* diupayakan untuk menyelamatkan alam dari bahaya polusi. Plastik *biodegradable* berasal dari polimer-polimer alami contohnya selulosa, amilum/pati, kolagen, lipid, kasein, dan protein yang diperoleh dari hewan dan tumbuhan.

Bahan plastik *biodegradable* ada yang bersumber dari bahan biomassa dan limbah pertanian. Bahan biomassa merupakan bahan dari limbah pertanian, tinja, dan kotoran ternak. Limbah pertanian organik yang memiliki kandungan pati ialah kulit ubi kayu, biji alpukat, dan biji durian [5].

Faktor yang menghambat pembuatan plastik *biodegradable* tidak banyak dibuat adalah harga bahan yang mahal, dan memiliki sifat fisis dan mekanis yang rendah dari plastik sintetis. Oleh sebab itu penggunaan plastik sintetis (Polietilena (PE), Polipropilena (PP), dan sebagainya) masih banyak digunakan sampai saat ini [6]. Sehingga untuk mendapatkan peningkatan diperlukan modifikasi-modifikasi yang dapat menghasilkan plastik *biodegradable* lebih bagus dari plastik sintetis.

Pati Biji Alpukat

Biji alpukat ialah biji dengan ukuran besar, memiliki dua bagian pada biji, dan terdapat kulit pada permukaan biji. Biji alpukat berfungsi sebagai tempat cadangan makanan pada tanaman alpukat yang tersusun dari jaringan *parenchyma* yang mengandung butir tepung dan sel-sel minyak [7]. Biji alpukat memiliki senyawa fenolik yang akan mengakibatkan efek *browning* pada permukaan biji alpukat jika berinteraksi dengan oksigen, proses ini terjadi secara enzimatik jika biji alpukat dihancurkan, sehingga diperlukan perendaman biji kedalam larutan natrium metabisulfit untuk menghambat proses terjadinya efek *browning* [8]. Komposisi kandungan pada biji alpukat terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan biji alpukat [8].

Komponen	Kadar (%)
Kadar pati	79,45
Kadar amilosa	29,55
Kadar amilopektin	49,9
Kadar air	7,55

Dengan pati yang besar maka biji alpukat berpotensi untuk dijadikan bahan baku untuk pembuatan plastik. Pati ialah penyusun struktur karbohidrat pada tumbuhan. Pati banyak ditemui pada umbi-umbian, akar, biji-bijian, batang tanaman, dan kacang-kacangan. Pati adalah polisakarida yang memiliki rantai panjang yang terdiri dari dua struktur glukosa ialah amilosa dan amilopektin berikatan melalui proses polimerisasi bercabang berbentuk granular [9].

Pati berbentuk butiran dengan diameter 2 – 100 μm . Pati tidak homogen dan terdiri dari dua struktur yaitu amilopektin dan amilosa. Dua struktur ini berbeda didasarkan oleh rantai cabang yang dimilikinya. Amilosa merupakan polimer linear yang memiliki rantai percabangan dengan ikatan α (1 \rightarrow 4). Amilopektin memiliki rantai percabangan polimer dengan cabang α (1 \rightarrow 6) dengan α (1 \rightarrow 4) disepanjang rantai [10].

Selulosa Sekam Padi

Sekam padi ialah penutup benih tanaman padi yang bertekstur. Sekam padi berfungsi untuk melindungi benih dari faktor luar yang dapat menimbulkan kerusakan. Struktur sekam padi terdiri dari empat bagian yaitu epidermis luar (tekstur kasar, memiliki rambut pada permukaan, dan silica terkonsentrasi), sklerenkim, epidermis bagian dalam (permukaan halus dan tidak berbulu), sel parenkim [11]. Kandungan pada sekam padi terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen sekam padi [3].

Komponen	Kadar (%)
Kadar selulosa	45,57
Kadar lignin	20,47
Kadar abu	19,28
Kadar air	5,75

Kandungan selulosa yang besar, maka sekam padi bisa dijadikan bahan baku plastik *biodegradable*. Selulosa ialah penyusun utama kayu dan serat pada tumbuhan. Selulosa termasuk homopolisakarida dengan struktur lurus dari β -D-glukosa yang artinya memiliki gugus hidroksil dan tersambung dengan β (1 \rightarrow 4) [10]. Selulosa terdiri dari dua sumber yaitu kayu dan nonkayu. Contoh bahan bukan kayu adalah biji, serat, residu pertanian, *non-vegetable (bacterial cellulose)*, dan bambu. Selulosa bersumber kayu mempunyai proses panjang untuk mendapatkan selulosa murni, proses itu ialah untuk meluruhkan hemiselulosa dan lignin [12].

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimen. Bahan penelitian yang digunakan adalah selulosa sekam padi, pati biji alpukat, gliserol, kitosan, asam asetat, larutan NaOH, metanol, asam klorida, aquades, larutan natrium metabisulfit. Alat yang digunakan *hot plate, magnetic stirrer, oven, cetakan, kertas saring, ayakan 40 mesh dan 120 mesh, gelas beaker, UTM RTF 150, DSC-60 Plus Shimadzu*. Prosedur penelitian yang dilakukan meliputi preparasi pati biji alpukat, preparasi selulosa sekam padi, pembuatan larutan kitosan, dan pembuatan plastik *biodegradable*.

Preparasi Pati Biji Alpukat

Biji alpukat dibersihkan, dikupas, diiris kemudian direndam dengan larutan natrium metabisulfit selama 24 jam. Rendaman dihaluskan, diperas, dan diendapkan selama 12 jam. Hasil endapan dikeringkan didalam oven pada suhu 50°C dengan waktu 6 jam, kemudian diayak dengan ayakan 120 mesh.

Preparasi Selulosa Sekam Padi

Sekam padi, dibersihkan dan dikeringkan. Sekam padi dihaluskan lalu diayak dengan ayakan 40 mesh. Hasil ayakan dimaserasi

dengan metanol selama 7 hari, dibersihkan lalu didelignifikasi dengan larutan NaOH 17,5% menggunakan *hot plate* pada suhu 121°C selama 60 menit. Sampel dicuci dengan aquades, lalu dihidrolisis menggunakan asam klorida 5% selama 3 jam. Hasil hidrolisis dicuci dengan aquades lalu dikeringkan didalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam.

Pembuatan Larutan Kitosan

Dilarutkan kitosan 3g didalam larutan asam asetat 1% 150 ml dilarutkan menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer* selama 30 menit.

Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Pada pembuatan plastik *biodegradable* ditimbang 3 gram pati : selulosa sesuai dengan variasi A (100% : 0%), B (87,5% : 12,5%), C (75% : 25%), D (62,5% : 37,5%), dan E (50% : 50%) lalu di larutkan didalam 150 ml asam asetat 1%, dilarutkan menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer* dengan suhu dijaga sebesar $\pm 70^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit. Setelah itu larutan ditambahkan larutan gliserol 0,75 ml dan larutan kitosan 150 ml dihomogenkan selama 1 jam. Setelah homogen larutan didinginkan didalam desikator lalu dicetak menggunakan cetakan (20 cm \times 20 cm) dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70°C selama 12 jam. Setelah sampel di pisahkan dengan cetaknya sampel siap dianalisis karakterisasinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tarik

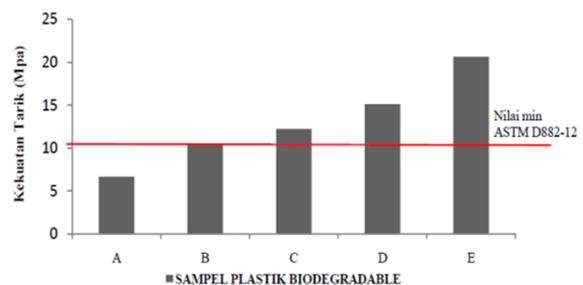
Dari penelitian yang telah dilakukan menghasilkan data pengujian kekuatan tarik yang terlihat pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa kuat tarik plastik *biodegradable* pada sampel A sebesar 6,66245 MPa, sampel B sebesar 10,4417 MPa, sampel C sebesar 12,2147 MPa, sampel D sebesar 15,1182 MPa, dan sampel E sebesar 20,6123 MPa. Maksimum nilai

pengujian kuat tarik plastik *biodegradable* pati biji alpukat dan selulosa sekam padi terdapat pada Sampel E sebesar 20,6123 MPa pada variasi pati dan selulosa sebesar 50% : 50% dan nilai minimum pengujian kekuatan tarik terdapat pada Sampel A sebesar 6,66245 MPa pada variasi pati dan selulosa sebesar 100% : 0%. Grafik pengujian kuat tarik yang terlihat pada Gambar 1.

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tarik.

Sampel	σ (MPa)	ASTM D882-12 (MPa)
A	6,66245	Min. 10,27 MPa \approx $1,49 \times 10^3$ psi
B	10,4417	
C	12,2147	
D	15,1182	
E	20,6123	



Gambar 1. Grafik pengujian kuat tarik.

Pada Gambar 1 terlihat pengaruh penambahan selulosa sekam padi, dimana semakin besar selulosa sekam padi yang diberikan maka semakin besar kuat tarik yang dihasilkan. Peningkatan ini terjadi akibat interaksi pati dengan selulosa yang menghasilkan ikatan hidrogen antar gugus hidroksil disetiap masing-masing bahan [13]. Hal ini sesuai penelitian Wahyudi *et al.* (2020) yang mengatakan bahwa plastik *biodegradable* yang dimodifikasi dengan selulosa dapat meningkatkan karakteristik mekanik pada plastik *biodegradable* [4].

Pengujian *Elongation*

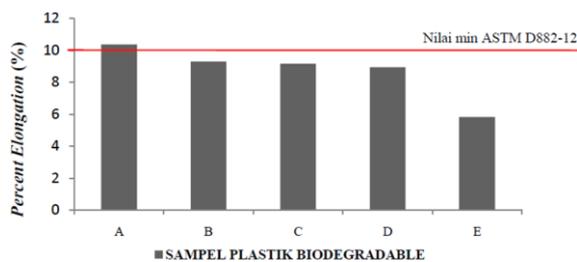
Dari pengujian yang telah dilakukan telah dihasilkan data yang terlihat pada Tabel 4.

Pada Tabel 4 menunjukkan pengujian *elongation* plastik *biodegradable* pada sampel A bernilai 10,36767%, pada sampel B bernilai

9,292991%, pada sampel C bernilai 9,162609%, pada sampel D bernilai 8,945373%, dan pada sampel E bernilai 5,825983%. Nilai maksimum *elongation* ialah Sampel A dengan nilai sebesar 10,36767% pada variasi pati dan selulosa sebesar 100% : 0% dan nilai minimum ialah Sampel E senilai 5,825983% dengan variasi pati dan selulosa sebesar 50% : 50%. Grafik pengujian *elongation* dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 4. Hasil pengujian *elongation*.

Sampel	%ε (%)	ASTM D882-12 (%)
A	10,36767	Min. 10
B	9,292991	
C	9,162609	
D	8,945373	
E	5,825983	



Gambar 2. Grafik data pengujian *elongation*.

Pada Gambar 2 dapat dilihat semakin bertambah komposisi selulosa sekam padi yang digunakan maka semakin menurun nilai *elongation*. Hal ini terjadi akibat struktur pati yaitu amilopektin yang lebih banyak dari amilosa sehingga ruang kosong pada ikatan polimer semakin banyak. *Plasticizer* yang digunakan juga akan membuat interaksi terhadap polimer sehingga ikatan molekul akan melemah. Hal ini sesuai dengan penelitian Wahyudi *et al.* (2020) yang menyatakan *elongation* berbanding terbalik dari nilai kuat tariknya, dengan semakin besar komposisi selulosa maka semakin kecil nilai *elongation*-nya [4].

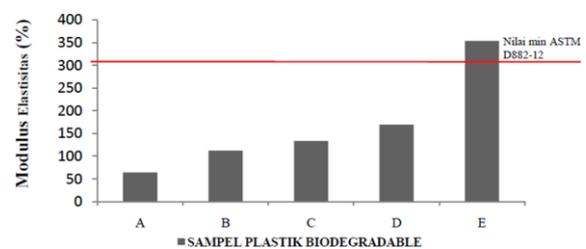
Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas yang dilakukan menghasilkan nilai pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian modulus elastisitas.

Sampel	γ (MPa)	ASTM D882-12 (MPa)
A	64,26160	Min. 310,275 MPa ≈ 45 × 10 ³ psi
B	113,3609	
C	133,3104	
D	169,0050	
E	353,7985	

Pada Tabel 5 dilihat bahwa pengujian modulus elastisitas pada plastik *biodegradable* menghasilkan nilai sampel A bernilai 64,2616 MPa, sampel B bernilai 112,3609 MPa, sampel C bernilai 133,3104 MPa, sampel D bernilai 169,005 MPa, dan sampel E bernilai 353,7985 MPa. Nilai maksimum pengujian modulus elastisitas ialah sampel E yaitu senilai 353,7985 MPa pada variasi selulosa dan pati ialah 50% : 50% dan nilai minimum ada pada sampel A senilai 64,2618 MPa pada variasi selulosa dan pati sebesar 100% : 0%. Hasil grafik data pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik data pengujian modulus elastisitas.

Pada Gambar 3 terlihat peningkatan nilai modulus elastisitas setiap pertambahan selulosa sekam padi pada sampel. Hal ini menunjukkan bahwa adanya selulosa mempengaruhi nilai modulus elastisitasnya. Peningkatan ini terjadi karena sifat kuat pada selulosa dan selaras dengan pengujian *elongation*, dimana diketahui modulus elastisitas berbanding terbalik dengan nilai modulus elastisitas. Hasil ini sesuai dengan penelitian Wahyudi *et al.* (2020) dengan menghasilkan nilai modulus elastisitas menurun seiring berkurangnya komposisi patinya [4].

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa penambahan selulosa

sekam padi dapat meningkatkan kuat tarik dan modulus elastisitas pada plastik *biodegradable*. Dengan variasi komposisi terbaiknya terdapat pada sampel E (50% : 50%) dengan nilai kuat tarik senilai 20,61 MPa sesuai dengan ASTM D882-12, dan modulus elastisitas senilai 353,80 MPa sesuai dengan ASTM D882-12.

REFERENSI

- Alfitri, A., Helmi, H., Raharjo, S., & Afrizal, A. (2020). Sampah Plastik sebagai Konsekuensi Modernitas dan Upaya Penanggulangannya. *Jurnal Sosiologi Andalas*, **6**(2), 122–130.
- Intandiana, S., Dawam, A. H., Denny, Y. R., Septiyanto, R. F., & Affifah, I. (2019). Pengaruh Karakteristik Bioplastik Pati Singkong dan Selulosa Mikrokristalin Terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, **4**(2), 185–194.
- Asnani, A., Ratnaningtyas, N. I., & Suhermiyati, S. (2013). Analisis Hasil Delignifikasi Sekam Padi yang Berpotensi sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Prosiding: Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan III*, **3**, 87–94.
- Wahyudi, B., Kasafir, M. B., & Hidayat, M. R. (2020). Sintetis dan Karakterisasi Bioplastik Pati Talas dengan Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Teknik Kimia UPN*, 1–12.
- Nur, R. A., Nazir, N., & Taib, G. (2020). Karakteristik Bioplastik dari Pati Biji Durian dan Pati Singkong yang Menggunakan Bahan Pengisi MCC (Microcrystalline cellulose) dari Kulit Kakao. *Gema Agro*, **25**(1), 1–10.
- Sinaga, Affandi Sunarto. (2020). *Karakteristik Plastik Biodegradable Dari Pati Dan Serat Batang Kelapa Sawit*. Skripsi, Program Studi Teknologi Hasil Hutan, Universitas Sumatera Utara.
- Dewi, Aulia Nur Kumala. (2019). *Uji Aktivitas Ekstrak Etanol Biji Alpukat (Persea americana Mill.) terhadap IL-10 dan Jumlah Bakteri dalam Darah Mencit (Mus musculus) yang Diinfeksi Staphylococcus*. Skripsi, Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Afif, M., Wijayati, N., & Mursiti, S. (2018). Pembuatan dan karakterisasi bioplastik dari pati biji alpukat-kitosan dengan plasticizer sorbitol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, **7**(2), 102–109.
- Warzukni, Inggit Anastasya. (2020). *Pembuatan Dan Karakterisasi Plastik Biodegradable Pati Porang Dan Kitosan Dengan Plasticizer Gliserol*. Skripsi, Program Studi Fisika, Universitas Sumatera Utara.
- Sumbono, A. (2016). *Biokimia Pangan Dasar*. Yogyakarta: Deepublish.
- Zou, Y, dkk. (2019). Rice Husk, Rice Husk Ash and Their Applications. *AOCS Press*, 207–246.
- Sari, Sisi Dira. (2019). *Pembuatan Hidrogel Semi Jaringan Polimer Interpenetrasi Dari Mikrokristalin Selulosa Sekam Padi*. Skripsi, Program Studi Kimia, Universitas Sumatera Utara.
- Budianto, A., Ayu, D. F., & Johan, V. S. (2019). Pemanfaatan Pati Kulit Ubi Kayu Dan Selulosa Kulit Kacang Tanah Pada Pembuatan Plastik Biodegradable. *Sagu*, **18**(2), 11-18.



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

ANALISA PERUBAHAN SUSEPTIBILITAS DAN KOMPOSISI SERTA UKURAN PARTIKEL OKSIDA BESI SEBAGAI FUNGSI KECEPATAN PUTARAN TABUNG BALL MILLING

Indah Nurhidayah, Salomo Sinuraya*, Erwin Amiruddin, Rahmondia Nanda Setiadi
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: salomo@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

The magnetic susceptibility, composition and particle size of natural sand has been carried out in Rokan River, Riau Province regency have been determined. Iron sand samples were processed using an iron sand separator (ISS). The magnetic and non-magnetic particles of ISS products were separated using neodymium iron boron (NdFeB) magnet. The product of ball milling (BM) with tube rotational speed functions of 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm was milled for 80 hours with BM size of 2 cm. The magnetic susceptibility were determined based on magnetic induction of a selenoid measured using Probe Magnetic Pasco PS-2162. The composition of Rokan river natural sand was measured using x-ray fluorescence. The magnetic particles are determined using scanning electron microscope. The results showed that the magnetic susceptibility increases with increasing BM tube rotational speed $28,138.79 \times 10^{-5}$ (100 rpm), $29,374.88 \times 10^{-5}$ (150 rpm), and $30,955.32 \times 10^{-5}$ (200 rpm). The composition of Fe in the sample has increased from 32.686% to 35,865%, while for Si has decreased from 38.604% to 33.729%. The particle size of natural sand for 80 hours milling displays the particle sizes from 883.4 for 100 rpm to 655.81 for the smallest particle size of the samples synthesized with 200 rpm.

Keywords: Natural Sand, Magnetic Susceptibility, Ball Milling, X-Ray Fluorescence, Scanning Electron Microscope.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang suseptibilitas magnetik, komposisi dan ukuran partikel dari pasir alam Sungai Rokan, Provinsi Riau. Sampel pasir alam dipisahkan menggunakan iron sand separator (ISS). Untuk pemisahan partikel magnetik dan non-magnetik pada hasil produk ISS menggunakan magnet batang neodymium iron boron (NdFeB). Suseptibilitas magnetik ditentukan berdasarkan nilai induksi magnetik selenoid yang diukur dengan menggunakan sensor Probe Magnetic Pasco PS-2162. Sedangkan untuk mengetahui komposisi dari pasir alam digunakan X-ray fluorescence spectroscopy. Ukuran partikel magnetik ditentukan menggunakan scanning electron microscope. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa nilai suseptibilitas magnetik meningkat seiring bertambahnya kecepatan putaran tabung ball milling (BM) yang diberikan dengan hasil $28.138,79 \times 10^{-5}$ (100 rpm), $29.374,88 \times 10^{-5}$ (150 rpm), dan $30.955,32 \times 10^{-5}$ (200 rpm). Kandungan Fe mengalami peningkatan dari 32,686% sampai 35,865% sedangkan untuk Si mengalami penurunan setelah di BM dari 38,604% sampai 33,729%. Untuk ukuran partikel pasir alam setelah di BM selama 80 jam menampilkan partikel dengan ukuran 883,4 nm untuk kecepatan 100 rpm sampai 655,81 nm untuk ukuran partikel yang paling kecil dengan kecepatan 200 rpm.

Kata kunci: Pasir Alam, Suseptibilitas Magnetik, Ball Milling, X-Ray Fluorescence, Scanning Electron Microscope.

Diterima 17-01-2023 | Disetujui 10-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Pasir adalah mineral endapan (sedimen) yang memiliki butiran halus < 1 mm dan

butiran kasar memiliki ukuran sekitar (1 – 5 mm) [1-3]. Berdasarkan lokasi endapannya, dimungkinkan terjadinya perbedaan karakter fisis kandungan pasir mineral seperti Fe, Ti,

Mg, Si, dan sebagainya [4,5]. Pasir besi memiliki sifat unik yang dapat merespon medan magnet, sehingga telah banyak digunakan untuk berbagai keperluan penelitian dan kebutuhan produk industri [6-8]. Hal tersebut telah diketahui sebelumnya, bahwa endapan pasir besi dapat mengandung mineral magnetik, seperti magnetit (Fe_2O_3) [9], hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) [10], dan maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) [11]. Pemisahan unsur magnet dari unsur non magnet dapat dilakukan secara fisika [12], yaitu *ball milling* (BM) yang merupakan proses penggilingan bola untuk mengurangi ukuran partikel magnetik [13,14].

Sintesis nanopartikel magnetik besi oksida dari pasir alam Sungai Rokan dengan metode BM dilakukan dengan kecepatan putaran tabung tetap [15]. Pada penelitian ini kecepatan putaran tabung BM divariasikan menjadi 100 rpm, 150 rpm, dan 200 rpm. Untuk melihat bagaimana pengaruh variasi tersebut pada nilai suseptibilitas magnetik (χ_m), komposisi elemen dan juga ukuran partikel yang dihasilkan.

METODE PENELITIAN

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir Sungai Rokan, lokasi di Kota Ujung Batu, Provinsi Riau. Sampel yang diambil dari sungai dijemur di bawah sinar matahari hingga sampel tidak mengandung air lagi, sehingga butiran pasir dipisahkan satu sama lain, sampel yang telah dikeringkan dan ditimbang kemudian dipisahkan dari sampel magnetik dan non magnetik. Partikel dengan *iron sand separator* (ISS).

BM dilakukan setiap 80 jam, dan kecepatan putaran tabung *milling* divariasikan yaitu 100 rpm, 150 rpm, dan 200 rpm. Diameter bola besi yang digunakan adalah 2 cm sebanyak 16 buah. Sampel giling bola dipisahkan lagi menggunakan magnet *neodymium iron boron* (NdFeB). Produk ini diberi label BM 100 rpm, BM 150 rpm, dan BM 200 rpm. Kemudian, nilai induksi magnetik dan χ_m diukur dan dikarakterisasi dengan *X-ray fluorescence* (XRF) dan *scanning electron microscopy* (SEM).

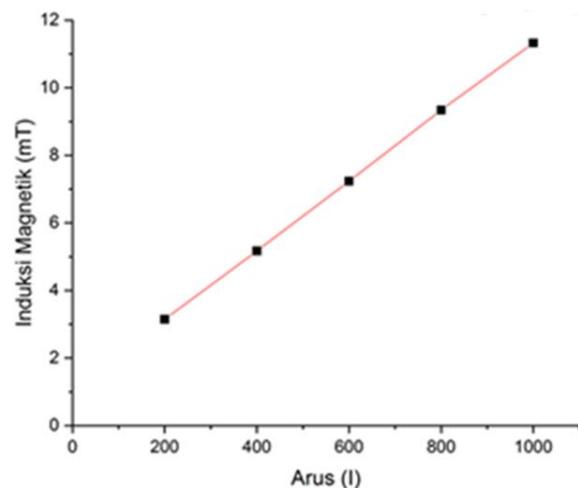
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Induksi Magnetik

Pengukuran induksi magnetik menggunakan *Probe Magnetic Pasco* PS-2162 yang memiliki solenoid dengan ukuran panjang kawat 10 cm dan berdiameter 3 cm serta memiliki jumlah 2500 lilitan. Sensor *Magnetic Pasco* PS-2162 ini terhubung dengan laptop dengan *software* Data Studio. Pengukuran induksi magnetik sebagai fungsi arus (I) dengan arus yang diterapkan 200 mA, 400 mA, 600 mA, 800 mA, dan 1000 mA. Jarak sensor dari ujung elektromagnet adalah 1 mm. Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran induksi magnet dengan tanpa inti (B_0), inti pasir alam (B_S), dan produk ISS (B_{ISS}), serta pengukuran induksi magnet dengan BM kecepatan penuh 100 rpm, 150 rpm, dan 200 rpm.

Pengukuran Induksi Magnetik B_0

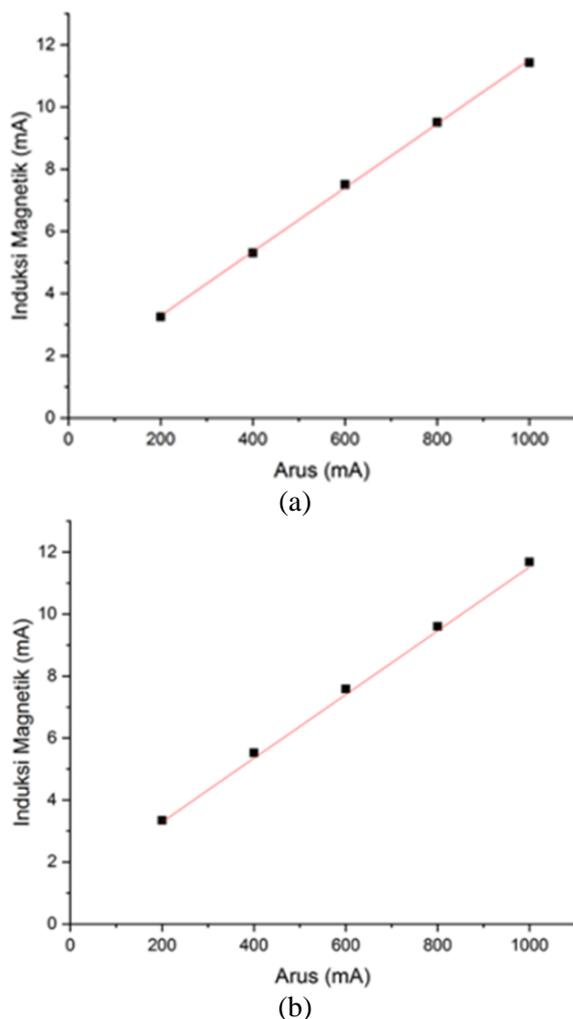
Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai induksi magnetik B_0 mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya arus listrik yang diberikan. Hal ini terjadi karena arus berbanding lurus dengan nilai induksi magnetik yang dihasilkan. Pada arus listrik 200 mA didapatkan nilai induksi magnetik B_0 sebesar 3,147 mT dan pada arus listrik 1000 mA mengalami peningkatan nilai induksi magnetik sebesar 11,326 mT.



Gambar 1. Perbandingan induksi magnetik B_0 .

Pengukuran Induksi Magnetik B_S dan B_{ISS}

Gambar 2 (a) dan (b) menunjukkan bahwa nilai Induksi magnetik mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya arus listrik yang diberikan. Nilai induksi magnetik B_S dan B_{ISS} pada arus listrik 200 mA berturut-turut sebesar 3,251 mT dan 3,349 mT. Nilai induksi magnetik ini mengalami peningkatan seiring bertambahnya arus, hal ini ditunjukkan pada arus listrik 1000 mA didapatkan nilai induksi magnetik B_S dan B_{ISS} meningkat berturut-turut menjadi 11,431 mT dan 11,687 mT.

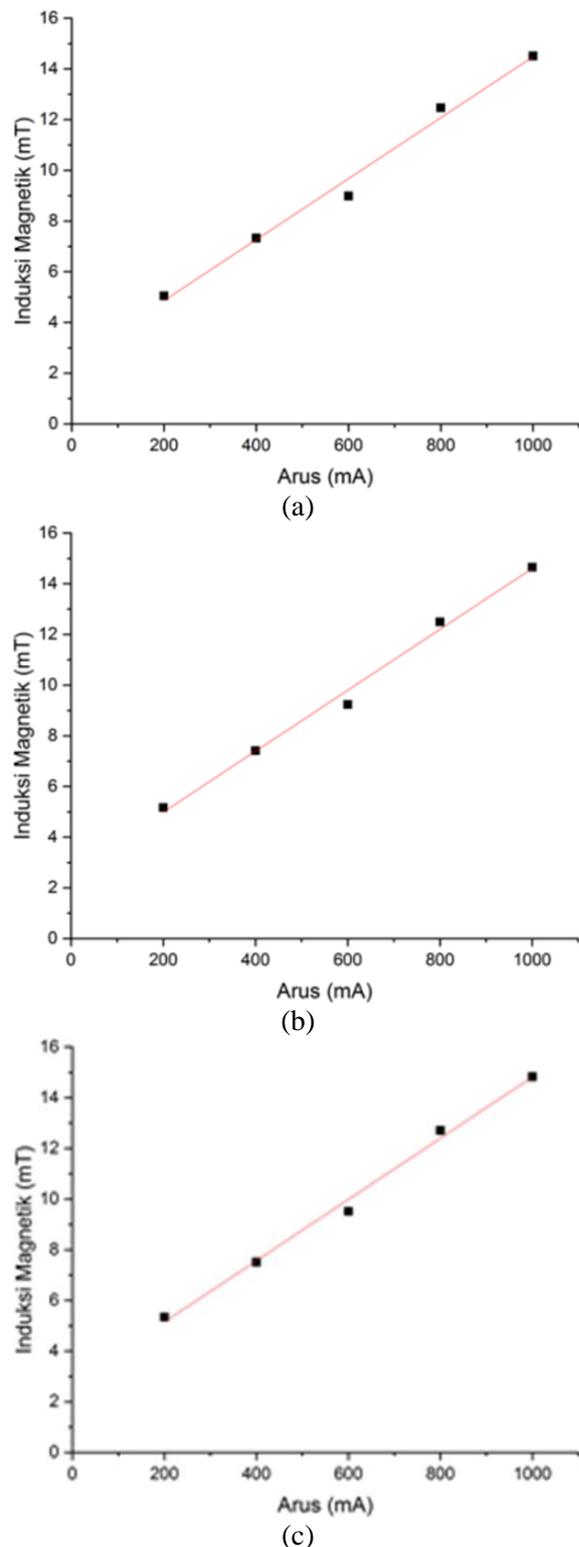


Gambar 2. Grafik perbandingan induksi magnetik (a) B_S dan (b) B_{ISS} .

Peningkatan nilai induksi magnetik B_{ISS} disebabkan karena pemisahan partikel magnetik dan non magnetik sehingga partikel magnetik yang terkandung pada produk ISS lebih banyak dari pada pasir alam sebelum di ISS. Produk

ISS mengalami kenaikan nilai induksi magnetik yang lebih besar dari pada pasir alam.

Pengukuran Induksi Magnetik Solenoid dengan Inti Produk BM dengan Kecepatan 100 rpm, 150 rpm, dan 200 rpm



Gambar 3. Grafik Induksi magnetik produk BM (a) 100 rpm, (b) 150 rpm, dan (c) 200 rpm.

Gambar 3 (a), (b), dan (c) menunjukkan grafik peningkatan induksi magnetik produk BM yang mengalami peningkatan secara linear. Produk BM 100 rpm merupakan produk BM tahap pertama selama 80 jam dengan nilai Induksi magnetik pada arus 200 mA sebesar 5,056 mT. Produk BM 150 rpm dan BM 200 rpm merupakan produk yang di BM selama 80 jam dengan nilai induksi magnetik arus 200 pada produk dengan nilai berturut-turut sebesar 5,171 mT dan 5,343 mT. Nilai induksi magnetik pada arus 1000 mA mengalami peningkatan sebesar 14,513 mT pada produk BM 100 rpm, sedangkan produk BM 150 rpm dan BM 200 rpm mengalami peningkatan sebesar 14,653 mT dan 14,832 mT.

Peningkatan nilai induksi magnetik pada produk BM ini disebabkan oleh pengaruh dari penambahan kecepatan pada putaran tabung. Semakin tinggi kecepatan yang diputar pada proses BM mempengaruhi sifat kemagnetan dan semakin tinggi nilai induksi magnet yang dihasilkan.

Hasil Perhitungan Suseptibilitas Magnetik

Nilai suseptibilitas magnetik (χ_m) pada pasir alam, produk ISS, produk BM 100 rpm, BM 150 rpm, dan BM 200 rpm pada arus 1000 mA diperoleh dari hasil Persamaan (1) dan hasil perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 1.

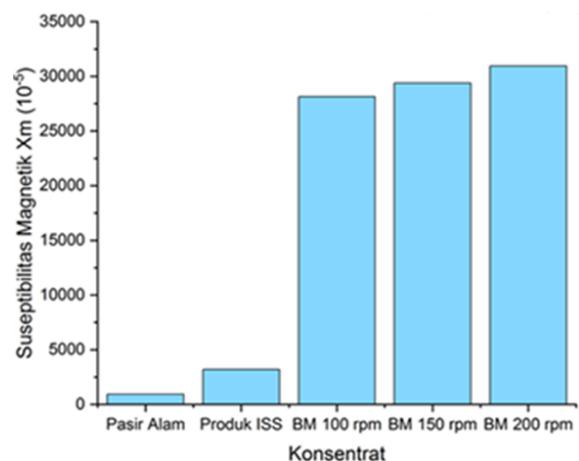
$$\chi_m = \frac{B_T - B_0}{B_0} \quad (1)$$

Tabel 1. Nilai χ_m pasir alam, produk ISS, produk BM 100 rpm, BM 150 rpm, dan BM 200 rpm.

Produk	B_0 (mT)	B_T (mT)	χ_m (10^{-5})
Pasir Alam	11,326	11,431	927,07
ISS	11,326	11,687	3.187,35
BM 100 rpm	11,326	14,513	28.138,79
BM 150 rpm	11,326	14,653	29.374,88
BM 200 rpm	11,326	14,832	30.955,32

Peningkatan χ_m ditampilkan grafik pada Gambar 4. Dimana nilai χ_m pasir alam, produk

ISS, produk BM 100 rpm, BM 150 rpm, dan BM 200 rpm memiliki rentang nilai $927,07 \times 10^{-5}$ sampai $30.955,32 \times 10^{-5}$ pada arus listrik 1000 mA. Nilai χ_m pasir alam mengalami peningkatan pada produk ISS sebesar $3.187,35 \times 10^{-5}$. Hal ini dikarenakan kandungan partikel magnetik lebih banyak dibandingkan pasir alam. Peningkatan signifikan dari produk ISS ke produk BM kecepatan BM 100 rpm, dimana nilai suseptibilitas magnetik sebesar $1.2069,57 \times 10^{-5}$ yang disebabkan adanya proses preparasi dan separasi pada BM sehingga konsentrasi magnetik produk BM 100 rpm lebih tinggi dibandingkan dengan produk ISS. Produk BM 150 rpm dan BM 200 rpm juga mengalami peningkatan nilai suseptibilitas magnetik seiring dengan meningkatnya kecepatan putaran tabung. Hal ini dikarenakan terjadi perubahan kecepatan tabung BM, peningkatan nilai induksi magnetik solenoid, yang mempengaruhi suseptibilitas magnetik partikel Fe magnetik. Hal ini dibuktikan dengan nilai sensitifitas magnetik yang paling tinggi terdapat pada produk BM pada putaran 200 rpm sebesar $30.955,32 \times 10^{-5}$ dengan dan nilai suseptibilitas magnetik terendah terdapat pada produk BM 100 rpm sebesar $28.138,79 \times 10^{-5}$.



Gambar 4. Grafik nilai χ_m pasir alam, produk ISS, produk BM 100 rpm, BM 150 rpm, dan BM 200 rpm selama 80 jam.

Karakterisasi XRF

Identifikasi komposisi pasir Sungai Rokan dilakukan dengan XRF seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian XRF pasir alam setelah di BM dengan variasi putaran *mill tube* yang berbeda (100 rpm, 150 rpm, dan 200 rpm).

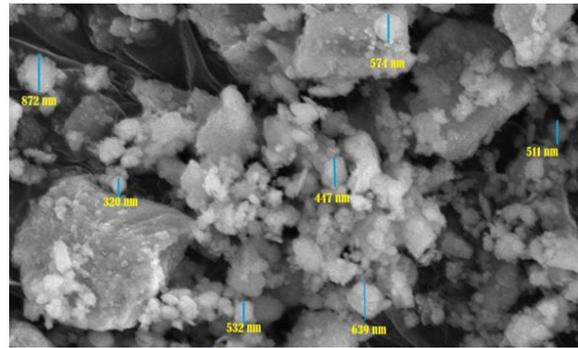
Elemen	Komposisi (%)		
	100 rpm	150 rpm	200 rpm
Al	5,707	7,168	7,176
Si	38,604	36,710	33,729
P	2,84	2,776	1,968
K	3,832	3,689	3,687
Ca	6,972	6,571	6,452
Ti	5,446	6,794	7,953
V	0,115	0,146	0,175
Cr	0,056	0,144	0,187
Mn	0,487	0,486	0,474
Fe	32,686	33,130	35,865
Ag	0,446	0,794	0,976
Eu	0,078	0,074	0,06
Sr	0,13	0,283	0,398
Zr	1,25	0,292	0,128
Pb	0,045	0,039	0,028
Elemen lain	1,306	0,904	0,744

Pada Tabel 2 menampilkan bahwa ada perbandingan persentase komposisi yang terkandung di dalam elemen-elemen pada sampel pasir besi setelah di BM dengan fluktuasi kecepatan putar tabung BM. Unsur non magnetik seperti Si mengalami penurunan dari 38,604% menjadi 33,729%. Hasil ini disebabkan karena selama proses penggilingan, partikel magnetik dan non-magnetik terpisah akibat tumbukan antara konsentrat, tabung dan bola, sehingga digunakan magnet NdFeB selama proses penggilingan dan pemisahan untuk memisahkan partikel menarik magnet.

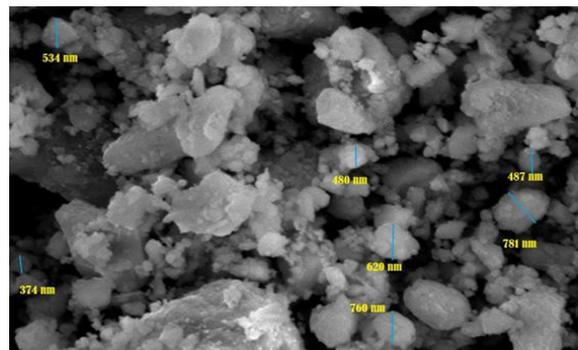
Tabel 2 Juga memperlihatkan bahwa terjadi kenaikan persentase pada unsur-unsur magnetik. Seperti Fe yaitu dari 32,686% menjadi 35,865%, penurunan ini terjadi karena pemberian kecepatan putaran tabung *milling* yang tinggi sehingga menyebabkan temperatur tabung meningkat. Secara teori energi tumbukan yang dihasilkan pun akan semakin besar, meningkatnya energi termal dan tumbukan. Oleh karena itu akan menyebabkan produk mengalami aglomerasi.

Karakterisasi SEM

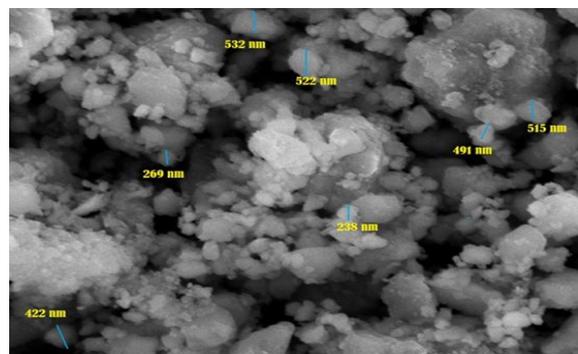
Hasil uji ukuran partikel menggunakan SEM ditunjukkan pada Gambar 5, 6, dan 7.



Gambar 5. Hasil SEM untuk produk BM 80 jam pada 100 rpm dan perbesaran 10.000 kali.



Gambar 6. Hasil SEM untuk produk BM 80 jam pada 150 rpm dan perbesaran 10.000 kali.



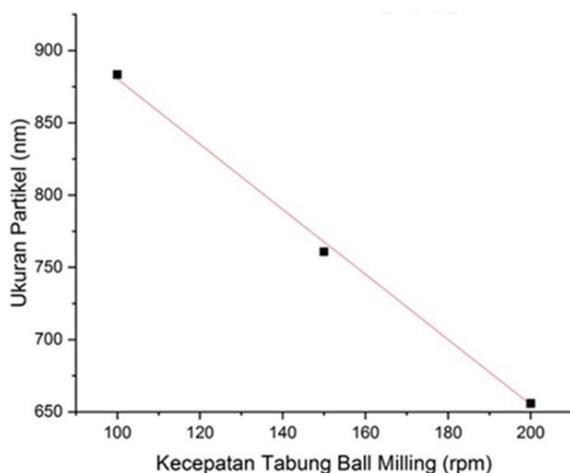
Gambar 7. Hasil SEM untuk produk BM 80 jam pada 200 rpm dan perbesaran 10.000 kali.

Perubahan ukuran partikel sebagai fungsi kecepatan tabung BMg dapat dilihat dari gaya yang bekerja pada BM adalah gesekan, tumbukan, dan gravitasi. Bola-bola didalam akan saling bertumbukkan satu sama lain dan menghasilkan energi kinetik. Saat kecepatan meningkat energi kinetik bola juga meningkat, pergerakan bola akan dikonversi menjadi energi impact untuk menghancurkan dan mereduksi ukuran partikel. Selain energi impact, bekerja gaya gesek antara partikel dan dinding bagian dalam tabung BM. Gaya gesek ini juga

membantu penggerusan reduksi ukuran. Hal ini dapat dilihat dari ukuran partikel yang menurun seiring bertambahnya kecepatan putaran tabung. Gambar 5 menunjukkan ukuran partikel hasil produk BM 100 rpm memiliki ukuran rata-rata partikel 883,4 nm. Gambar 6 menunjukkan bahwa produk hasil BM selama 80 jam dengan kecepatan 150 rpm pada perbesaran 10.000 kali memiliki ukuran partikel rata-rata yang diperoleh sebesar 760,5 nm dan Gambar 7 menunjukkan bahwa produk hasil BM memiliki ukuran partikel rata-rata yang diperoleh sebesar 655,81 nm.

Tabel 3. Data ukuran partikel hasil SEM.

Kecepatan (RPM)	Ukuran Partikel (nm)
100	883,4
150	760,85
200	655,81



Gambar 8. Grafik hasil SEM untuk ukuran partikel oksida besi pasir alam sebagai fungsi kecepatan putar tabung BM.

Gambar 8 menunjukkan produk hasil BM dengan kecepatan 200 rpm menghasilkan rata-rata ukuran partikel yang paling kecil sedangkan pada produk BM kecepatan 100 rpm menghasilkan rata-rata ukuran partikel yang lebih besar. Persentase penurunan ukuran partikel yang didapatkan adalah sekitar 0,257 % hasil ini didapatkan dari pengurangan ukuran partikel pada kecepatan 100 rpm dengan 200 rpm dibagi dengan kecepatan 100 rpm.

Analisa perubahan ukuran partikel oksida besi penelitian ini mencapai nilai ukuran

partikel terkecil pada kecepatan 200 rpm, yang dimana hal ini menunjukkan perubahan kecepatan meningkat membuat ukuran partikel yang didapatkan semakin lebih kecil. Dengan peningkatan laju putaran lebih lanjut, gaya sentrifugal dapat menjadi sangat besar sehingga bola akan berputar bersama dengan putaran tabung tanpa jatuh, beberapa penelitian menunjukkan putaran tabung yang bergerak pada kecepatan dibawah 50% lebih banyak mengalami gesekan yang berdampak pada ukuran partikel yang mengecil, sedangkan saat kecepatan putaran meningkat lebih jauh diatas 50%.

KESIMPULAN

Nilai suseptibilitas magnetik pasir Sungai Rokan Provinsi Riau yang telah proses BM mengalami peningkatan seiring bertambahnya kecepatan putaran tabung yang diberikan dari $28138,79 \times 10^{-5}$ (100 rpm) , $29374,88 \times 10^{-5}$ (150 rpm), dan $30955,32 \times 10^{-5}$ (200 rpm). Hasil Identifikasi XRF menunjukkan unsur magnetik Fe yang terkandung mengalami kenaikan dari 32,686% menjadi 35,865%, sedangkan pada unsur non-magnetik Si menurun dari 38,604% menjadi 33,729%. Ukuran partikel rata-rata mengalami penurunan seiring meningkatnya kecepatan tabung BM, yaitu pada kecepatan 100 rpm menghasilkan rata-rata ukuran partikel 883,4 nm, kecepatan 150 rpm yaitu 760,85 nm dan pada kecepatan 200 rpm menghasilkan ukuran yaitu 655,81 nm.

REFERENSI

1. Heeschen, K. U., Schicks, J. M., & Oeltzschner, G. (2016). The promoting effect of natural sand on methane hydrate formation: Grain sizes and mineral composition. *Fuel*, **181**, 139–147.
2. Ohta, J., Yasukawa, K., Machida, S., Fujinaga, K., Nakamura, K., Takaya, Y., ... & Kato, Y. (2016). Geological factors responsible for REY-rich mud in the

- western North Pacific Ocean: Implications from mineralogy and grain size distributions. *Geochemical Journal*, **50**(6), 591–603.
3. Zhensheng, S. H. I., Zhen, Q. I. U., Dazhong, D. O. N. G., Bin, L., Liang, P., & Zhang, M. (2018). Lamina characteristics of gas-bearing shale fine-grained sediment of the Silurian Longmaxi Formation of Well Wuxi 2 in Sichuan Basin, SW China. *Petroleum Exploration and Development*, **45**(2), 358–368.
 4. Gunawan, H., & Budiman, A. (2014). Penentuan Persentase dan Nilai Suseptibilitas Mineral Magnetik Bijih Besi yang Berasal dari Tiga Lokasi Tambang Bijih Besi di Sumatera Barat. *Jurnal Fisika Unand*, **3**(4), 249–254.
 5. Dunuweera, S. P., & Rajapakse, R. M. G. (2018). Cement types, composition, uses and advantages of nanocement, environmental impact on cement production, and possible solutions. *Advances in Materials Science and Engineering*, **2018**, 1–11.
 6. Ullah, S., Faiz, P., & Leng, S. (2020). Synthesis, Mechanism, and Performance Assessment of Zero-Valent Iron for Metal-Contaminated Water Remediation: A Review. *CLEAN–Soil, Air, Water*, **48**(9), 2000080.
 7. Pang, Y. L., Lim, S., Ong, H. C., & Chong, W. T. (2016). Research progress on iron oxide-based magnetic materials: synthesis techniques and photocatalytic applications. *Ceramics International*, **42**(1), 9–34.
 8. Peiravi, M., Dehghani, F., Ackah, L., Baharlouei, A., Godbold, J., Liu, J., ... & Ghosh, T. (2021). A review of rare-earth elements extraction with emphasis on non-conventional sources: Coal and coal byproducts, iron ore tailings, apatite, and phosphate byproducts. *Mining, Metallurgy & Exploration*, **38**, 1–26.
 9. Afdal, A. (2013). Karakterisasi sifat magnet dan kandungan mineral pasir besi Sungai Batang Kuranji Padang Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Fisika*, **5**(1), 24–30.
 10. Tiwow, V. A., Arsyad, M., Palloan, P., & Rampe, M. J. (2018). Analysis of mineral content of iron sand deposit in Bontokanang Village and Tanjung Bayang Beach, South Sulawesi, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, **997**(1), 012010.
 11. Arsyad, M., Tiwow, V. A., & Rampe, M. J. (2018). Analysis of magnetic minerals of iron sand deposit in Sampulungan Beach, Takalar Regency, South Sulawesi using the x-ray diffraction method. *Journal of Physics: Conference Series*, **1120**(1), 012060.
 12. Wang, Y., Neyman, A., Arkhangelsky, E., Gitis, V., Meshi, L., & Weinstock, I. A. (2009). Self-assembly and structure of directly imaged inorganic-anion monolayers on a gold nanoparticle. *Journal of the American Chemical Society*, **131**(47), 17412–17422.
 13. Yadav, R. S., Havlica, J., Hnatko, M., Šajgalík, P., Alexander, C., Palou, M., ... & Enev, V. (2015). Magnetic properties of $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ spinel ferrite nanoparticles synthesized by starch-assisted sol-gel autocombustion method and its ball milling. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **378**, 190–199.
 14. Zou, H., Zhao, J., He, F., Zhong, Z., Huang, J., Zheng, Y., ... & Gao, B. (2021). Ball milling biochar iron oxide composites for the removal of chromium (Cr (VI))

- from water: Performance and mechanisms. *Journal of Hazardous Materials*, **413**, 125252.
15. Salomo, S., Erwin, A., Usman, M., Muhammad, H., Nita, Y., & Linda, W. (2020). Preparation of Iron Oxide Magnetic Nanoparticles Natural Sand of Rokan River Synthesis with Ball Milling. *Journal of Physics: Conference Series*, **1655**(1), 012018.



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

ANALISA KECEPATAN PUTARAN TABUNG BALL MILLING TERHADAP SUSEPTIBILITAS MAGNETIK DAN KOMPOSISI SERTA UKURAN PARTIKEL OKSIDA BESI PASIR ALAM SUNGAI ROKAN

Tasyha Dwi Safira, Salomo Sinuraya*, Erwin Amiruddin, Rahmondia Nanda Setiadi
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: salomo@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Magnetic susceptibility and composition of magnetic particles from the natural sand iron oxide, at Rokan River in Riau Province as a function of the rotating speed of ball milling tubes. Samples are separated the magnetic particles from non-magnetic particles using iron sand separator (ISS), called the ISS product. Refinement using neodymium iron boron magnet (NdFeB). The ball milling process is carried out for 80 hours using combined iron balls with diameter of 0.7 cm (48 balls), 1.5 cm (24 balls), and 2 cm (16 balls) with variety milling tube rotational speeds of 100, 150, and 200 rpm. The calculation of the magnetic susceptibility value is carried out based on the values of B_0 and B_T , while the composition of the sample by X-ray fluorescence (XRF) and the magnetic particle size of the sample is classified by scanning electron microscope. The result of the study indicates that the magnetic susceptibility of the ISS product has a value $2,895.99 \times 10^{-5}$, while the value of the magnetic susceptibility of ball milling product increases with the increase in the rotating speed of the tube, namely $27,997.52 \times 10^{-5}$, $29,975.27 \times 10^{-5}$, and $30,690.44 \times 10^{-5}$. XRF results show that the magnetic element Fe increased from 32.069% to 39.645%, while the non-magnetic element Si decreased from 31.127% to 29.187%. The average particle size obtained was smaller as the rotational speed of the milling tube increased, namely 679.72 nm, 619.14 nm, and 568.94 nm.

Keywords: Sand, Ball Milling, Iron Sand Separator, Magnetic Susceptibility.

ABSTRAK

Penelitian tentang suseptibilitas magnetik dan komposisi serta ukuran partikel oksida besi pasir alam Sungai Rokan, Provinsi Riau sebagai fungsi kecepatan putaran tabung ball milling. Sampel pasir alam yang tersedia dipisahkan antara partikel magnetik dan non-magnetik menggunakan iron sand separator (ISS), hasil ini disebut dengan produk ISS. Pemisahan lanjutan menggunakan magnet neodymium iron boron (NdFeB). Proses ball milling dilakukan selama 80 jam menggunakan bola besi gabungan berdiameter yaitu, 0,7 cm sebanyak 48 buah, 1,5 cm sebanyak 24 buah, dan 2 cm sebanyak 16 buah dengan kecepatan putaran tabung bervariasi, 100, 150, dan 200 rpm. Perhitungan nilai suseptibilitas magnetik dilakukan berdasarkan nilai B_0 dan B_T , sedangkan komposisi dari pasir besi menggunakan X-ray fluorescence (XRF) dan ukuran partikel magnetik ditentukan dengan scanning electron microscope. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suseptibilitas magnetik produk ISS memiliki nilai $2.895,99 \times 10^{-5}$, sedangkan nilai suseptibilitas magnetik produk ball milling meningkat seiring dengan kecepatan putaran tabung ball milling, yaitu $27.997,52 \times 10^{-5}$, $29.975,27 \times 10^{-5}$, dan $30.690,44 \times 10^{-5}$. Hasil identifikasi XRF menunjukkan unsur magnetik Fe meningkat dari 32,069% menjadi 39,645%, sedangkan unsur non-magnetik Si mengalami penurunan dari 31,127% menjadi 29,187%. Hasil rata-rata ukuran partikel yang didapatkan semakin kecil seiring dengan meningkatnya kecepatan putaran tabung ball milling, yaitu sebesar 679,72 nm, 619,14 nm, dan 568,94 nm.

Kata kunci: Pasir Alam, Ball Milling, Iron Sand Separator, Suseptibilitas Magnetik.

Diterima 17-01-2023 | Disetujui 10-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Sumber daya alam sangat berlimpah di negara Indonesia. Pasir alam merupakan salah

satu sumber daya alam yang melimpah dan merupakan sumber daya alami yang mencakup mineral alami, termasuk unsur-unsur seperti besi, titanium, dan lainnya [1-3].

Sumber daya alam masih belum digarap secara maksimal di Indonesia. Satu-satunya aplikasi untuk pasir alami yang kami sadari adalah sebagai bahan bangunan yang dengan nilai jual sangat murah [4,5]. Sebenarnya, oksida besi dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya penelitian dan industri, maupun penelitian [6]. Pasir alami dapat ditemukan di sekitar sungai, pantai, lautan, dan pegunungan, termasuk Sungai Rokan yang menjadi subjek penelitian [7-9]. Bijih besi yang dicampur dengan pasir dikenal sebagai pasir besi [10]. Pasir besi adalah jenis endapan pasir yang ada pada batuan sedimen [11,12]. Warna kehitaman dari pasir besi itu sendiri adalah ciri khas dan mengandung magnetit (Fe_2O_3) [13], hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) [14], dan maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) [15]. Pasir besi dapat diaplikasikan sebagai sensor magnetik, media penyimpanan data, dan sistem pengiriman obat terapi tumor [1,16-19].

Dengan berlalunya waktu, partikel pasir besi telah menyusut ke ukuran yang relatif kecil (mikrometer). Penggunaan teknik langsung, yaitu metode *ball milling* (BM), adalah salah satu cara efisien untuk menghaluskan ukuran partikel tanpa terlibat dalam proses kimia [1]. Teknik BM merupakan alat penggilingan dengan banyak bola besi yang bertabrakan satu sama lain untuk menghaluskan partikel pasir besi dan mengurangi ukurannya menjadi antara mikrometer dan nanometer [16].

Sampel pasir alami dari Sungai Rokan, Ujung Batu, Provinsi Riau, digunakan dalam penelitian pengukuran kecepatan putaran tabung BM pada suseptibilitas magnetik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkarakterisasi komposisi dan ukuran partikel oksida besi.

METODE PENELITIAN

Pasir alam Sungai Rokan, Ujung Batu, Provinsi Riau, Indonesia, menjadi sumber sampel yang digunakan. Menggunakan alat pemisah pasir yakni *iron sand separator* (ISS), sampel yang tersedia dibagi menjadi partikel magnetik dan non-magnetik. Sampel setelah itu digiling selama 80 jam dengan mencampurkan

bola besi ke dalam tabung tersebut yang telah berisi sampel dengan ukuran bola besi berdiameter 0,7 cm sebanyak 48 buah, 1,5 cm sebanyak 24 buah, dan 2 cm sebanyak 16 buah dengan variasi kecepatan putaran tabung 100 rpm, 150 rpm, dan 200 rpm. Setelah itu, nilai suseptibilitas magnetik sampel, produk hasil ISS, dan produk BM semuanya dihitung, serta penentuan komposisi yang ada pada sampel diuji menggunakan uji *X-ray fluorescence* (XRF) dan untuk mengetahui ukuran partikel yang ada pada sampel diuji menggunakan *scanning electron microscope* (SEM).

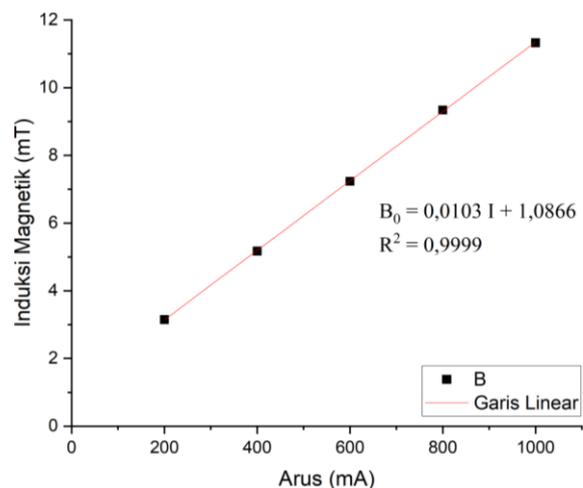
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Induksi Magnetik Solenoid Tanpa Inti (B_0)

Tabel 1 dan grafik pada Gambar 1 menunjukkan hasil pengukuran induksi magnetik solenoida B_0 sebagai fungsi arus.

Tabel 1. Data pengukuran B_0 .

Arus (mA)	B_0 (mT)
200	3,147
400	5,173
600	7,235
800	9,341
1000	11,326



Gambar 1. Grafik induksi magnetik B_0 .

Ketika arus yang diberikan meningkat, Gambar 1 merupakan nilai induksi magnetik B_0 yang mengalami kenaikan seiring dengan bertambah arus listrik. Nilai induksi magnetik

B_0 pada arus 200 mA sebesar 3,147 mT dan pada arus 1000 mA sebesar 11,326 mT.

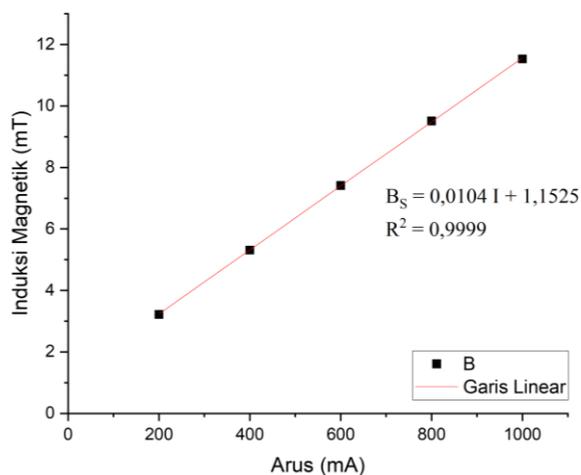
$B_0 = 0,0103 I + 1,0866$ dengan $R^2 = 0,9999$ merupakan persamaan linear terhadap nilai induksi magnetik tanpa inti. Nilai R^2 mempunyai nilai antara 0 – 1 dan semakin mendekati nilai 1 maka semakin akurat hasil yang didapat. Persamaan linear menunjukkan bahwa nilai induksi magnetik ketika arus listrik yang mengalir pada solenoid dihentikan tidak nol, melainkan masih memiliki sisa induksi magnetik sebesar 1,9866 mT. Hal ini dipengaruhi oleh medan magnetik bumi.

Hasil Pengukuran Induksi Magnetik Solenoid Inti Sampel Pasir Alam (B_s)

Tabel 2 dan grafik pada Gambar 2 menunjukkan hasil pengukuran induksi magnetik B_s sebagai fungsi arus.

Tabel 2. Data pengukuran induksi magnetik B_s .

Arus (mA)	B_s (mT)
200	3,221
400	5,314
600	7,416
800	9,513
1000	11,533



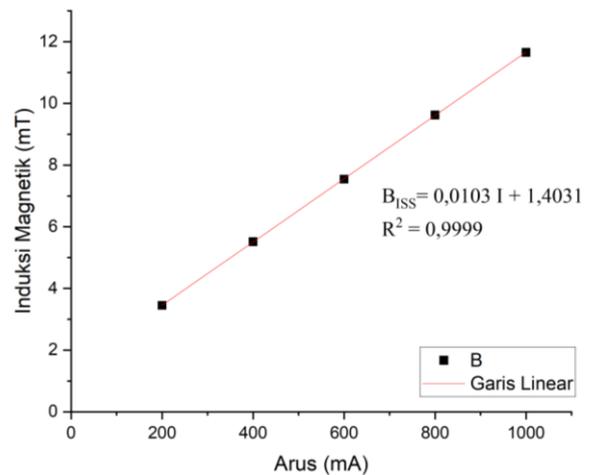
Gambar 2. Grafik induksi magnetik B_s .

Hasil Pengukuran Induksi Magnetik Solenoid Inti Produk ISS (B_{ISS})

Tabel 3 dan grafik pada Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran induksi magnetik B_{ISS} sebagai fungsi arus.

Tabel 3. Data pengukuran induksi magnet B_{ISS} .

Arus (mA)	B_{ISS} (mT)
200	3,451
400	5,514
600	7,545
800	9,621
1000	11,654



Gambar 3. Grafik induksi magnetik B_{ISS} .

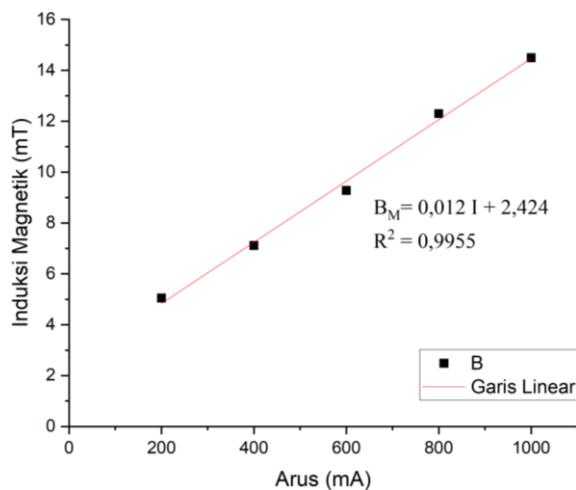
Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan total nilai induksi magnetik solenoida dengan inti sampel pasir alami, hasil dari produk ISS memiliki nilai yang lebih tinggi. Hal ini karena alat ISS yang digunakan memisahkan sejumlah besar partikel non-magnetik.

Hasil Pengukuran Induksi Magnetik Solenoid Inti Produk BM (B_{BM})

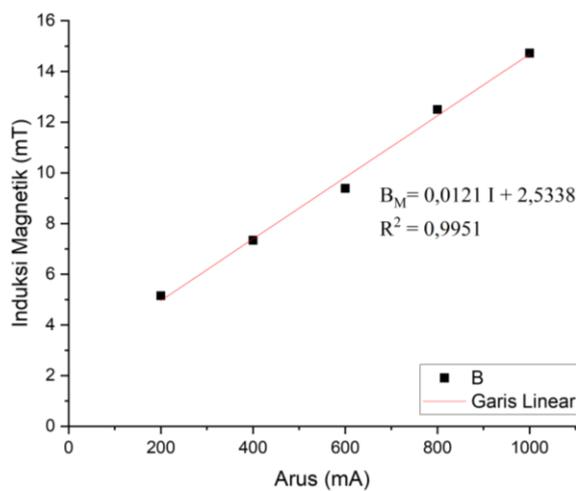
Grafik Gambar 4, 5, dan 6 menunjukkan data pengukuran induksi magnetik inti untuk produk yang telah mengalami proses BM selama 80 jam menggunakan bola besi gabungan dengan diameter 0,7 cm sebanyak 48 buah, 1,5 cm sebanyak 24 buah, dan 2 cm sebanyak 16 buah dengan variasi kecepatan putaran tabung 100 rpm, 150 rpm, dan 200 rpm.

Gambar 4, 5, dan 6 menampilkan grafik induksi magnetik pada produk BM dengan kecepatan putaran tabung. Nilai induksi naik secara linier terhadap kecepatan putaran tabung. Oleh karena itu, semakin cepat putaran tabung, semakin tinggi nilai didapatkan. Hal ini disebabkan karena adanya oksida besi yang terkandung, maka semakin tinggi nilai

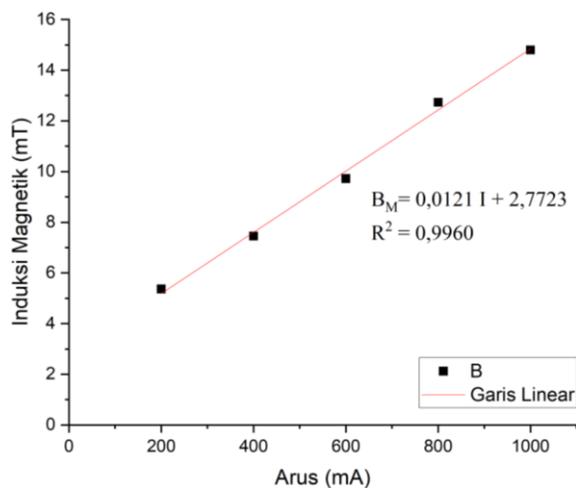
kecepatan putaran tabung maka hasil oksida besi akan semakin meningkat karena meningkatnya induksi magnetik.



Gambar 4. Grafik induksi magnetik B_{BM} kecepatan putaran tabung 100 rpm.



Gambar 5. Grafik induksi magnetik B_{BM} kecepatan putaran tabung 150 rpm.

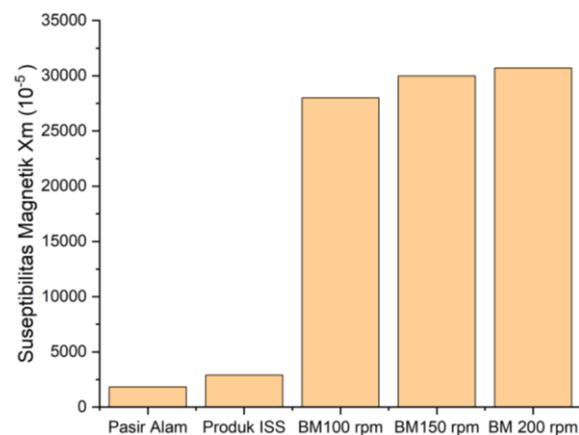


Gambar 6. Grafik induksi magnetik B_{BM} kecepatan putaran tabung 200 rpm.

Perhitungan Suseptibilitas Magnetik (χ_m)

Tabel 4. Nilai χ_m pasir alam, produk ISS, dan produk BM 80 jam dengan kecepatan putaran tabung 100 rpm, 150 rpm, dan 200 rpm.

Sampel	B_0 (mT)	B_T (mT)	χ_m (10^{-5})
Pasir alam	11,326	11,533	1827,65
Produk ISS	11,326	11,654	2895,99
BM 100	11,326	14,497	27997,52
BM 150	11,326	14,721	29975,27
BM 200	11,326	14,802	30690,44



Gambar 7. Diagram nilai χ_m .

Pada Gambar 7 nilai χ_m pasir alam sebesar $1827,65 \times 10^{-5}$ mengalami kenaikan pada produk ISS sebesar $2895,99 \times 10^{-5}$. Hal ini dikarenakan adanya pemisahan antara partikel yang mengandung magnet dan tidak mengandung magnet menggunakan alat pemisah ISS, sehingga kandungan partikel magnetik lebih banyak dibandingkan dengan pasir alam. Kenaikan ini mengalami peningkatan antara produk ISS dan juga produk BM karena telah melewati proses BM selama 80 jam dengan kecepatan putaran tabung 100 rpm, 150 rpm, dan 200 rpm. Selama di-BM terjadi tumbukan dalam tabung antara bola besi gabungan yang berdiameter 0,7 cm sebanyak 48 buah, 1,5 cm sebanyak 24 buah, dan 2 cm sebanyak 16 buah dengan sampel pasir besi yang telah melewati proses pemisahan menggunakan ISS dan pemisahan lanjutan menggunakan magnet NdFeB, tumbukan terjadi untuk menghaluskan sampel tersebut. Nilai χ_m produk BM pada kecepatan putaran tabung 100 rpm sebesar $27997,52 \times 10^{-5}$, pada kecepatan

putaran tabung 150 rpm sebesar $29975,27 \times 10^{-5}$, dan pada kecepatan putaran tabung 200 rpm sebesar $30690,44 \times 10^{-5}$.

Analisis Data XRF

Produk BM menjalani pengujian XRF selama 80 jam untuk menentukan komposisi partikel pada kecepatan 100 rpm, 150 rpm, dan 200 rpm. Tabel 5 menampilkan hasil dari proses identifikasi menggunakan XRF.

Tabel 5. Hasil uji XRF.

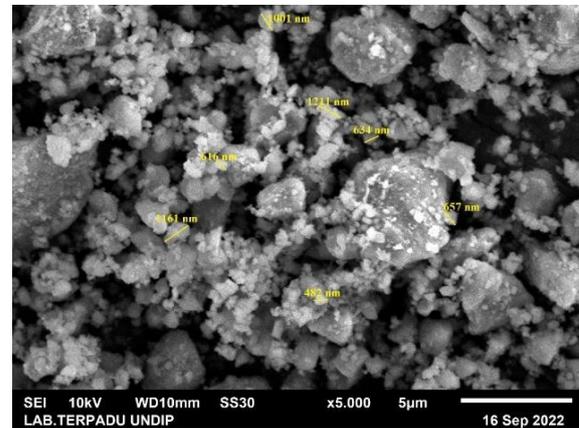
Elemen	Komposisi (%)		
	100 rpm	150 rpm	200 rpm
Al	6,307	6,687	7,286
Si	31,127	30,894	29,187
P	2,935	2,615	2,126
K	3,793	3,421	3,096
Ca	9,326	8,661	7,594
Ti	8,225	8,668	8,765
V	0,069	0,070	0,111
Cr	0,066	0,083	0,124
Mn	0,579	0,433	0,412
Fe	32,069	36,646	39,645
Zn	0,067	0,072	0,099
Sr	0,159	0,169	0,174
Zr	0,394	0,201	0,131
Ag	0,721	0,808	0,812
Eu	0,106	0,104	0,102
Elemen Lain	4,057	0,468	0,336

Pada Tabel 5 menunjukkan perubahan persentase komposisi yang terkandung pada sampel pasir yang telah di-BM selama 80 jam dengan kecepatan 100 rpm, 150 rpm dan 200 rpm, dimana elemen partikel yang mengandung magnet mengalami kenaikan nilai persentase, sedangkan pada elemen partikel yang tidak mengandung magnet mengalami penurunan nilai persentase.

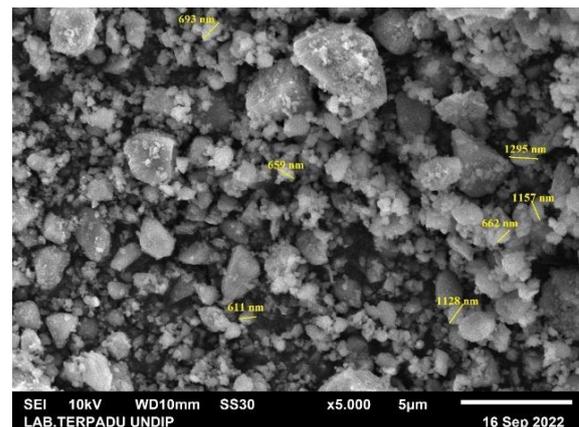
Pada unsur magnetik Fe mengalami kenaikan yaitu dari 32,069% menjadi 39,645%. Sedangkan pada unsur non-magnetik Si menurun sebesar 31,127% menjadi 29,187%. Hal ini disebabkan karena lajunya kecepatan putaran tabung membuat ukuran partikel akan semakin kecil dan menyebabkan partikel magnetik dengan non-magnetik mengalami

pemisahan. Partikel magnetik yang mengalami pemisahan akan mengalami peningkatan nilai persentase, sedangkan partikel non-magnetik mengalami penurunan nilai persentase.

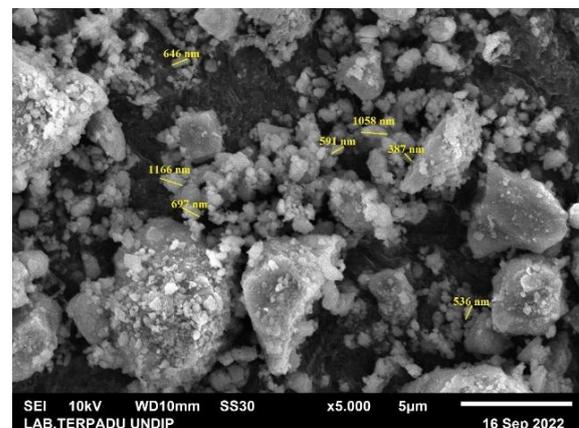
Analisis Data SEM



(a)



(b)



(c)

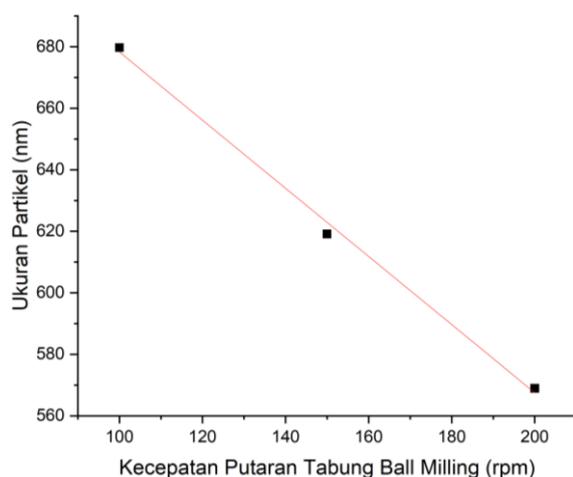
Gambar 8. Ukuran partikel produk BM perbesaran 5000 kali dengan kecepatan putaran tabung (a) 100 rpm, (b) 150 rpm, dan (c) 200 rpm.

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui perubahan ukuran partikel terhadap produk hasil BM selama 80 jam dengan kecepatan 100 rpm, 150 rpm, dan 200 rpm dengan perbesaran 5000 kali. Hasil uji ukuran partikel tersebut ditampilkan pada Gambar 8.

Dapat dilihat perubahan ukuran partikel maupun bentuk terhadap kecepatan putaran tabung BM. Dapat kita ketahui bahwa gaya yang bekerja pada BM yaitu gaya tumbukan, gaya gesek dan juga gaya gravitasi. Dimana bola-bola yang terdapat di dalam tabung akan saling bertumbukan satu sama lain dalam menghancurkan sampel di dalamnya dan akan menghasilkan energi kinetik. Hal ini dapat kita lihat pada Tabel 6 dan grafik pada Gambar 9 hasil SEM sebagai kecepatan putaran tabung BM dimana hasil ukuran partikel yang dihasilkan semakin kecil seiring meningkatnya kecepatan putaran tabung.

Tabel 6. Data ukuran partikel hasil SEM sebagai fungsi kecepatan putaran tabung BM.

Kecepatan (rpm)	Ukuran Partikel (nm)
100	679,72
150	619,14
200	568,94



Gambar 9. Grafik hasil SEM sebagai fungsi kecepatan putaran tabung BM.

Hasil uji partikel pada sampel pasir alam Sungai Rokan yang telah di-BM selama 80 jam menggunakan bola gabungan ukuran diameter 0,7 cm sebanyak 48 buah, 1,5 cm sebanyak 24 buah, dan 2 cm sebanyak 16 buah dengan

kecepatan putaran tabung 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm ditunjukkan pada Gambar 9 sebagai grafik hasil ukuran partikel menggunakan SEM pada perbesaran 5000 kali menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kecepatan putaran tabung maka semakin kecil nilai ukuran partikel yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Hasil dari penelitian, pengukuran data dan perhitungan data yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai χ_m meningkat seiring bertambahnya kecepatan putaran tabung. Nilai χ_m berturut-turut pada kecepatan putaran tabung 100 rpm, 150 rpm, dan 200 rpm, yaitu $27997,52 \times 10^{-5}$, $29975,27 \times 10^{-5}$, dan $30690,44 \times 10^{-5}$. Hasil identifikasi XRF menunjukkan pada unsur yang mengandung magnet yakni Fe meningkat dari 32,069% menjadi 39,645%. Sedangkan pada unsur yang tidak mengandung magnet yakni Si mengalami penurunan dari 31,127% menjadi 29,187%. Ukuran partikel rata-rata hasil uji SEM mengalami perubahan seiring meningkatnya kecepatan putaran tabung, sehingga semakin tinggi kecepatan putaran tabung BM maka semakin kecil nilai partikel dihasilkan.

REFERENSI

1. Triatmono, H. C., Muslimin, M., & Anggraini, L. (2017). Penurunan Ukuran Butir Serbuk Besi dengan Ball Milling 744 rpm dan Ball to Powder Weight Ratio 1: 5. *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, **2**(01).
2. Afdal, A. (2013). Karakterisasi sifat magnet dan kandungan mineral pasir besi Sungai Batang Kuranji Padang Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Fisika*, **5**(1), 24–30.
3. Rahayu, R., & Abram, P. H. (2020). Analisis Jenis dan Kandungan Logam pada Batuan Buangan dari Pertambangan Emas Poboya. *Media Eksakta*, **16**(2), 122–127.

4. Widjoyo, I., & Febriany, H. N. F. (2022). Komparasi Abu Batu Sebagai Substitusi Pasir Untuk Mengurangi Harga Pokok Produksi Dalam Pembuatan Beton. *Forum Mekanika*, **11**(1), 22–28.
5. Khusna, H., Sunarto, W., & Alauhdin, M. (2013). Analisis kandungan kimia dan pemanfaatan sludge industri kertas sebagai bahan pembuatan batako. *Indonesian Journal of Chemical Science*, **2**(2).
6. Setianto, S. (2017). Analisa Kuantitatif Campuran Senyawa Oksida Sebagai Dasar Identifikasi Kandungan Bahan Sumber Daya Alam Studi Kasus: Kandungan Mineral Pada Pasir Besi Di Pesisir Pantai Selatan, Jawa Barat. *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, **18**(02), 173–177.
7. Prasetyo, A. B., Sulistiyono, E., & Mayangsari, W. (2016). Studi Pengembangan Material Maju dari Mineral Daerah Aliran Sungai Cilandir. *Prosiding Semnastek*.
8. Lopes, V. C., & Wibowo, H. T. T. (2016). Pemetaan potensi pasir besi di desa umbulsari dan sekitarnya kecamatan tempursari kabupaten lumajang propinsi jawa timur. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 159–168.
9. Kotta, H., & Banunaek, Z. (2021). Kajian Morfologi, Karakteristik dan Kondisi Lingkungan Gumuk Pasir Pantai Oetune, Kecamatan Kualin Kabupaten Timor Tengah Selatan, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Teknologi*, **15**(2), 5–9.
10. Tambunan, B., Supriyadi, C., & Juliansyah, J. (2016). Desain Dan Simulasi Tungku Bakar Untuk Pengolahan Pasir Besi Menjadi Sponge Iron Dengan Teknologi Tunnel Kiln. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, **10**(1), 51–60.
11. Ningsih, F., Fitriarningsih, F., & Didik, L. A. (2019). Analisis pengaruh lama penggerusan terhadap resistivitas dan konstanta dielektrik pada pasir besi yang disintesis dari Kabupaten Bima. *Indonesian Physical Review*, **2**(3), 92–98.
12. Lamburu, A. A., Syafri, I., & Yuningsih, E. T. (2017). Karakteristik mineralogi endapan pasir besi di daerah galela utara kabupaten halmahera utara provinsi maluku utara. *Bulletin of Scientific Contribution*, **15**(2), 151–160.
13. Ansori, C. (2013). Mengoptimalkan perolehan mineral magnetik pada proses separasi magnetik pasir besi pantai selatan Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, **9**(3), 145–156.
14. Ghofur, A., Fellicia, D. M., & Pintowantoro, S. (2015). Studi Pengaruh Variasi Daya terhadap Proses Ekstraksi TiO₂ (Rutile) dari Pasir Besi dengan Memanfaatkan Pemanasan Gelombang Mikro dan Diikuti Leaching Asam Klorida. *J. Penelit. Kim*, **2**, 1–6.
15. Nengsi, S. W., Budiman, A., & Puryanti, D. (2016). Karakterisasi Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Maghemit (γ -Fe₂O₃) yang Dioksidasi dari Magnetit (Fe₃O₄) dari Pasir Besi Batang Sukam Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat dengan Variasi Waktu Oksidasi. *Jurnal Fisika Unand*, **5**(3), 248–251.
16. Erwin, E., & Putra, S. U. (2018). Sifat Magnetik Dan Ukuran Partikel Magnetik Serta Komposisi Material Pasir Besi Pantai Kata Pariaman Sumatera Barat Di Sintesa Dengan Iron Sand Separator Dan Ball Milling. *Journal Online of Physics*, **3**(2), 11–14.
17. Tiwow, V. A., Rampe, M. J., & Arsyad, M. (2018). Kajian suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi terhadap pasir besi Kabupaten Takalar. *Jurnal Sainsmat*, **7**(2), 136–146.

18. Zeng, H., Li, J., Liu, J. P., Wang, Z. L., & Sun, S. (2002). Exchange-coupled nanocomposite magnets by nanoparticle self-assembly. *Nature*, **420**(6914), 395–398.
19. Mahmoudi, M., Sant, S., Wang, B.,

Laurent, S., & Sen, T. (2011). Superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs): development, surface modification and applications in chemotherapy. *Advanced drug delivery reviews*, **63**(1-2), 24–46.



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

ANALISIS KECEPATAN DAN GAYA HAMBAT MOBIL PADA TANJAKAN DENGAN SUDUT ELEVASI YANG BERBEDA

Lutfi Puspita Meliasari*, Fatimah Putri Utami, Bayu Setiaji

Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

*E-mail korespondensi: lufipuspita.2022@student.uny.ac.id

ABSTRACT

In this day and age almost everyone has private vehicles, especially cars. When driving using a car, you must always pay attention to the terrain traveled, such as uphill roads. When uphill, the car must resist obstacles, such as rolling inhibition force, incline drag force, and wind inhibition force. This study aims to determine the inhibitory force on the incline so that it must estimate the amount of gas speed of the car when passing the ramp, and can reduce the risk of accidents. In this study using quantitative methods with the help of tracker applications. This study resulted in an incline inhibition force when the car went uphill, namely in black cars of 2,112 N at a speed of 4,539 m/s, in black pick up cars of 1,350 N at a speed of 4,970 m/s, in white pick up cars of 1,166 N at a speed of 2,870 m/s, and on white cars of 1,840 N at a speed of 3,850 m/s.

Keywords: Speed, Elevation Angle, Incline Inhibition Force.

ABSTRAK

Pada zaman sekarang hampir semua orang memiliki kendaraan pribadi, terutama mobil. Pada saat berkendara menggunakan mobil harus selalu memperhatikan medan yang dilalui, seperti jalan tanjakan. Pada saat menanjak mobil harus melawan hambatan, seperti gaya hambat rolling, gaya hambat tanjakan, dan gaya hambat angin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gaya hambat pada tanjakan sehingga harus memperkirakan besar kecepatan gas mobil ketika melewati tanjakan, dan dapat mengurangi resiko kecelakaan. Pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan bantuan aplikasi tracker. Penelitian ini menghasilkan gaya hambat tanjakan pada saat mobil menanjak yaitu pada mobil hitam sebesar 2.112 N dengan kecepatan 4.539 m/s, pada mobil pick up hitam sebesar 1.350 N dengan kecepatan 4.970 m/s, pada mobil pick up putih sebesar 1.166 N dengan kecepatan 2.870 m/s, dan pada mobil putih sebesar 1.840 N dengan kecepatan 3.850 m/s.

Kata kunci: Kecepatan, Sudut Elevasi, Gaya Hambat Tanjakan.

Diterima 17-01-2023 | Disetujui 21-03-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Perkembangan suatu teknologi transformasi menjadi pusat perhatian masyarakat saat ini, khususnya transportasi darat yang sering dijumpai oleh masyarakat. Perkembangan yang dialami dalam transportasi darat berupa ilmu pengetahuan, teknologi dan inovasi. Hal ini disebabkan oleh kemudahan dan kebutuhan mobilisasi untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Salah satu transportasi darat yang sering digunakan oleh masyarakat Indonesia adalah mobil. Populasi pengguna transportasi darat semakin hari meningkat pesat, dibuktikan

dengan adanya kepadatan di arus lalu lintas [1, 2]. Dengan berkembangnya teknologi otomotif maka pengaplikasian penggunaan kendaraan terhadap berbagai medan jalan pun semakin berkembang. Salah satunya ialah penggunaan kendaraan operasional oleh perusahaan-perusahaan tertentu dalam berbagai proyek. Kendaraan operasional yang digunakan harus mampu untuk melewati berbagai medan seperti tanjakan [3].

Salah satu penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas adalah kondisi fisik kendaraan yang kurang atau tidak baik, seperti pada ban, rem

dan bagian-bagian kendaraan lainnya. Selain itu, kondisi tubuh pengemudi yang dalam keadaan mengantuk atau letih juga dapat menjadi penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas [4].

Banyak masyarakat yang selektif dalam memilih mobil, salah satunya adalah kemampuan kendaraan untuk melaju dengan kecepatan tinggi dan mengatasi hambatan yang ada pada kendaraan tersebut, seperti gaya hambat rolling, gaya hambat tanjakan, dan gaya hambat angin. Gaya yang diberikan oleh roda penggerak kendaraan beroda untuk mengatasi gaya hambatan disebut daya dorong atau gaya traksi [5].

Gaya hambat yang pertama adalah gaya hambat angin (*drag force*). *Drag force* merupakan gaya yang menghambat gaya dorong kendaraan karena arah dari *drag force* berlawanan dengan arah kecepatan kendaraan [6]. Pada dasarnya, terdapat beberapa jenis gaya hambat angin yaitu hambatan pusaran, hambatan aliran dalam, hambatan bentuk, serta hambatan tonjolan. Tetapi gaya hambat bentuk dan pusaran adalah gaya hambat yang paling besar [7].

Gaya hambat yang kedua adalah gaya hambat *rolling* yaitu gaya hambat yang ditimbulkan karena gaya gesek ban dengan jalan. Banyak faktor yang mempengaruhi besarnya tahanan rolling ban, antara lain konstruksi ban, ketebalan dan sifat karet ban, serta gaya longitudinal pada ban. Gaya tahanan atau hambatan rolling umumnya dinyatakan dengan koefisien hambatan rolling (f_r) [5].

Gaya hambat yang terakhir adalah gaya hambat tanjakan. Gaya hambat tanjakan adalah gaya hambat yang diakibatkan oleh sudut kemiringan yang dilalui kendaraan, sehingga beban pada kendaraan bertambah karena adanya gaya gravitasi [3]. Besarnya gaya *rolling resistance* juga dipengaruhi oleh sudut kemiringan. Hal ini terjadi karena perbedaan gaya normal kendaraan lebih kecil dibandingkan saat jalan mendatar [6].

Pada saat kendaraan dalam posisi menanjak, satuan *gradeability* digunakan sebagai acuan. *Gradeability* merupakan kemampuan kendaraan

untuk mendaki suatu tanjakan. Misalnya, jika sebuah kendaraan dirancang dengan kemiringan 30%, maka kemampuan kendaraan harus mampu menanjak pada kemiringan 30%. Sebuah kendaraan dikatakan tidak memenuhi kriteria *gradeability* yang dipersyaratkan ketika tidak mampu melewati tanjakan tersebut [8].

Pada saat mobil hendak memasuki tanjakan, kecepatan mobil akan sulit untuk dikendalikan, sehingga kendaraan akan terhenti saat menanjak. Kendaraan harus menggunakan gigi rendah untuk melewati tanjakan, yang menyebabkan kendaraan kehilangan separuh kecepatannya saat mulai menanjak [9].

Untuk melawan gaya hambat dibutuhkan gaya dorong. Gaya dorong adalah gaya yang bekerja berlawanan dengan arah gerak gaya hambat kendaraan. Supaya dapat bergerak maju, kendaraan harus memiliki gaya dorong yang cukup untuk mengatasi semua hambatan yang terjadi pada kendaraan [10].

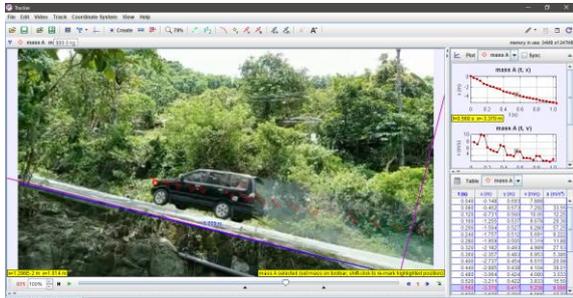
Pada penelitian ini menganalisis besar kecepatan mobil pada saat menanjak serta penyebabnya. Pada saat mobil melaju pada jalan tanjakan, kecepatan mobil akan berkurang atau melambat. Gaya hambat yang terjadi pada kendaraan dapat mempengaruhi kecepatan mobil pada saat menanjak. Pada penelitian ini berfokus pada gaya hambat tanjakan yang disebabkan oleh sudut elevasi tanjakan.

METODE PENELITIAN

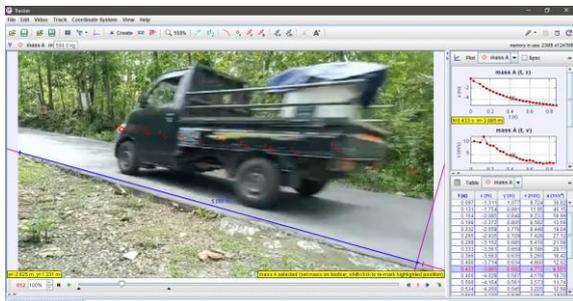
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif merupakan bagian dari serangkaian penelitian sistematis terhadap suatu fenomena dengan cara mengumpulkan data yang kemudian diukur dengan komputasi atau teknik statistik matematika.

Penelitian ini dimulai dengan pengambilan video mobil pada saat menanjak. Kami melakukan pengambilan video di tiga tempat yang berbeda yaitu di Jl. Tembus sambeng, Kec Ngawen; Tanjakan Bundelan, Tancep, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta; dan Tanjakan Sumberan, Kecamatan Ngawen, Kabupaten Gunung Kidul.

Kami memilih tanjakan ini karena banyak dilalui mobil. Setelah mengambil video kemudian menganalisis menggunakan aplikasi *tracker* seperti pada Gambar 1, 2, 3, dan 4.



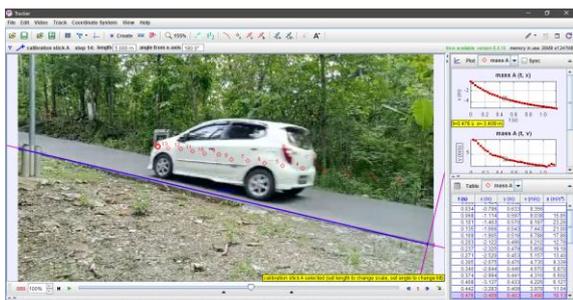
Gambar 1. Gambar analisis *tracker* mobil hitam.



Gambar 2. Gambar analisis *tracker* mobil *pick up* hitam.



Gambar 3. Gambar analisis *tracker* mobil *pick up* putih.



Gambar 4. Gambar analisis *tracker* mobil putih.

Dari analisis video tersebut didapatkan data kecepatan dan percepatan mobil serta grafiknya. Selanjutnya, dianalisis gaya hambat tanjakan yang menyebabkan kecepatan mobil pada jalan tanjakan berkurang atau melambat. Besarnya gaya karena sudut elevasi dapat dipengaruhi oleh berat kendaraan dan sudut kemiringan jalan. Besarnya gaya hambat akibat sudut elevasi jalan dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) berikut:

$$R_g = m \cdot g \sin \theta \quad (1)$$

dimana, m = massa mobil
 g = gaya gravitasi
 θ = sudut tanjakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil *tracker* didapatkan data kecepatan mobil yang kemudian digunakan untuk menghitung kecepatan rata-ratanya (Gambar 5, 6, 7, dan 8). Pada penelitian ini didapatkan hasil kecepatan rata-rata pada mobil hitam sebesar 4.539 m/s, mobil *pick up* hitam sebesar 4.970 m/s, mobil *pick up* putih sebesar 2.870 m/s, dan mobil putih sebesar 3.850 m/s.

Penelitian ini membuktikan adanya gaya hambatan pada tanjakan, yaitu gaya hambat *rolling*, gaya hambat tanjakan, dan gaya hambat angin. Gaya hambat tanjakan pada penelitian ini yaitu:

1. Pada mobil hitam dengan massa 880 kg dan sudut elevasi tanjakan 14° .

$$R_g = m \cdot g \sin \theta$$

$$R_g = 880 \cdot 10 \sin 14^\circ$$

$$R_g = 8.800 \cdot 0,24$$

$$R_g = 2.112 \text{ N}$$

2. Pada mobil *pick up* hitam dengan massa 500 kg dan sudut elevasi tanjakan 16° .

$$R_g = m \cdot g \sin \theta$$

$$R_g = 500 \cdot 10 \sin 16^\circ$$

$$R_g = 5.000 \cdot 0,27$$

$$R_g = 1.350 \text{ N}$$

3. Pada mobil *pick up* putih dengan massa 530 kg dan sudut elevasi tanjakan 12,5°.

$$R_g = m \cdot g \sin \theta$$

$$R_g = 530 \cdot 10 \sin 12,5^\circ$$

$$R_g = 5.300 \cdot 0,27$$

$$R_g = 1.166 \text{ N}$$

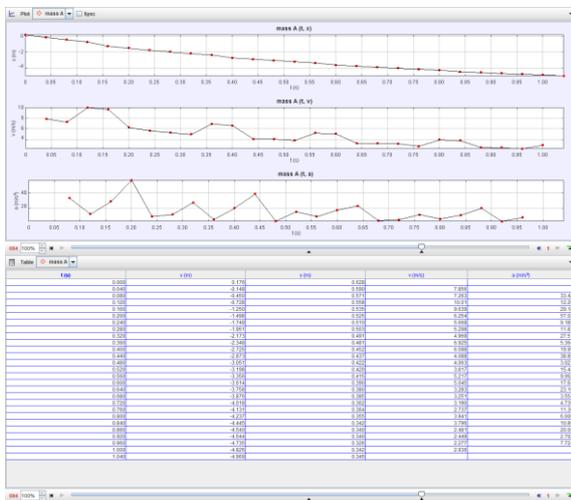
4. Pada mobil putih dengan massa 800 kg dan sudut elevasi tanjakan 13,3°.

$$R_g = m \cdot g \sin \theta$$

$$R_g = 800 \cdot 10 \sin 13,3^\circ$$

$$R_g = 8.000 \cdot 0,2$$

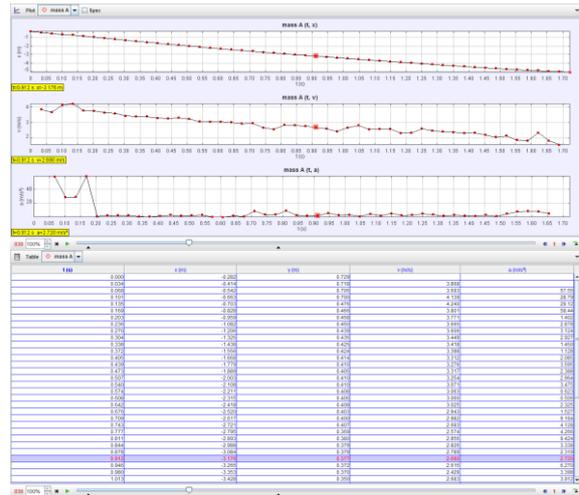
$$R_g = 1.840 \text{ N}$$



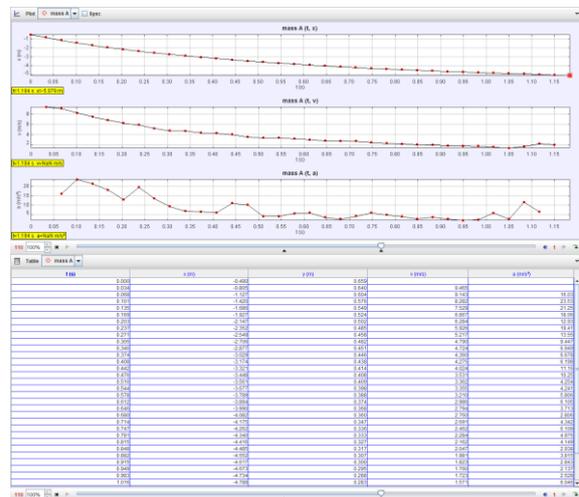
Gambar 5. Grafik dan tabel data jarak, percepatan, dan kecepatan terhadap waktu pada mobil hitam.



Gambar 6. Grafik dan tabel data jarak, percepatan, dan kecepatan terhadap waktu pada mobil *pick up* hitam.



Gambar 7. Grafik dan tabel data jarak, percepatan, dan kecepatan terhadap waktu pada mobil *pick up* Putih.



Gambar 8. Grafik dan tabel data jarak, percepatan, dan kecepatan terhadap waktu pada mobil putih.

Dari analisis yang sudah dilakukan didapatkan bahwa kecepatan mobil lebih besar dari pada gaya hambat tanjakan. Seperti pada mobil hitam dengan gaya hambat 2.112 N membutuhkan kecepatan sekitar 4.539 m/s, mobil *pick up* hitam dengan gaya hambat 1.350 N membutuhkan kecepatan sekitar 4.970 m/s, pada mobil *pick up* putih dengan gaya hambat 1.166 N membutuhkan kecepatan sekitar 2.870 m/s, dan pada mobil putih dengan gaya hambat 1.840 N membutuhkan kecepatan sekitar 3.850 m/s.

Untuk melawan gaya hambat tanjakan dibutuhkan gaya dorong untuk melawannya. Pada saat mobil mulai menanjak, sangat sulit untuk mengendalikan laju mobil, sehingga mobil akan kehilangan kecepatan pada saat menanjak. Pengemudi mobil diharuskan menggunakan gigi rendah supaya dapat melewati tanjakan jalan tersebut.

KESIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini didapat pada mobil hitam dengan gaya hambat 2.112 N membutuhkan kecepatan sekitar 4.539 m/s, mobil pick up hitam dengan gaya hambat 1.350 N membutuhkan kecepatan sekitar 4.970 m/s, pada mobil pick up putih dengan gaya hambat 1.166 N membutuhkan kecepatan sekitar 2.870 m/s, dan pada mobil putih dengan gaya hambat 1.840 N membutuhkan kecepatan sekitar 3.850 m/s. Hal ini membuktikan bahwa untuk melawan gaya hambat membutuhkan gaya dorong. Pada saat mobil menanjak pengemudi mobil diharuskan menggunakan gigi rendah supaya dapat melewati tanjakan jalan tersebut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa setelah menganalisis gaya hambat yang ada dapat memperkirakan besar kecepatan gas mobil ketika melewati tanjakan, dan dapat mengurangi resiko kecelakaan.

REFERENSI

1. Cahyudhi, E. P., Purnomo, S. J., A. Noor Setyo, H. D. (2019). Penggunaan Direct Drive Transmission sebagai Sistem Penggerak Roda pada Mobil Listrik. *RIDTEM (Riset Diploma Teknik Mesin)*, **2(2)**: 14.
2. Witantyo., Sudiyono., Sutikno., Aulia, D. (2013). Optimasi Metode pengemudian untuk Meminimalkan Konsumsi BBM dengan Gabungan Pemodelan Karakteristik Kendaraan dengan Karakteristik Lintasan. *FT UMS, Simposium Nasional RAPI XII*: M-32.
3. Kirana, N. A. A. & Sutantra, I. N. (2019). Analisis Karakteristik Traksi serta Redesign Rasio Transmisi pada Mobil Mitsubshi Strada Triton GLX. *Jurnal Transformasi*, **2(2)**: A83.
4. Tandiar, H. N., Basjaruddin, N. C., Pramono, S. Pembantu Pengemudi Aktif untuk Jalan Menanjak dan Menurun Berbasis Logika Fuzzy. *9th Industrial Research Workshop and National Seminar*.
5. Mahmuddah, R. D. & Sutantra, I. N. (2019). Analisis Perbandingan dan Studi Eksperimen Karakteristik Traksi Transmisi Manual dengan Transmisi Otomatis pada Mobil Suzuki All New Ertiga 2018. *Jurnal Teknik ITS*, **8(1)**: E20.
6. Yoga, N. B. K. & Sutantra, I. N. (2019). Desain dan Analisis Sistem Tenaga dan Transmisi ada Mobil Bertenaga Listrik Ezzy ITS II. *Jurnal Teknik ITS*, **8(1)**: E88.
7. Rasyad, R & Sutantra, I. N. (2019). Analisis Studi Eksperimen Perbandingan Transmisi Manual dengan Transmisi CVT pada Mobil Honda Jazz 2018, berdasarkan Karakteristik Traksi dan Efisiensi Transmisi. *Jurnal Teknik ITS*, **8(1)**: E27.
8. Rifai, M. (2018). Perancangan Sistem Transmisi 2WD dan 4WD serta Analisis Karakteristik Traksi pada Mobil Multiguna Pedesaan. *Jurnal ITS, Tugas Akhir-TM 141585*: 18–19.
9. Irawan, B., Erwan K., Azwansyah, H. (2020). Evaluasi Geometrik Jalan

Serimbu-Ngabang Kecamatan Air Besar
(Studi Kasus: STA 19+100 sampai STA
20+000 Kabupaten Landak). *Jurnal PWK,
Laut, Sipil, Tambang*, 7(3): 2.

10. Anassi, A. M. & Sutantra, I. N. (2020).
Analisis Perbandingan Karakteristik Traksi
dan Tenaga Toyota Rush, Mitsubishi
Xpander dan Daihatsu Terios. *Jurnal
Teknik ITS*, 9(2): E177.



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

PEMANFAATAN LIMBAH BIOMASSA TEMPURUNG KELAPA UNTUK ALAT TEKNOLOGI PENGERING PAKAIAN BERBASIS ARDUINO UNO

Mutia Febri Irdyanti, Krisman*, Juandi Muhammad, Annisa Alqorina

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: krisman.sabar@gmail.com

ABSTRACT

Research on the utilization of coconut shell biomass waste for clothes dryer technology based on Arduino Uno has been carried out using the experimental method. This Arduino Uno-based dryer technology uses biomass energy from coconut shells with a mass of 2,000 grams for thin clothes and 4,000 grams for thick clothes. Observations were made based on the amount of coconut shell mass and the type of clothing used at 10 minute intervals. The results for a mass of 2,000 grams of coconut shell reached the highest temperature value with an average source temperature of 61.32°C, an average temperature in the drying chamber of 54.53°C with a minimum humidity of 19.5%, while the results for a mass of 4,000 grams coconut shell reached the highest temperature value with an average source temperature of 100.46°C, an average temperature in the drying chamber of 94.62°C with a minimum humidity of 21.1%.

Keywords: Drying, Clothing, Coconut Shell, Biomass, Arduino Uno.

ABSTRAK

Penelitian pemanfaatan limbah biomassa tempurung kelapa untuk teknologi pengering pakaian berbasis Arduino Uno telah dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen. Teknologi pengering berbasis Arduino Uno ini menggunakan energi biomassa dari tempurung kelapa dengan massa 2.000 gram untuk pakaian tipis dan 4.000 gram untuk pakaian tebal. Pengamatan dilakukan berdasarkan jumlah massa tempurung kelapa dan jenis pakaian yang digunakan dengan interval waktu 10 menit. Hasil penelitian untuk massa 2.000 gram tempurung kelapa mencapai nilai suhu tertinggi dengan suhu sumber rata-rata 61,32°C, suhu rata-rata di ruang pengering 54,53°C dengan kelembaban minimum 19,5%, sedangkan hasil untuk massa 4000 gram tempurung kelapa mencapai nilai suhu tertinggi dengan suhu sumber rata-rata 100,46°C, suhu rata-rata di ruang pengering 94,62°C dengan kelembaban minimum 21,1%.

Kata kunci: Pengeringan, Pakain, Tempurung Kelapa, Biomassa, Arduino Uno.

Diterima 17-01-2023 | Disetujui 21-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Manusia adalah bentuk kehidupan yang lebih sempurna dari pada bentuk kehidupan lainnya, dan sepanjang hidupnya, mereka pasti akan berinteraksi dengan orang lain. Kehidupan manusia sebagai makhluk sosial selalu membutuhkan aspek-aspek lain yang berperan dalam kelangsungan hidupnya, dan aspek-aspek lain yang berperan dalam kelangsungan hidup manusia disebut juga dengan kebutuhan. Kebutuhan dasar manusia adalah pakaian,

perumahan, dan makan. Tiga kebutuhan dasar manusia diperlukan untuk mencapai keseimbangan hidup manusia [1-3].

Kebutuhan dasar manusia salah satunya yaitu pakaian. Pakaian adalah salah satu hal terpenting dalam hidup untuk mengikuti perkembangan zaman, karena pakaian akan digunakan seumur hidup [4]. Pengeringan pakaian dengan sinar matahari memiliki kekurangan yaitu, saat musim hujan dan saat matahari terbenam, sehingga pengeringan baju tidak dapat dilanjutkan pada malam hari.

Dengan demikian dibutuhkan peralatan pengering alternatif yang mampu mengeringkan pakaian dengan energi lain saat matahari tidak dapat diandalkan [5,6].

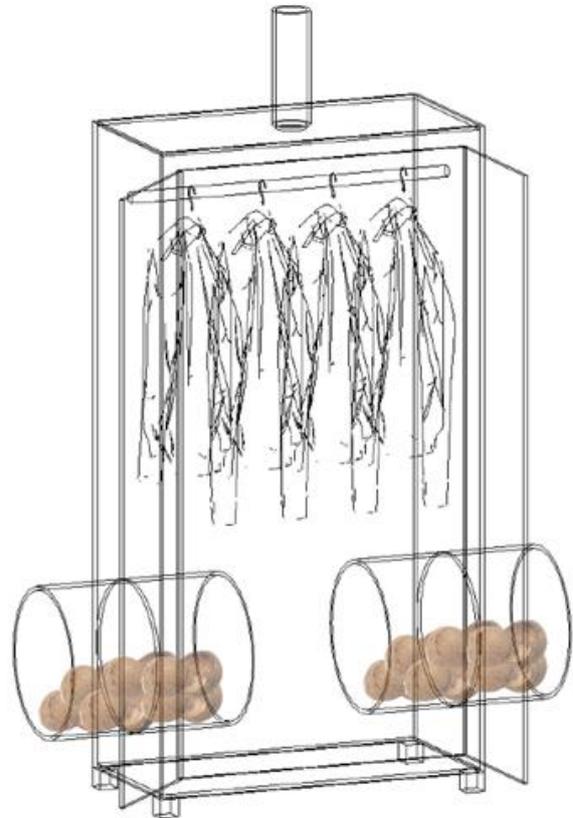
Salah satu bahan bakar terbarukan dengan jumlah energi yang melimpah adalah biomassa dari tempurung kelapa. Pemakaian limbah tempurung kelapa berpotensi meningkatkan nilai guna dengan menggunakan bahan baku produk atau bahan baku yang sudah jadi. Sebagai negara agraris, Indonesia memiliki potensi biomassa yang cukup besar, dengan tempurung kelapa sebagai sumber utamanya. Tempurung kelapa dapat dengan mudah didapatkan karena jumlahnya melimpah [7].

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibuatlah alat pengeringan pakaian berbasis Arduino Uno dengan menggunakan limbah tempurung kelapa dengan memanfaatkan sumber panas dari pembakaran biomassa yang dapat digunakan pada malam hari maupun hari hujan. Alat-alat sistem cerdas yang membantu pekerjaan menjadi semakin dibutuhkan bagi perusahaan maupun masyarakat untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas. Prinsip kerja alat ini adalah mengeringkan pakaian dengan memanfaatkan udara panas yang berasal dari pembakaran limbah tempurung kelapa dalam ruang pembakaran. Keuntungan pengeringan menggunakan energi biomassa ini adalah dapat digunakan pada saat hari hujan dan tidak membutuhkan waktu pengeringan yang lama, selain itu keuntungan lainnya adalah kebersihan pakaian yang terjaga karena berada dalam ruang tertutup.

METODE PENELITIAN

Sebelum merancang alat pengeringan, alat dan bahan harus dipersiapkan terlebih dahulu. Alat yang perlu dipersiapkan antara lain yaitu *stopwatch*, timbangan, dan lain sebagainya. Sedangkan bahan yang dipersiapkan yaitu tempurung kelapa sebagai sumber energi biomassa dan pakaian basah sebagai sampel yang akan digunakan untuk pengeringan. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode eksperimen, dengan merancang

sebuah alat pengering pakaian berbasis energi biomassa tempurung Kelapa menggunakan sistem Arduino Uno. Seperti yang terlihat pada Gambar 1.

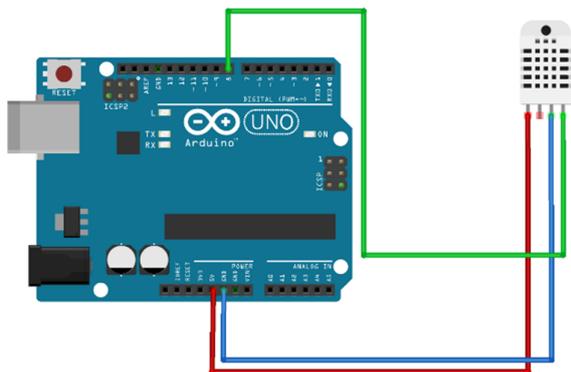


Gambar 1. Rancang desain alat inovasi.

Alat pengering ini dibuat berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang kali lebar, 90 cm × 45 cm dan tinggi 170 cm. Alat pengering dibuat ber dindingkan triplek dan pada bagian dalam dilapisi seng dengan ketebalan 0,7 mm. Setelah ukuran kayu sudah sesuai dengan ukuran yang dikehendaki hubungkan masing-masing sisi kayu dengan sisi kayu yang lainnya menggunakan paku. Bagian atas ruangan pengering diberi cerobong yang berfungsi untuk jalan keluar udara dari dalam ruangan pengering. Sedangkan bagian luar dan dalam ruang pengering terdapat alat *thermocouple* yang berfungsi untuk melihat perubahan suhu luar dan suhu dalam saat melakukan proses pengeringan. Cerobong pengering seng berbentuk silinder berdiameter 10 cm, tinggi 30 cm, dan tebal 0,7 mm.

Pada penelitian ini alat yang digunakan dalam mendeteksi sensor suhu dan kelembaban

yaitu (sensor DHT 22) yang ada pada sampel. Alat-alat sistem cerdas yang membantu pekerjaan menjadi semakin dibutuhkan bagi perusahaan maupun masyarakat untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas [8]. Sensor suhu dan kelembaban ini terletak didalam dinding ruang pengeringan. Rangkaian Arduino Uno seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Arduino Uno.

Pengambilan data dilakukan setiap waktu 10 menit dengan mengamati hasil laju perubahan suhu sumber pembakaran biomassa tempurung kelapa dengan menggunakan *thermocouple* dan suhu dalam ruang pengering serta kelembaban menggunakan sensor DHT22 dimana sensor tersebut dapat mengirimkan data bacaan ke dalam Arduino IDE.

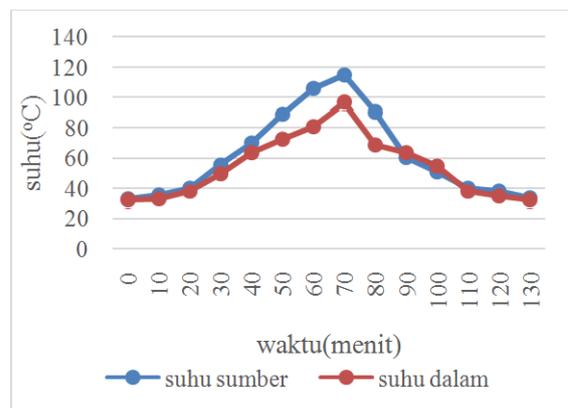
Untuk mengontrol parameter pengeringan agar mendapatkan data yang bagus, maka prosedur pengeringan dilakukan di ruangan yang tertutup. Karena pengering akan meningkatkan suhu dalam ruang pengering, menurunkan jumlah kadar air pada pakaian, sehingga pengeringan pakaian dapat dilakukan dengan cepat [9]. Sensor DHT 22 akan memberikan informasi mengenai kelembaban dan suhu ruangan pengering yang dapat diakses melalui laptop [10].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian tentang suhu sumber pembakaran biomassa tempurung kelapa, suhu dalam ruang pengering pakaian dan kelembaban dengan berbahan pakaian tipis ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Table 1. Data suhu sumber dan suhu dalam ruang pengering pakaian terhadap waktu pengamatan.

Waktu (menit)	Suhu Sumber (°C)	Suhu Dalam (°C)
0	32.9	32.6
10	35.5	33
20	40.1	38.1
30	55.7	50
40	70.4	64.2
50	89.2	72.9
60	106	81
70	115	97.3
80	90.8	69.1
90	60.3	64.2
100	51	55.2
110	40	38.1
120	38.1	35.1
130	33.5	32.7



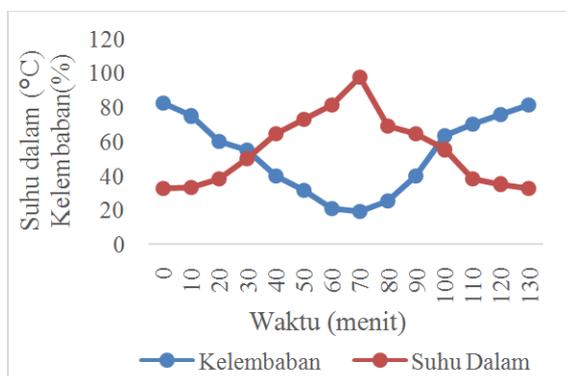
Gambar 3. Grafik hubungan antara suhu sumber dan suhu ruang pengering pakaian terhadap waktu penelitian.

Berdasarkan hasil data yang diperoleh (Gambar 3) antara suhu sumber dan suhu ruang pengering terhadap waktu pengeringan menjelaskan menjelaskan perilaku suhu sumber dan suhu dalam ruang pengering secara bersamaan pada menit ke 30 cenderung naik dengan suhu tertinggi 115°C dan 97,3°C, hal ini terjadi karena proses pembakaran biomassa dengan kondisi api yang stabil dan energi biomassa mulai bekerja mentransfer panas ke ruang pengering sehingga suhu sumber lebih tinggi cenderung naik dibandingkan suhu dalam ruang pengering. Perilaku suhu sumber dan suhu dalam pada waktu bersamaan yaitu pada menit ke 90, 120, dan 130 cenderung menurun dengan suhu paling terendah suhu sumber

33,5°C dan suhu dalam ruang pengering 32,7°C, hal ini disebabkan oleh energi biomassa mulai berkurang dan sampel yang dikeringkan sudah kering. Nilai rata-rata suhu sumber 61,32°C yaitu 6,79°C lebih tinggi dibanding suhu di dalam ruang pengering.

Tabel 2. Data suhu dalam ruang pengering pakaian dan kelembaban terhadap waktu pengamatan.

Waktu (menit)	Suhu Sumber (°C)	Suhu Dalam (°C)
0	32.6	82.5
10	33	75
20	38.1	60.3
30	50	55.1
40	64.2	40
50	72.9	31.7
60	81	21.3
70	97.3	19.5
80	69.1	25.6
90	64.2	40.1
100	55.2	63.4
110	38.1	70.2
120	35.1	75.9
130	32.7	81.2



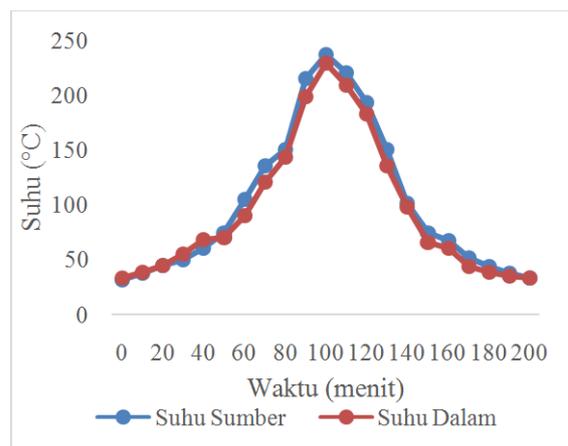
Gambar 4. Grafik hubungan antara suhu ruang pengering pakaian dan kelembaban terhadap waktu pengamatan.

Gambar 4 menjelaskan hasil perbandingan antara suhu dalam ruang pengering dan kelembaban terhadap waktu. Pada grafik yang menggunakan biomassa 2.000 gram dapat dilihat pada menit 70 dimana suhu pada ruang pengering mencapai titik tertingginya yaitu 100°C sedangkan kelembaban pada bahan mencapai titik terendahnya yaitu pada titik 20. Hasil pengamatan kelembaban udara rata-rata di dalam ruang pengering diperoleh 52,98%,

Hasil penelitian tentang suhu sumber pembakaran biomassa tempurung kelapa, suhu dalam ruang pengering pakaian dan kelembabandengan berbahan pakaian tebal ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Data suhu sumber dan suhu dalam ruang pengering pakaian terhadap waktu pengamatan.

Waktu (menit)	Suhu Sumber (°C)	Suhu Dalam (°C)
0	31.2	33
10	37.2	38.3
20	44.4	44.3
30	50	54.8
40	60.5	68.1
50	74.2	70
60	105	90
70	135	120
80	150	143
90	215	198
100	237	229
110	220	209
120	193	183
130	150	135
140	101	98
150	73.7	65
160	67.1	60
170	51.3	43
180	43.8	38
190	37.1	34.9
200	33.2	32.8



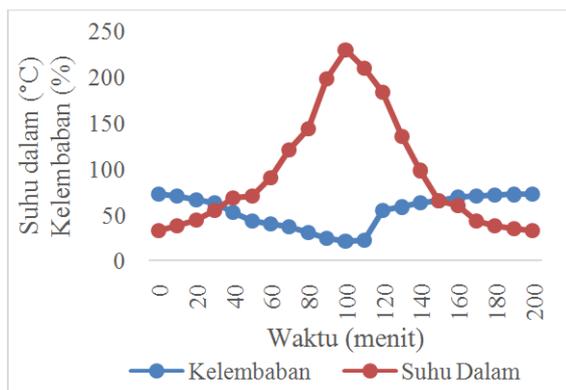
Gambar 5. Grafik hubungan antara suhu sumber dan suhu ruang pengering pakaian terhadap waktu pengamatan.

Gambar 5 menjelaskan bahwa, perilaku suhu sumber pada menit 100 dengan suhu tertinggi 237°C dan suhu dalam ruang pengering pada

menit ke 100 dengan suhu tertinggi 229°C. Nilai rata-rata suhu sumber 100,46°C yaitu 5,84°C lebih tinggi dibanding suhu di dalam ruang.

Table 4. Data suhu ruang pengering pakaian dan kelembaban terhadap waktu pengeringan.

Waktu (menit)	Suhu Sumber (°C)	Suhu Dalam (°C)
0	33	72.3
10	38.3	70
20	44.3	65.9
30	54.8	63.2
40	68.1	52.9
50	70	43.2
60	90	40
70	120	37.1
80	143	30.1
90	198	23.9
100	229	21.1
110	209	22
120	183	55
130	135	58.2
140	98	63.2
150	65	65.1
160	60	69.3
170	43	70
180	38	71.3
190	34.9	71.8
200	32.8	72



Gambar 6. Grafik hubungan antara suhu sumber dan suhu ruang pengering pakaian terhadap waktu pengamatan.

Gambar 6 menjelaskan bahwa suhu ruang pengering pakaian yaitu pada 237°C dan kelembaban pada titik terendah yaitu pada 21,1%. Hasil pengamatan kelembaban udara rata-rata di dalam ruang pengering diperoleh 54,17%.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang alat teknologi pengering pakaian berbasis Arduino Uno dengan menggunakan biomassa limbah tempurung kelapa. Berdasarkan hasil penelitian hubungan antara suhu sumber dan suhu dalam ruang pengering terhadap waktu, bahwa rata-rata suhu sumber lebih tinggi dibandingkan suhu dalam. Pada saat tempurung kelapa habis pun sisa dari pembakaran masih dapat memberikan panas pada suhu sumber. Berdasarkan hasil analisa hubungan suhu dalam dan kelembaban udara ruang pengering terhadap waktu, bahwa suhu selalu berbanding terbalik dengan kelembaban. Semakin tinggi suhu, maka semakin rendah kelembaban udara ruang pengering, sehingga tekanan uap jenuh meningkat dan begitu pula sebaliknya.

REFERENSI

1. Apriliani, A. (2016). *Faktor-faktor yang mempengaruhi sikap petani terhadap program puap di gapoktan makaryowono Desa Tlogowero Kecamatan Bansari Kabupaten Temanggung*. Skripsi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta: Yogyakarta.
2. Hill, J., Ford, W. R., & Farreras, I. G. (2015). Real conversations with artificial intelligence: A comparison between human-human online conversations and human-chatbot conversations. *Computers in Human Behavior*, **49**, 245–250.
3. Mensah, J. (2019). Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review. *Cogent Social Sciences*, **5**(1), 1653531.
4. Arifah, A. R. (2003). *Desain Busana*. Bandung: YAPEMDO Bandung.
5. Purwadi, P. K., & Kusbandono, W. (2015). Mesin pengering pakaian energi listrik dengan mempergunakan siklus kompresi

- uap. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV*, MT 61.
6. Lingayat, A., Zachariah, R., & Modi, A. (2022). Current status and prospect of integrating solar air heating systems for drying in various sectors and industries. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, **52**, 102274.
 7. Najib, L., & Darsopuspito, S. (2012). Karakterisasi proses gasifikasi biomassa tempurung kelapa sistem downdraft kontinyu dengan variasi perbandingan udara-bahan bakar (AFR) dan ukuran biomassa. *Jurnal Teknik ITS*, **1**(1), B187–B190.
 8. Danuri, M. (2019). Perkembangan dan transformasi teknologi digital. *Jurnal Ilmiah Infokam*, **15**(2).
 9. Muhammad, J., Risnto, J., & Gimin, G. (2022). Drying fresh cassava chip using biomass energy with IoT monitoring system. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, **24**(3).
 10. Muhammad, J., & Risanto, J. (2021). Temperature characteristics of post-harvest technology equipment based on biomass waste energy using the internet of things telecontrol system. *Journal of Physics: Conference Series*, **2049**(1), 012023.



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

PEMBUATAN INKUBATOR TELUR DENGAN ARDUINO SEBAGAI MIKROKONTROLER MENGGUNAKAN SISTEM INTERNET OF THINGS (IoT)

Andara Paulina*, Masthura, Nazaruddin Nasution

Jurusan Fisika FST Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

*E-mail korespondensi: andara.paulina@uinsu.ac.id

ABSTRACT

In the process of hatching eggs in poultry, stable temperature and humidity are needed so that the eggs can develop properly. Poultry eggs, especially chickens take 21 days to hatch with a temperature of 37°C – 39°C and humidity of 50% – 60%. The study aims to produce an incubator that is able to monitor temperature and humidity based on arduino microcontrollers with an internet of things (IoT) system and determine the stability of temperature and humidity values in the incubator. Test were carried out by incubating 6 eggs in an incubator with the result that 5 eggs hatched perfectly and 1 other egg did not develop properly. The conditions of temperature and humidity during the hatching process are classified as stable, namely temperatures between 37.34°C – 38.34°C and humidity between 52.80% – 56.40%. The system is able to read and send the readings of temperature and humidity sensor values to the Blynk application properly.

Keywords: Incubator, Eggs, Temperature, Humidity.

ABSTRAK

Dalam proses penetasan telur pada unggas dibutuhkan suhu dan kelembaban yang stabil agar telur dapat berkembang dengan baik. Telur unggas khususnya ayam umumnya membutuhkan waktu 21 hari untuk menetas dengan keadaan suhu 37°C – 39°C dan kelembaban 50% – 60%. Penelitian ini bertujuan menghasilkan inkubator yang mampu memonitoring suhu dan kelembaban berbasis mikrokontroler arduino dengan sistem internet of things (IoT) dan mengetahui kestabilan nilai suhu dan kelembaban pada inkubator. Pengujian dilakukan dengan mengerami 6 butir telur pada inkubator dengan hasil 5 telur menetas dengan sempurna dan 1 telur lainnya tidak berkembang dengan baik. Keadaan suhu dan kelembaban selama proses penetasan digolongkan dalam keadaan stabil yaitu suhu diantara nilai 37,3°C – 38,34°C dan kelembaban diantara nilai 52,80% – 56,40%. Sistem mampu membaca dan mengirim hasil pembacaan nilai sensor suhu dan kelembaban ke aplikasi Blynk dengan baik.

Kata kunci: Inkubator, Telur, Suhu, Kelembaban.

Diterima 10-02-2023 | Disetujui 22-03-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Pada umumnya unggas berkembang biak dengan cara bertelur setelah melakukan perkawinan. Ayam akan secara alami menetas telur dengan melakukan pengeraman [1]. Indukan ayam akan menghasilkan 14 – 21 butir telur selama periode bertelur. Sedangkan kapasitas telur yang mampu dierami oleh induk hanya berkisar 5 – 12 telur dalam satu kali periode penetasan. Ayam membutuhkan waktu hingga 21 hari

untuk menetas telur dengan keadaan suhu sekitar 37°C – 39°C dan kelembaban sekitar 50% – 60% [2]. Keadaan suhu dan kelembaban lingkungan yang tidak stabil dapat menyebabkan persentase keberhasilan penetasan telur dengan metode pengeraman indukan hanya berkisar 50% – 60% [3].

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dibuatnya alat inkubator penetas telur berbasis mikrokontroler arduino dengan sistem *internet of things* (IoT) yang mampu memonitoring

keadaan suhu dan kelembaban pada inkubator serta mampu menetas lebih banyak telur.

Arduino merupakan pengembangan *software wiring* dengan fungsi seperti mikrokontroler dan bersifat *open source*. Pemrograman arduino dilakukan melalui software pendukung yaitu Arduino IDE [4]. Papan arduino memerlukan komponen elektronik lainnya agar dapat berfungsi dengan optimal [5].

Sensor DHT22 merupakan sensor yang mampu mengukur nilai suhu dan kelembaban sekitarnya. Sensor DHT22 melakukan pengukuran dengan cara menggunakan sensor termistor yang terpasang pada permukaan, dan mendeteksi uap air dengan mengukur resistansi listrik antara dua elektroda [6].

Sensor DS18B20 berfungsi untuk mengukur nilai suhu yang langsung terhubung ke digital [7]. Rentang pengukuran yang suhu mampu dibaca oleh sensor ini yaitu diantara -55°C – 125°C . Presisi pengukuran nilai suhu oleh sensor ini yaitu hingga $0,0625^{\circ}\text{C}$ [8]. Sambungan kabel eksternal pada sensor sangat sederhana, dengan memproduksi urutan waktu logis yang bekerja, dan semua diselesaikan di dalam sensor [9].

IoT merupakan sensor-sensor yang terhubung pada internet dan berperilaku seperti internet dengan membuat koneksi terbuka [10]. Dasar prinsip kerja IoT yaitu diberikan identitas unik yang dapat dipresentasikan di dalam komputer pada benda di dunia nyata. IoT bekerja dengan membaca dan menerjemahkan program yang telah dimasukkan ke dalam alat melalui IoT [11].

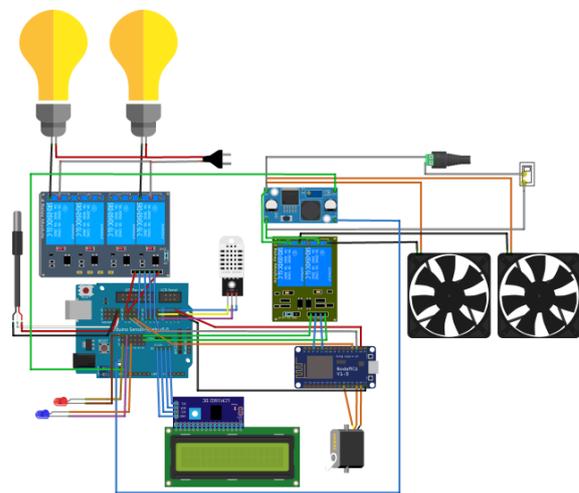
Relay merupakan komponen yang dapat dipakai untuk mengontrol aliran arus besar menjadi tegangan yang kecil [12]. Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan inkubator yang mampu memonitoring suhu dan kelembaban dengan sistem IoT dan mengetahui kestabilan suhu dan kelembaban yang dihasilkan oleh inkubator selama waktu penetasan berlangsung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif. Alat-alat

yang digunakan pada penelitian ini diantaranya laptop, smartphone, hotspot atau wifi, dan inkubator telur. Adapun bahan-bahan utama yang digunakan pada penelitian ini antara lain, arduino uno, WiFi module NodeMCU ESP 8266, Sensor DHT22, sensor DS18B20, motor servo, *relay*, lampu pijar, dan kipas.

Penelitian dilakukan dengan merangkai semua bahan dalam suatu rangkaian elektronika. Semua komponen dirangkai untuk menghasilkan rangkaian yang mampu bekerja sesuai perintah yang telah diinput pada *software* arduino IDE.



Gambar 1. Rangkaian penelitian.

Berdasarkan Gambar 1. rangkaian elektronika yang telah dirangkai diberikan perintah pada *software* Arduino IDE yaitu jika suhu $< 37^{\circ}\text{C}$ maka lampu pijar akan hidup dan led merah akan hidup, jika suhu $\geq 38,5^{\circ}\text{C}$ maka lampu pijar akan mati dan led biru akan hidup. Dalam waktu yang bersamaan motor akan bergerak memutar telur ke satu arah kemudian mati setelah bergerak dan akan bergerak kembali setelah 8 jam kemudian ke arah sebaliknya. Kemudian hasil daripembacaan sensor dikirimkan pada aplikasi *Blynk* pada android dan pengontrolan kipas dilakukan melalui aplikasi *Blynk*.

Inkubator penetas telur dibuat dengan menggunakan triplek dengan ukuran $40\text{ cm} \times 40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ yang akan mampu menampung hingga 15 butir telur ayam. Rangkaian elektronik diletakkan dibagian atas inkubator

yang diberi pembatas dan dibawahnya diletakkan lampu pijar. Di tengah inkubator diletakkan rak sebagai wadah telur yang akan yang dapat digerakkan oleh motor servo. Bagian kanan dan kiri inkubator akan diberi kipas sebagai pendingin sekaligus fentilasi. Dibagian depan inkubator terdapat LCD dan LED yang memiliki fungsi masing-masing. Ilustrasi desain alat inkubator telur dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain alat keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian yang dilakukan dengan menetas telur ayam kampung sebanyak 6 butir yaitu berupa data nilai suhu dan kelembaban selama proses penetasan. Pengujian pertama kali dilakukan pada tanggal 7 Desember 2022 dan berakhir pada tanggal 27 Desember 2022. Pengujian berlangsung selama 21 hari hingga telur menetas. Hasil pengujian mendapatkan nilai rata-rata suhu dan kelembaban perharinya yang dihasilkan oleh inkubator dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1. didapatkan hasil bahwa rata-rata nilai suhu dan kelembaban selama 21 hari proses penetasan nilai suhu dan kelembaban berada dalam kondisi yang stabil yaitu diantara 37-39°C dan 50-60%. Hasil ini menunjukkan seluruh komponen inkubator termasuk sensor suhu dan kelembaban bekerja dengan sangat baik.

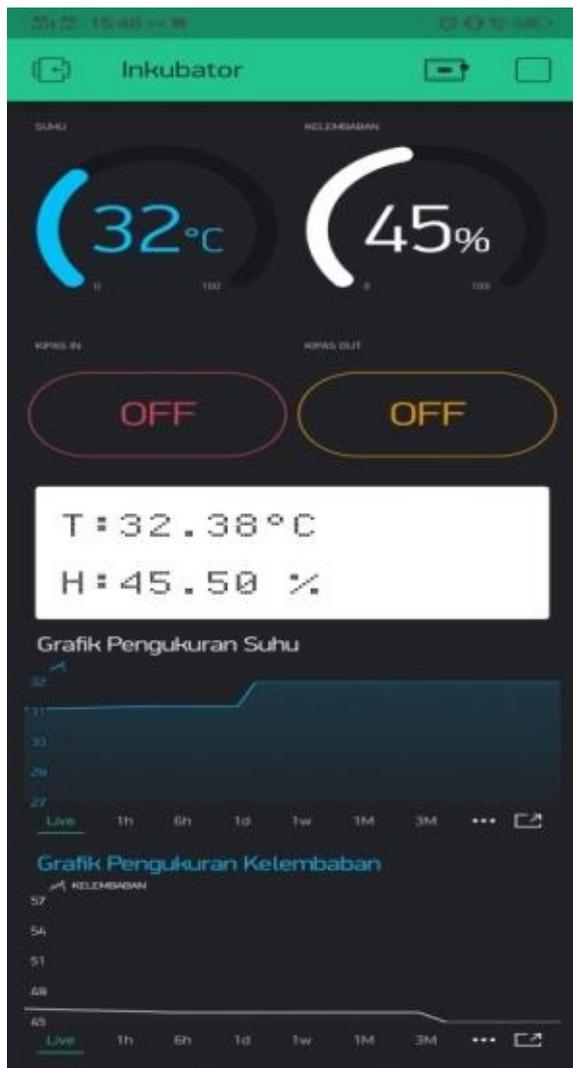
Tabel 7. Nilai rata-rata suhu dan kelembaban pada inkubator selama proses penetasan telur.

Hari Ke-	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	37,42	54,70
2	37,83	53,40
3	38,14	53,00
4	37,52	53,70
5	37,55	54,00
6	37,58	54,10
7	37,34	53,60
8	38,02	52,90
9	38,21	53,40
10	37,68	54,10
11	37,64	54,00
12	37,94	53,90
13	37,35	53,30
14	37,53	54,50
15	37,34	56,40
16	37,46	53,60
17	38,54	51,20
18	37,35	54,30
19	37,34	53,70
20	37,45	54,10
21	37,85	53,40

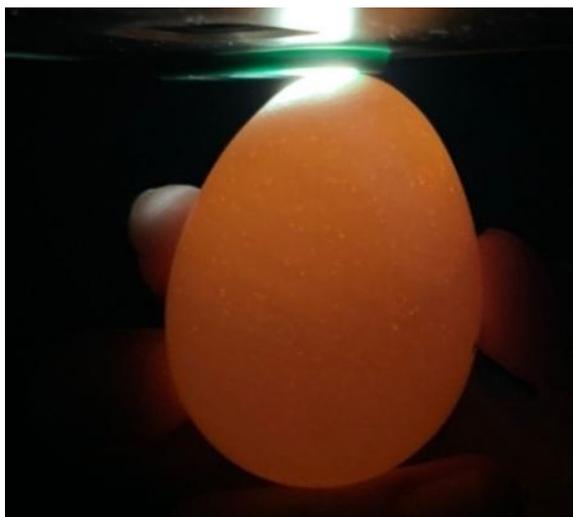
Monitoring dilakukan melalui penggunaan sebuah aplikasi bernama *Blynk* yang diinstal pada android. Pengiriman data oleh sensor kepada IoT yaitu pada aplikasi *Blynk* dikirim dengan sangat baik. Aplikasi mampu menampilkan nilai suhu dan kelembaban yang pada inkubator dengan jelas dan akurat. Aplikasi juga mampu mengontrol kendali hidup atau matinya kipas yang terpasang pada inkubator dengan fungsi sebagai fentilasi atau penurun suhu pada inkubator. Tampilan pada aplikasi *Blynk* dapat dilihat pada Gambar 3.

Aplikasi menampilkan nilai suhu dan kelembaban pada inkubator penetas telur. Menampilkan kontrol kipas yang ada pada inkubator dan grafik pengukuran suhu dan kelembaban yang didapatkan pada inkubator.

Ketika proses penetasan telur berlangsung, pada hari pertama telur dimasukkan kedalam inkubator hingga 4 hari setelah nya telur tidak mengalami perubahan (Gambar 4). Perubahan mulai muncul ketika memasuki hari ke 5 dimana telur mulai terlihat memiliki bayangan hitam kecil didalamnya jika dilakukan pencahayaan menggunakan senter (Gambar 5).



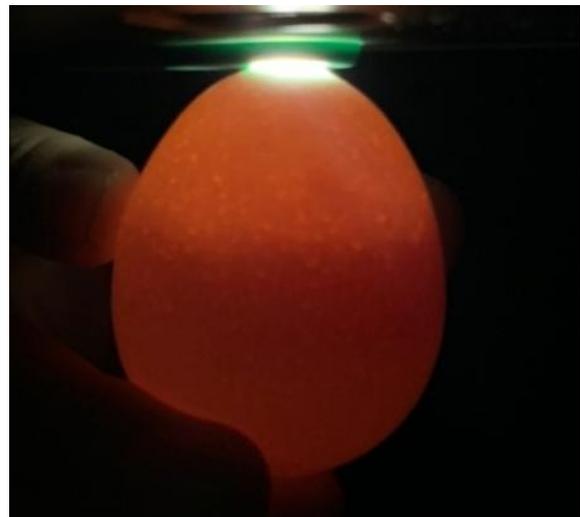
Gambar 3. Tampilan pada aplikasi *Blynk*.



Gambar 4. Telur hari ke-1.

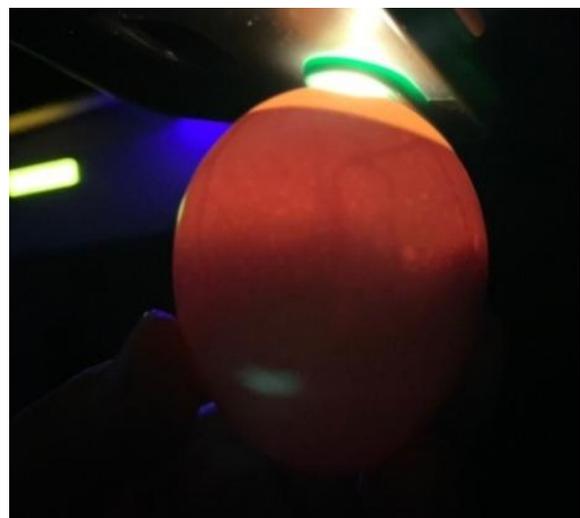
Ketika hari ke-6 telur mulai mengalami perubahan dengan bertumbuhnya embrio yang ditandai dengan munculnya bulatan hitam kecil

didalam telur ketika telur diseter. Namun dari keenam telur, 1 diantaranya mengalami kebusukan atau gagal berkembang dengan baik.



Gambar 5. Telur hari ke-6.

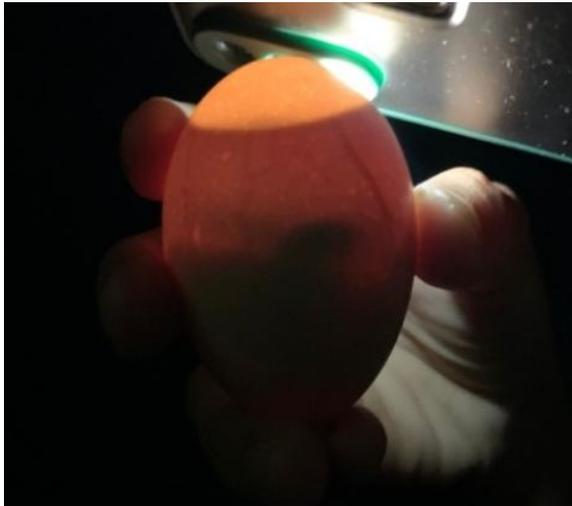
Pada hari ke-12 terlihat banyak perubahan yang dialami oleh telur (Gambar 6). Perubahan tersebut menandakan perkembangan embrio yang baik oleh telur. Perubahan tersebut yaitu bayangan gelap didalam telur semakin membesar dan lebih gelap.



Gambar 6. Telur hari ke-12.

Pada hari ke-16 perubahan terus terjadi pada telur (Gambar 7). Perkembangan embrio didalam telur yaitu bayangan hitam didalam telur semakin membesar dan gelap. Ketika telur diseter, bayangan gelap tersebut mengalami pergerakan seperti detak jantung. Ini

menunjukkan perkembangan embrio yang tumbuh dengan baik.



Gambar 7. Telur hari ke-16

Pada hari ke-19, dua telur mengalami keretakan pada permukaan cangkang telur (Gambar 8). Tiga telur lainnya mengalami perubahan pesat yaitu bayangan hitam didalam telur semakin besar dan gelap hingga mencapai hampir sebesar 1 telur utuh.



Gambar 8. Telur hari ke-19

Pada hari ke-20 dua dari 5 telur menetas dan pada hari ke-21 tiga telur lainnya menetas (Gambar 9). Kelima telur tersebut berhasil menetas dalam waktu yang berbeda-beda. Telur berhasil menetas dengan keadaan anak ayam baik dan sehat.

Berhasilnya telur menetas pada inkubator membuktikan bahwa inkubator berhasil dibuat

dan bekerja dengan baik dalam menjaga kestabilan nilai suhu dan kelembaban selama proses penetasan berlangsung.



Gambar 9. Telur menetas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu pembuatan inkubator telur dengan Arduino sebagai mikrokontroler Menggunakan Sistem IoT berhasil dibuat dan bekerja dengan baik. Selama proses penetasan berlangsung, nilai suhu dan kelembaban didalam inkubator berada dalam keadaan yang stabil hingga mampu menetas 5 dari 6 butir telur yang ditetaskan dengan baik.

REFERENSI

1. Wirajaya, M. R., Abdussamad, S., & Nasibu, I. Z. (2020). Rancang bangun mesin penetas telur otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, **2**(1), 24–29.
2. Wakhid, A. (2016). *Membuat Sendiri Mesin Tetes Praktis*. Jakarta: PT Agro Media Pustaka.
3. Hartono, T., & Isman. (2012). *Kiat Sukses Menetas Telur Ayam*. Jakarta: PT Agro Media Pustaka.

4. Setiawardhana, S. W., & Delima, A. S. (2019). *19 Jam Belajar Cepat Arduino Edisi Revisi*. Jakarta: Bumi Aksara.
5. Nussey, John. (2018). *Arduino For Dummies 2nd Edition*. Hobken: John Willey & Sons.
6. Malik, L., & Sandhya, A. (2021). *Computing Technologies and Applications*. United States: CRC Press.
7. Lee, J. (2011). *Lecture Notes in Electrical Engineering*. Berlin: Springer.
8. Ardiansyah, F., Lawasi, M. F., & Hadi, C. F. (2019). Sistem Monitoring Inkubator Penetas Telur Berbasis Android. *ZETROEM*. **1**(2), 8–16.
9. Wang, X., Wang, F., & Zhong, S. (2012). *Electrical, Information Engineering and Mechatronics*. London: Springer.
10. Yudhanto, Y., & Abdul, A. (2019). *Pengantar Teknologi Internet of Things*. Surakarta: UNS Press.
11. Akmal. (2019). *Lebih Dekat Dengan Industri 4.0*. Yogyakarta: Deepublish.
12. Setiyo, M. (2017). *Listrik & Elektronika Dasar Otomotif*. Magelang: Unimma Press.



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