

Jurnal Teknologi

Volume 15 Nomor 2 Desember 2022

- **Desain Dan Simulasi Turbin Angin Savonius Dengan Konfigurasi Rotor Tipe L Dan Tipe Helix Sebagai Sumber Listrik Lampu PJU Pelabuhan Perikanan Cikidang Pangandaran Jawa Barat**
Wisnu Yudha Santika, Hadi Saputra, Toto Rusianto
- **Implementasi Program Go Green School Di Indonesia Sebagai Pembangunan Berkelanjutan**
Layli Mumbaasithoh, Novi Dya Meylasari, Deden Nursidik, Susmawati Surya Asih
- **Fasies Sedimen Kuarter Kaitannya Dengan Potensi Likuefaksi Di Kawasan Das Cimanuk, Indramayu, Jawa Barat**
Rifki Asrul Sani, Eko Soebowo, Imam A. Sadisun
- **Analisis Triple Helix Peran Stakeholder Dalam Meningkatkan Penggunaan Motor Listrik Di Indonesia**
Chadziqatun Najilatil Mazda, Dwi Agustina Kurniawati, Ira Setyaningsih
- **Analisis Time Series Untuk Deep Learning Dan Prediksi Data Spasial Seismik: Studi Literatur**
*Eko Nur Cahyo, Erma Susanti**
- **Analisis Sebaran Air Limbah Industri Rumah Pemotongan Ayam Terhadap Kualitas Air Sungai Desa Kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman**
Oddy Satria Bhaskara, Paramita Dwi Sukmawati, Angge Dhevi Wariusasura*
- **Penggunaan Video Sebagai Media Pembelajaran Pada Matakuliah Grafika Komputer**
Harmastuti, Dwi Setyowati, Agus Marsadualan
- **Pengaruh Tegangan Eksitasi Terhadap Output Tegangan Generator Sinkron 3 Fasa 6,3kV**
Prastyono Eko Pambudi, Muhammad Suyanto, Dio Septa Yogaswara.*
- **Optimasi Kondisi Proses Maserasi Daun Strobilantes Cusia**
Murni Yuniwati, Diny Fitri Lestari, Bambang Kusmartono, Paramita Dwi Sukmawati, Muhammad Yusuf
- **Analisis Kualitas Udara Pada Rumah Warga Terhadap Parameter Bakteri dan Jamur**
Novia Dwi Astuti, Sri Hastutiningrum, Sudarsono*
- **Analisis Perbandingan Optimizer pada Arsitektur NASNetMobile Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Ras Kucing**
D. Diffan Nur Cahyo, Muhammad Anwar Fauzi, Jangkung Tri Nugroho, Kusrini
- **Karakteristik Lapisan Batubara pada Cekungan Bentarsari Terhadap Pola Sebaran Di Daerah Bentar Dan Sekitarnya Kecamatan Salem Kabupaten Brebes**
Nur Widi Astanto Agus Tri Heriyadi, Fivry Wellda Maulana, Alfi Firhandika

Jurnal
Teknologi

Volume 15

Nomor 2

Halaman
96 - 185

Desember
2022

Jurnal Teknologi

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief

Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T.

Managing Editor

Dr. Rahayu Khasanah, S.T., M.Eng.

Editor

Andreas Emaputra, S.T., M.Sc.

Beny Firman, S.T., M.Eng.

Ir. Muhammad Yusuf, M.T.

Ir. Murni Yuniwati, M.T.

Guest Editor

Beni Tri Sasongko, ST., M.Eng. (Universitas Negeri Yogyakarta)

Denny Hardiyanto, S.T., M.Eng. (Universitas PGRI Madiun)

Rosalia Arum Kumalasanti, S.T., M.T. (Universitas Sanata Dharma Yogyakarta)

Reviewer

Daniel Oranova Siahaan, S.Kom, M.Sc., PDEng (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Dr. Deendarlianto, ST., M.Eng. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Dr. Eng. Azridjal Aziz, ST., MT. (Universitas Riau)

Dr. Ir. Abdul Kadir, MT., MM. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Dr. Ir. Amir Hamzah, MT. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Dr. Ir. Iswanjono, (Universitas Sanata Dharma Yogyakarta)

Dr. Moh. Hardiyanto (Institut Teknologi Indonesia)

Dr. Ratna Wardani, ST., MT. (Universitas Negeri Yogyakarta)

Dr. Romadoni Syahputra, ST., MT. (Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Ellyawan Setyo A., ST., M.Sc., Ph.D (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Ir. Ganjar Andaka, Ph.D. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Muhammad Kusumawan Herliansyah, ST., MT., Ph.D. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Prof. Dr. Erma Utami, S.Si, M.Kom (Universitas AMIKOM).

Prof. Dr. Indarto. DEA. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Prof. Dr. Ir. Sudarsono, MT. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Prof. Muhammad Djaeni, ST., M.Eng. (Universitas Negeri Diponegoro)

Yuni Kusumastuti, ST., M.Eng., D.Eng. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Focus and Scope

This journal is a scientific journal to develop knowledge in the field of Engineering & Technology. Editors invite professionals from education and researcher to write about the progress of science in the field of Engineering & Technology. The journal is published 2 (two) times in 1 year.

Topics of papers that can be published in the Journal of Technology (Jurtek) Faculty of Industrial Technology, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta are scientific topics that are in accordance with the fields of interest in the Faculty, namely: Chemical Engineering, Industrial Engineering, Mechanical Engineering, Electrical Engineering, informatics and Relevant Science and Technology

Fakultas Teknologi Industri

Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: jurtek@akprind.ac.id

<https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/jurtek>

Jurnal Teknologi

Volume 15, Nomor 2, Desember 2022

- **Desain Dan Simulasi Turbin Angin Savonius Dengan Konfigurasi Rotor Tipe L Dan Tipe Helix Sebagai Sumber Listrik Lampu PJU Pelabuhan Perikanan Cikidang Pangandaran Jawa Barat**
Wisnu Yudha Santika, Hadi Saputra, Toto Rusianto..... 96-103
- **Implementasi Program Go Green School Di Indonesia Sebagai Pembangunan Berkelanjutan**
Layli Mumbaasithoh, Novi Dya Meylasari, Deden Nursidik, Susmawati Surya Asih ... 104-109
- **Fasies Sedimen Kuartar Kaitannya Dengan Potensi Likuefaksi Di Kawasan Das Cimanuk, Indramayu, Jawa Barat**
Rifki Asrul Sani, Eko Soebowo, Imam A. Sadisun 110-117
- **Analisis Triple Helix Peran Stakeholder Dalam Meningkatkan Penggunaan Motor Listrik Di Indonesia**
Chadziqatun Najilatil Mazda, Dwi Agustina Kurniawati, Ira Setyaningsih 118-123
- **Analisis Time Series Untuk Deep Learning Dan Prediksi Data Spasial Seismik: Studi Literatur**
Eko Nur Cahyo, Erma Susanti* 124-136
- **Analisis Sebaran Air Limbah Industri Rumah Pemotongan Ayam Terhadap Kualitas Air Sungai Desa Kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman**
Oddy Satria Bhaskara, Paramita Dwi Sukmawati*, Angge Dhevi Wariusasura..... 137-143
- **Penggunaan Video Sebagai Media Pembelajaran Pada Matakuliah Grafika Komputer**
Harmastuti, Dwi Setyowati, Agus Marsadualan 144-151
- **Pengaruh Tegangan Eksitasi Terhadap Output Tegangan Generator Sinkron 3 Fasa 6,3kV**
Prastyono Eko Pambudi, Muhammad Suyanto*, Dio Septa Yogaswara..... 152-158
- **Optimasi Kondisi Proses Maserasi Daun Strobilantes Cusia**
Murni Yuniwati, Diny Fitri Lestari, Bambang Kusmartono, Paramita Dwi Sukmawati, Muhammad Yusuf..... 159-165
- **Analisis Kualitas Udara Pada Rumah Warga Terhadap Parameter Bakteri dan Jamur**
Novia Dwi Astuti, Sri Hastutiningrum*, Sudarsono..... 166-170
- **Analisis Perbandingan Optimizer pada Arsitektur NASNetMobile Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Ras Kucing**
D. Diffraan Nur Cahyo, Muhammad Anwar Fauzi, Jangkung Tri Nugroho, Kusrini 171-177
- **Karakteristik Lapisan Batubara pada Cekungan Bentarsari Terhadap Pola Sebaran Di Daerah Bentar Dan Sekitarnya Kecamatan Salem Kabupaten Brebes**
Nur Widi Astanto Agus Tri Heriyadi, Fivry Wellda Maulana, Alfi Firhandika 178-185

Desain Dan Simulasi Turbin Angin Savonius Dengan Konfigurasi Rotor Tipe L Dan Tipe Helix Sebagai Sumber Listrik Lampu PJU Pelabuhan Perikanan Cikidang Pangandaran Jawa Barat

Wisnu Yudha Santika¹, Hadi Saputra², Toto Rusianto³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: wisnuyudhas569@gmail.com¹

ABSTRACT

Cikidang Fishing Port, Pangandaran, West Java is located in the southern region of Java island which is directly opposite the Indian Ocean which has the potential for energy development, one of which is from wind. Wind is one of the natural resources that can be used as an alternative power generation source as a substitute for conventional fuel. From the results of observations on the average wind speed for seven days of $v = 4.8$ m/s. Based on the results of observations, a vertical axis wind turbine, namely Savonius, is planned as the drive of the power plant generator, with configurations in the shape of the rotor, namely the L type and helix type. In type L with a diameter of 1.1 meters, a height of 1.4 meters can receive kinetic energy = 60.96 Joules which has the potential to produce a rotor power of 110.87 Watts. While in the Helix type with a diameter of 1.1 meters, a height of 1.4 meters can receive 82,63 Joules which has the potential to produce a rotor power of 159.32 Watts. In the static structural simulation, for the Savonius L type wind turbine rotor with Aluminum Alloy material, it showed a total deformation of 12.239 mm, an equivalent elastic strain of 2.1252×10^{-4} mm, and an equivalent stress of 14.973 MPa at a rotor rotation speed of 83.4 RPM with a wind thrust force of 25.4 Newton. The Savonius Helix type wind turbine rotor with Aluminum Alloy material showed a total deformation of 11.74 mm equivalent elastic strain of 1.5941×10^{-5} mm, and an equivalent stress of 18.75 MPa at a rotor rotation speed of 83.4 RPM with a wind thrust force of 34.43 Newton.

Keywords: Design and Simulation, Rotor, Savonius, Wind Turbine.

INTISARI

Pelabuhan Perikanan Cikidang, Pangandaran, Jawa Barat berada di wilayah selatan pulau Jawa yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia yang memiliki potensi pengembangan energi yang salah satunya dari angin. Angin merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat digunakan sebagai sumber pembangkit listrik alternatif sebagai pengganti dari bahan bakar konvensional. Dari hasil pengamatan terhadap kecepatan angin rata-rata selama tujuh hari sebesar $v = 4,8$ m/s. Berdasarkan hasil pengamatan, direncanakan suatu turbin angin sumbu vertikal yaitu Savonius sebagai penggerak generator pembangkit listrik, dengan konfigurasi pada bentuk rotornya yaitu tipe L dan tipe Helix. Pada tipe L dengan diameter 1,1 meter, tinggi 1,4 meter dapat menerima energi kinetik = 60,96 Joule yang berpotensi menghasilkan daya rotor sebesar 110,87 Watt. Sedangkan pada tipe Helix dengan diameter 1,1 meter, tinggi 1,4 meter dapat menerima 82,63 Joule yang berpotensi menghasilkan daya rotor yang sebesar 159,39 Watt. Pada simulasi static structural, untuk rotor turbin angin Savonius tipe L dengan material Aluminium Alloy menunjukkan total deformation 12,239 mm, equivalent elastic strain sebesar $2,1252 \times 10^{-4}$ mm, dan equivalent stress sebesar 14,973 MPa dikecepatan putaran rotor 83,4 RPM dengan gaya dorong angin 25,4 Newton. Pada rotor turbin angin Savonius tipe Helix dengan material Aluminium Alloy menunjukkan total deformation 11,74 mm equivalent elastic strain sebesar $1,5941 \times 10^{-5}$ mm, dan equivalent stress sebesar 18,75 MPa dikecepatan putaran rotor 82,6 RPM dengan gaya dorong angin 34,43 Newton.

Kata kunci: Desain dan Simulasi, Rotor, Savonius, Turbin Angin.

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan energi pada khususnya energi listrik energi terbarukan menjadi pilihan yang tepat. Sumber energi terbarukan diinginkan karena kontribusinya terhadap pengurangan gas rumah kaca dan ketahanan nasional pasokan energi tanpa komplikasi pencemaran udara (Jaber 2013). tentunya menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan disuatu tempat misalnya daerah pesisir pantai. Semua bidang pekerjaan saat ini dominan menggunakan peralatan elektronika yang menjadikan sumber energinya adalah energi listrik. Sementara kebutuhan energi

listrik terus meningkat (Wiratama, Mara, and Prina 2014). Keterbatasan energi listrik pada suatu tempat misalnya daerah pesisir pantai kerap sekali ditemukan yang dipengaruhi oleh sulitnya penyaluran energi listrik dari sumbernya.

Tabel 1. Pengelompokan potensi energi angin, pemanfaatan dan lokasi potensial

Kelas	Kec. Angin (m/s)	Daya Spesifik (W/m ²)	Kapasitas (kW)	Lokasi
Skala kecil	2,5 – 4,0	< 75	s/d 10	Jawa, NTB, NTT, Maluku, Sulawesi
Skala menengah	4,0 – 5,0	75 - 100	10 - 100	Jawa, NTB, NTT, SULSEL, SULTRA
Skala besar	> 5,0	> 150	> 100	SULSEL, NTB, NTT, Pantai Selatan Jawa

Wilayah selatan Jawa Barat merupakan daerah pesisir yang langsung berhadapan dengan Samudera Hindia dengan karakteristik gelombang dan angin yang berfluktuasi sepanjang tahun dengan pola angin dan gelombang memiliki hasil tunggang yang besar dimana pola kecepatan angin berkisar antara 5,305 – 12,604 m/s dengan ketinggian gelombang dalam satu tahun didapatkan yaitu antara 1,95 – 3,1 m (Purba 2014). Pangandaran merupakan daerah pesisir yang berada di wilayah selatan Jawa Barat. Pelabuhan Perikanan Cikidang, Pangandaran, Jawa Barat berada di Pangandaran bagian selatan yang langsung berhadapan dengan Samudera Hindia. Hal ini juga disampaikan oleh Sumiati (2014), di daerah Padang memiliki kecepatan angin yang rendah sehingga cocok untuk diterapkan kincir angin sumbu vertikal (Sumiati and Amri 2014).

Turbin angin sumbu vertikal (VAWT) sangat menjanjikan untuk pembangkit listrik skala kecil pada kecepatan angin rendah, tetapi lebih banyak perhatian oleh komunitas ilmiah dan industri khusus diperlukan untuk mengembangkan konverter energi angin yang andal dengan biaya rendah (Arpino et al. 2017). Turbin angin sumbu vertikal Savonius adalah mesin torsi tinggi yang berputar lambat dengan dua sudu atau lebih dan digunakan dalam turbin daya efisiensi rendah dengan keandalan tinggi. Sebagian besar turbin angin menggunakan gaya angkat yang dihasilkan oleh bilah berbentuk airfoil untuk menggerakkan rotor, Savonius menggunakan gaya hambat dan karena itu tidak dapat berputar lebih cepat dari kecepatan angin datang (Ahire et al. 2017). Penggunaan perangkat lunak untuk melakukan analisis dari turbin angin dapat dilakukan dengan mudah dan cepat, khususnya dalam hal aerodinamisnya (Ockfend and Matveev 2013). Peninjauan dari segi kekuatan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak juga digunakan oleh Chala (2019) untuk menganalisis sifat mekanis dari sudu turbin (Jayaramulu 2019). Dengan melihat pada tabel Pengelompokan potensi energi angin, pemanfaatan dan lokasi potensial dan pola kecepatan angin di wilayah selatan Jawa Barat diatas kecepatan angin minimal di wilayah selatan Jawa Barat sebesar 2,5 m/s. Dengan kecepatan angin sebesar 2,5 m/s jenis turbin angin yang dipilih pada penelitian dan perancangan kali ini adalah turbin angin sumbu vertikal tipe *Savonius*, karena bisa berputar pada kecepatan angin rendah (*low wind velocity*) dengan putaran awal (*starting*) dapat terjadi pada kecepatan 2 m/s serta konstruksinya yang sangat sederhana. Dengan bantuan perangkat lunak CFD turbin angin dalam perancangan ini dianalisis dari segi aliran fluida dan mekanika.

METODOLOGI

Data yang diperlukan antara lain, kecepatan angin maksimal di Pelabuhan Perikanan Cikidang, Pangandaran, Jawa Barat. Pengukuran kecepatan angin maximal menggunakan anemometer yang ditunjukkan pada gambar 1 Data angin ini berfungsi sebagai input perhitungan dan input dalam simulasi.



Gambar 1. Anemometer

Analisis perhitungan dilakukan dengan dua cara yaitu perhitungan manual untuk mengetahui spesifik rotor turbin angin *Savonius* dan perhitungan berbantu *software* yaitu:

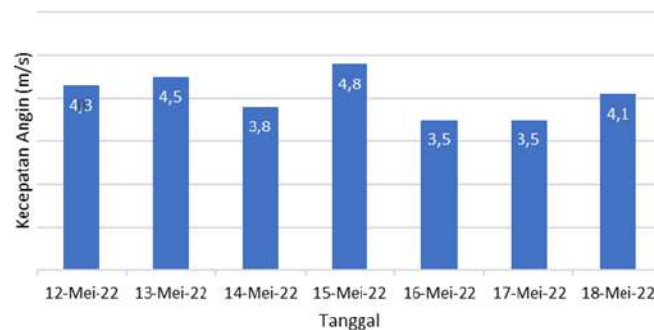
- Perhitungan manual, ditujukan untuk mengetahui spesifik rotor turbin angin *Savonius* yang diantaranya menghitung volume aliran udara, menghitung massa aliran udara, menghitung energi kinetik, menghitung daya angin, menghitung percepatan udara, menghitung gaya dorong angin, menghitung torsi, menghitung kecepatan sudut rotor, menghitung kecepatan putaran rotor, menghitung tip speed ratio, menghitung daya rotor, dan menghitung koefisien daya.
- Perhitungan berbantu *software*, tahapan ini dimulai dengan simulasi metode elemen hingga pada rotor turbin angin *Savonius*. menggunakan Ansys 2019.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kecepatan Angin

Pengukuran kecepatan angin dilakukan di Pelabuhan Perikanan Cikidang, Pangandaran, Jawa Barat selama tujuh hari terhitung tanggal 12 Mei 2022 s.d 18 Mei 2022 dengan waktu pengukuran dibagi menjadi tiga sesi yakni pukul 9.00 WIB s.d 10.00 WIB, pukul 12.00 WIB s.d 13.00 WIB, dan pukul 16.00 WIB s.d 17.00 WIB. Dari hasil pengukuran kecepatan angin yang tertinggi atau maksimal didapatkan pada tanggal 15 Mei 2022 dengan kecepatan angin sebesar 4,8 *m/s* yang dapat dilihat pada gambar 2.

Grafik Hasil Pengukuran Kecepatan Angin



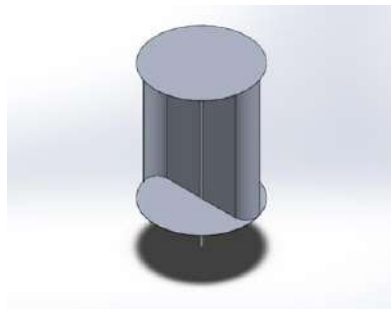
Gambar 2. Grafik Hasil Pengukuran Kecepatan Angin

b. Hasil Desain Rotor Turbin Angin *Savonius*

Proses desain rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* maupun tipe *Helix* dilakukan menggunakan *software Solidworks 2020*.

1) Rotor Turbin Angin *Savonius* Tipe *L*

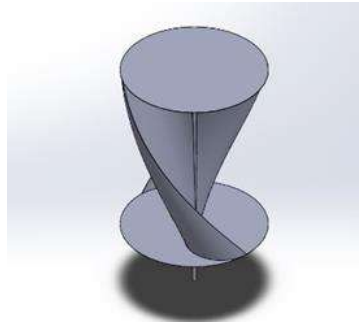
Rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* (lihat gambar 3) ini memiliki diameter 1,1 *meter*, tinggi 1,4 *meter*, jari-jari 0,55 *meter*, panjang lengan 0,5 *meter*, dan luas penampang 0,9 *meter*².



Gambar 3. Rotor turbin angin *Savonius* tipe *L*

2) Rotor Turbin Angin *Savonius* Tipe *Helix*

Rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix* (lihat gambar 4) ini memiliki diameter 1,11 *meter*, tinggi 1,4 *meter*, jari-jari 0,555 *meter*, panjang lengan 0,54 *meter*, dan luas penampang 1,22 *meter*².

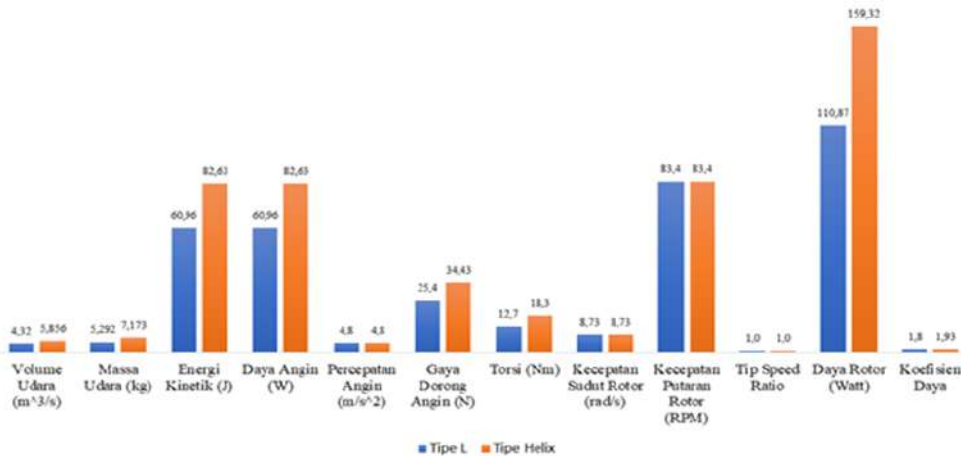
Gambar 4. Rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix*

c. Perhitungan Spesifikasi Rotor Turbin Angin *Savonius*

Perhitungan spesifikasi turbin angin dilakukan untuk mengetahui potensi dari rotor turbin angin *Savonius*, Perhitungan ini meliputi rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dan tipe *Helix* sebagai berikut ,

- 1) Menghitung laju aliran volume angin
 $\dot{V} = v A$
 Dengan: \dot{V} = Laju aliran volume angin (m^3/s), v = Kecepatan angin (m/s), dan A = Luas penampang (m^2)
- 2) Menghitung laju aliran massa angin
 $\dot{m} = \rho \times \dot{V}$
 Dengan: \dot{m} = Laju aliran massa angin (kg/s), dan ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)
- 3) Menghitung energi kinetik
 $Ek = \frac{1}{2} \dot{m} v^2$
 Dengan: Ek = Energi kinetik (J)
- 4) Menghitung daya angin
 $P_{in} = \frac{1}{2} \rho v^3 A$
 Dengan: P_{in} = Daya angin ($Watt$)
- 5) Menghitung percepatan angin
 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
 Dengan: a = Percepatan (m/s^2), Δv = perubahan kecepatan (m/s), Δt = perubahan waktu (s)
- 6) Menghitung gaya dorong angin
 $F = \dot{m} \times a$
 Dengan: F = Gaya Dorong Angin ($Newton$)
- 7) Menghitung torsi
 $T = F \times l$
 Dengan: T = Torsi (Nm), dan l = Panjang lengan sudu rotor turbin (m)
- 8) Menghitung kecepatan sudut rotor
 $\omega = \frac{v}{r}$
 Dengan: ω = Kecepatan sudut (rad/s), dan r = Jari-jari rotor turbin angin (m)
- 9) Menghitung Kecepatan Putaran Rotor
 $n = \frac{\omega 60}{2\pi}$
 Dengan: n = Kecepatan putaran rotor (RPM)
- 10) Menghitung *tip speed ratio* (Jugulkar and Singh 2016)(Ariazena and Suprayitno 2021)
 $\lambda = \frac{\omega r}{v}$
 Dengan: λ = *Tip speed ratio*
- 11) Menghitung daya rotor
 $P_{out} = T \times \omega$
 Dengan: P_{out} = Daya rotor ($Watt$)
- 12) Menghitung koefisien daya
 $C_p = \frac{P_{out}}{P_{in}}$
 Dengan: C_p = Koefisien daya

Hasil perhitungan Spesifikasi rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dan tipe *Helix* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik spesifikasi rotor turbin angin Savonius

Pada gambar 5 menampilkan perbandingan spesifikasi rotor turbin angin Savonius pada rotor turbin angin Savonius tipe L dan tipe Helix, dimana rotor turbin angin Savonius tipe L lebih unggul spesifikasinya dari spesifikasi rotor turbin angin Savonius tipe Helix.

d. Pemilihan Bahan

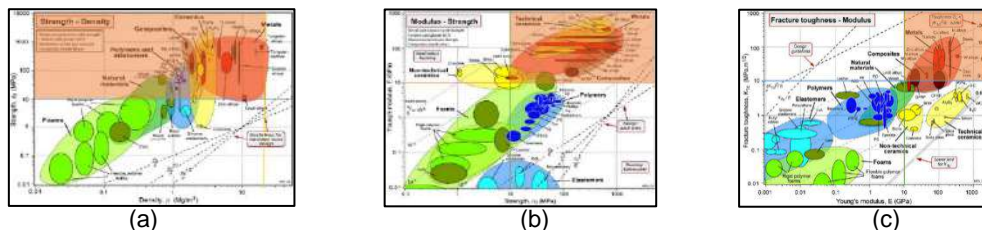
Pemilihan bahan dilakukan dengan metode digital logic untuk rotor turbin angin Savonius tipe L dan tipe Helix.

- 1) Syarat kandidat bahan untuk rotor turbin angin, ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Syarat kandidat bahan

No.	Variabel	Batasan	Tujuan
1.	Kuat	>10 Mpa	MAX
2.	Tangguh	> 10 MPa.m ^{1/2}	MAX
3.	Ringan	< 20 Mg/m ³	MIN
4.	Kaku	> 10 GPa	MAX

- 2) Seleksi kandidat bahan, untuk menyeleksi bahan yang sesuai dengan syarat kandidat bahan digunakan beberapa diagram ashby yang berpatokan pada syarat kandidat bahan yang didapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram ashby (a) Strength–Density, (b) Modulus–Strength, (c) Toughness–Strength Berdasarkan dari ketiga diagram ashby diatas dipilihlah kandidat bahan yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Kandidat Bahan

Nama Bahan	Nilai dan Sifat Bahan			
	Toughness (MPa.m ^{1/2})	Strength (MPa)	Density (Mg.m ³)	Modulus (GPa)
GFRP	24	118,5	1,8	27
Al Alloys	38	145	2,8	85
CFRP	20	1100	1,6	160
Wood	9	6,2	0,83	22
Tujuan	MAX	MAX	MIN	MAX

- 3) Perhitungan digital logic dilakukan dengan pembobotan antara 2 sifat material yang dibandingkan, dan digunakan sebagai nilai sistematis untuk menentukan nilai alfa (α). Metode digital logic bisa dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Metode *digital logic*

Property	Number of positive decision N = n(n-1)/2						Positive Decision (m)	Relative Emphasis Coefficient α
	1	2	3	4	5	6		
Kuat	1	0	1				2	0,34
Tangguh	0			1	1		2	0,34
Ringan		1		0		0	1	1,6
Kaku			0		0	1	1	1,6
Total number of positive decision							6	$\Sigma\alpha = 1$

- 4) Menghitung *Scaled Property* (β) dan *Performance Index* (γ)

Untuk menghitung Max dan Min Scaled Property (β) menggunakan rumus sebagai berikut,

$$\text{Max} = \beta \text{ max} = \frac{\text{Nilai bahan}}{\text{Nilai max kandidat}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Min} = \beta \text{ min} = \frac{\text{Nilai min bahan}}{\text{Nilai bahan}} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

Sedangkan untuk menghitung performance indeks menggunakan rumus berikut,

$$\gamma_{\text{material}} = (a_{\text{Toughness}} \cdot \beta_{\text{Toughness}}) + (a_{\text{Strength}} \cdot \beta_{\text{Strength}}) + (a_{\text{Density}} \cdot \beta_{\text{Density}}) + (a_{\text{Modulus}} \cdot \beta_{\text{Modulus}}) \dots \dots \dots (3)$$

Hasil dari perhitungan *Scaled Property* (β) dan *Performance Index* (γ) ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. *Performance Index* (γ)

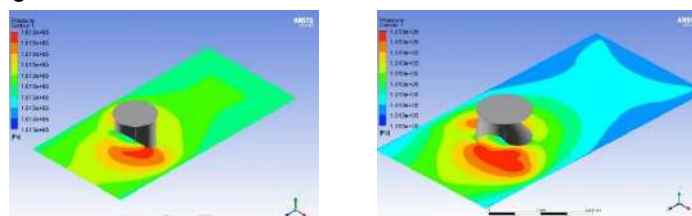
Nama Bahan	<i>Scaled Property</i> (β)				<i>Performance Index</i> (γ)
	<i>Toughness</i> (MPa.m ^{1/2})	<i>Strength</i> (MPa)	<i>Density</i> (Mg/m ³)	<i>Modulus</i> (GPa)	
GFRP	24	118,5	1,8	27	62,57
Al Alloys	38	145	2,8	85	101
CFRP	20	1100	1,6	160	98,73
Wood	9	6,2	0,83	22	26,5
	(MAX)	(MAX)	(MIN)	(MAX)	

e. Hasil Simulasi Rotor Turbin Angin Savonius

Hasil simulasi pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dan tipe *Helix* meliputi *fluid dynamic* dan *static structural* menggunakan *software ANSYS 2019*.

1) *Fluid Dynamic*

a) Pola Tekanan Angin

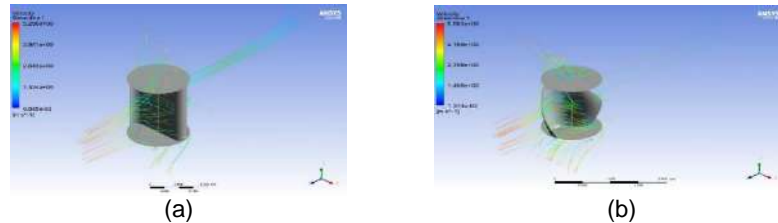


Gambar 7. (a) Tekanan angin rotor tipe *L*, (b) Tekanan angin rotor tipe *Helix*

Pada simulasi tekanan angin dimaksudkan untuk mengetahui pola tekan angin terhadap rotor turbin, pola tekan angin pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* terjadi pada kedua sisi ujung rotor yang terbesar ditunjukkan pada countur warna jingga sebesar 101343 Pa dan yang terkecil ditunjukkan pada countur warna biru muda sebesar 101312 Pa. Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix*, pola tekan angin terjadi pada kedua sisi ujung rotor yang terbesar ditunjukkan pada *countur* warna jingga sebesar 101344 Pa dan yang terkecil ditunjukkan pada *countur* warna kuning sebesar 101320 Pa.

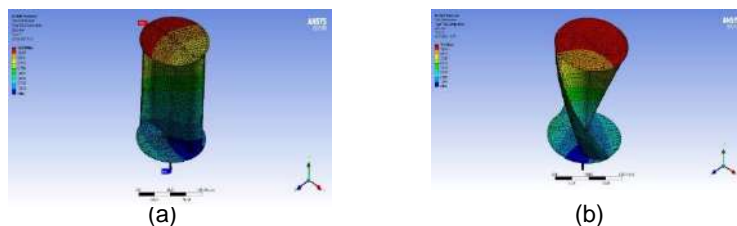
b) Aliran Angin

Pada simulasi aliran angin dimaksudkan untuk mengetahui pola aliran angin terhadap rotor turbin, pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* pola aliran angin terjadi pada kedua sisi ujung rotor yang terbesar ditunjukkan pada *countur* warna biru muda sebesar $1,324 \text{ m/s}$ dan yang terkecil ditunjukkan pada *countur* warna hijau sebesar $1,324 \text{ m/s}$. Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix* angin terjadi pada kedua sisi ujung rotor yang terbesar ditunjukkan pada *countur* warna merah sebesar $5,5813 \text{ m/s}$ dan yang terkecil ditunjukkan pada *countur* warna biru sebesar $0,0137417 \text{ m/s}$.

Gambar 9. (a) Aliran angin rotor tipe *L*, (b) Aliran angin rotor tipe *Helix*

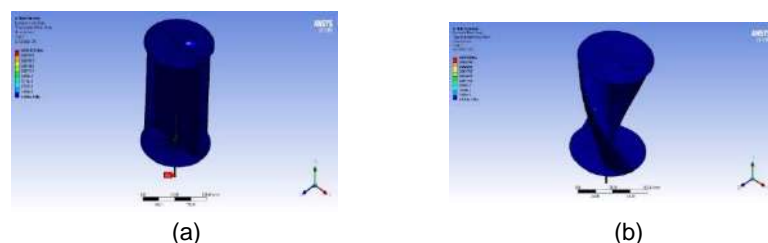
2) Static Structural

a) Total Deformation

Gambar 10. (a) Total deformation rotor tipe *L*, (b) Total Deformation rotor tipe *Helix*

Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dengan kecepatan putaran rotor sebesar $83,4 \text{ RPM}$ dan gaya $25,4 \text{ N}$ terjadi deformasi pada secara minimum sebesar 0 mm , pada secara rata-rata sebesar $5,4166 \text{ mm}$, dan pada secara maximum sebesar $12,239 \text{ mm}$. Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix* dengan kecepatan putaran rotor sebesar $83,4 \text{ RPM}$ dan gaya $34,43 \text{ N}$ terjadi deformasi total pada secara minimum sebesar 0 mm , pada secara rata-rata sebesar $5,9935 \text{ mm}$, dan pada secara maximum sebesar $11,74 \text{ mm}$.

b) Equivalent Elastic Strain



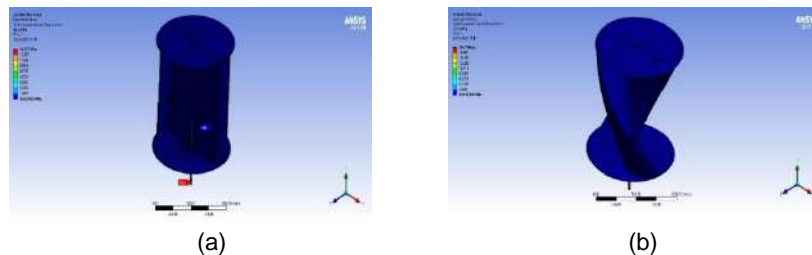
Gambar 11. (a) Equivalent Elastic Strain, (b) Equivalent Elastic Strain

Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dengan kecepatan putaran rotor sebesar $83,4 \text{ RPM}$ dan gaya $25,4 \text{ N}$ terjadi *Equivalent elastic strain* pada secara minimum sebesar $4,1118 \times 10^{-7} \text{ mm}$, pada secara rata-rata sebesar $9,9041 \times 10^{-6} \text{ mm}$, dan pada secara maximum sebesar $2,1252 \times 10^{-4} \text{ mm}$. Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix* dengan kecepatan putaran rotor sebesar $83,4 \text{ RPM}$ dan gaya $34,43 \text{ N}$ terjadi *Equivalent elastic strain* pada secara minimum sebesar $4,1613 \times 10^{-7} \text{ mm}$, pada secara rata-rata sebesar $2,66 \times 10^{-4} \text{ mm}$, dan pada secara maximum sebesar $1,5941 \times 10^{-5} \text{ mm}$ pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *Helix*.

c) Equivalent Strees

Pada rotor turbin angin *Savonius* tipe *L* dengan kecepatan putaran rotor sebesar $83,4 \text{ RPM}$ dan gaya $25,4 \text{ N}$ terjadi *Equivalent stress* pada secara minimum sebesar $2,4653 \times 10^{-3} \text{ MPa}$, pada secara rata-rata sebesar $0,47222 \text{ MPa}$, dan pada secara maximum sebesar $14,973$

MPa pada rotor turbin angin Savonius tipe L. Pada rotor turbin angin Savonius tipe Helix dengan kecepatan putaran rotor sebesar 83,4 RPM dan gaya 34,43 N terjadi Equivalent stress pada secara minimum sebesar $5,2906 \times 10^{-4}$ MPa, pada secara rata-rata sebesar 0,65866 MPa, dan pada secara maximum sebesar 18,75 MPa pada rotor turbin angin Savonius tipe Helix



Gambar 12. (a) Equivalent stress, (b) Equivalent stress

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan simulasi pada desain rotor turbin angin Savonius sebagai sumber listrik lampu PJU Pelabuhan Perikanan Cikidang Pangandaran Jawa Barat dapat disimpulkan pergerakan udara atau angin di Pelabuhan Perikanan Cikidang, Pangandaran, Jawa Barat memiliki kecepatan sebesar 4,8 m/s yang berpotensi daya angin sebesar 60,96 Watt pada rotor turbin angin Savonius tipe L dan pada rotor turbin angin Savonius tipe Helix berpotensi menghasilkan daya angin sebesar 82,63 Watt. Rotor turbin angin Savonius tipe L memiliki diameter 1,1 meter dengan tinggi 1,4 meter secara teoritis berpotensi menerima volume angin sebesar $4,32 \text{ m}^3/\text{s}$, massa angin sebesar 5,292 kg/s pada kecepatan angin sebesar 4,8 m/s serta berpotensi menerima gaya dorong sebesar 25,4 Newton menghasilkan daya rotor sebesar 110,87 Watt pada putaran 83,4 RPM. Pada rotor turbin angin Savonius tipe Helix memiliki diameter 1,1 meter dengan tinggi 1,4 meter secara teoritis berpotensi menerima volume angin sebesar $5,856 \text{ m}^3/\text{s}$, massa angin sebesar 7,173 kg/s pada kecepatan angin sebesar 4,8 m/s serta berpotensi menerima gaya dorong sebesar 34,43 Newton menghasilkan daya rotor sebesar 160,89 Watt pada kecepatan putaran 83,4 RPM. Pada simulasi *static structural*, untuk rotor turbin angin Savonius tipe L dengan material Aluminium Alloy menunjukkan *total deformation* 12,239 mm, *equivalent elastic strain* sebesar $2,1252 \times 10^{-4}$ mm, dan *equivalent stress* sebesar 14,973 MPa dikecepatan putaran rotor 83,4 RPM dengan gaya dorong angin 25,4 Newton. Untuk rotor turbin angin Savonius tipe Helix dengan material Aluminium Alloy menunjukkan *total deformation* 11,74 mm, *equivalent elastic strain* sebesar $1,5941 \times 10^{-5}$ mm, dan *equivalent stress* sebesar 18,75 MPa pada kecepatan putaran rotor 83,4 RPM dengan gaya dorong angin 34,43 Newton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahire, Rutvik et al. 2017. "Review on Vertical Axis Wind Turbine." 03(5): 5–9.
- Ariazena, Riza Jaka, and Agus Suprayitno. 2021. "Perancangan Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV) Savonius 3 Sudu." *Teknologika* 11(2).
- Arpino, F et al. 2017. "CFD Simulations of Power Coefficients for an Innovative Darrieus Style Vertical Axis Wind Turbine with Auxiliary Straight Blades CFD Simulations of Power Coefficients for an Innovative Darrieus Style Vertical Axis Wind Turbine with Auxiliary Straight Blad." *IOP Conf. Series: Journal of Physics* (923).
- Jaber, Suaad. 2013. "Environmental Impacts of Wind Energy." 1(3): 1–4.
- Jayaramulu, Challa. 2019. "Modeling and Analysis of a Small Wind Turbine Blade." 8(4): 1188–91.
- Jugulkar, Lalitkumar Maikulal, and Shankar Singh. 2016. "Analysis of Suspension with Variable Stiffness and Variable Damping Force for Automotive Applications." 8(5): 1–19.
- Ockfend, Alex E, and Konstantin I Matveev. 2013. "A Erodynam Mic Charac Teristics o f NACA 4412 Airfoi II Section with w Flap in Extrem Me Ground Effect."
- Purba, Noir Primadona. 2014. "Variabilitas Angin Dan Gelombang Laut Sebagai Energi Terbarukan Di Pantai Selatan Jawa Barat." *Jurnal Akuatika* 5(1): 8–15.
- Sumiati, Ruzita, and Khairul Amri. 2014. "Rancang Bangun Micro Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Rumah Tinggal Di Daerah Kecepatan Angin Rendah." (November): 1–5.
- Wiratama, I Kade, I Made Mara, and L Edsona Furqan Prina. 2014. "Pengaruh Jumlah Blade Dan Variasi Panjang Chor D Terhadap Performansi Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)." 4(2): 110–16.

Implementasi Program Go Green School Di Indonesia Sebagai Pembangunan Berkelanjutan

Layli Mumbaasithoh¹, Novi Dya Meylasari², Deden Nursidik³, Susmawati Surya Asih⁴

¹²³⁴SMK Boedi Oetomo 2 Gandrungmangu

Email: laylimumbaasithoh@gmail.com¹, novidya55@gmail.com², dedennursidik90@gmail.com³, susmawati99@gmail.com⁴

ABSTRACT

This study aims to determine the implementation of the Go Green school program in Indonesia. Data collection is carried out in several stages, namely searching for articles with the theme to be studied, and mapping topics. The step of analyzing the literature review method is by reading and re-exploring the points of thought on the same theme in several journals. to be able to add new ideas and opinions of the author regarding the topic to be raised. The author can also see the shortcomings of previous studies, so that the author can make improvements and more regular formulations. Energy security is an issue that has long been discussed by governments and even the global world. One of the government programs to maintain the resilience of the national country is the greening movement or what is often referred to as going green. The go green program is a government program that involves all elements of society including educational institutions in Indonesia. There are several elements in the go green program, in this study the author took three elements to be used as research material for the implementation of the go green program in schools, namely green transportation, green water, and green energy. The results of the study revealed that the implementation of the go green program in Indonesian Education institutions has not run optimally either in the school environment (adiwiyata school), or in the campus environment (Green campus). The low implementation of the go green program in schools is characterized by the low knowledge of teachers or principals related to knowledge based on the environment. At the university level, the implementation of the go green program is only found in a few universities and has not been comprehensive.

Keywords: go green, implementation, national energy, school, sustainable development.

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui implementasi program *Go Green School* di Indonesia. Pengambilan data dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pencarian artikel dengan tema yang akan diteliti, dan pemetaan topik. Langkah analisis metode literature riview dengan membaca dan menggali kembali pokok-pokok pikiran mengenai tema yang sama dalam beberapa jurnal. untuk dapat menambahkan ide baru serta pendapat penulis mengenai topik yang akan diangkat. Penulis juga dapat melihat sisi kekurangan dari penelitian-penelitian sebelumnya, sehingga penulis dapat melakukan perbaikan dan perumusan yang lebih teratur. Ketahanan energi merupakan isu yang telah lama dibahas oleh pemerintah bahkan dunia global. Salah satu program pemerintah untuk menjaga ketahanan negeri nasional adalah Gerakan penghijauan atau yang sering disebut dengan *go green*. Program *go green* merupakan program pemerintah yang melibatkan semua elemen masyarakat termasuk instansi pendidikan yang ada di Indonesia. Terdapat beberapa elemen dalam program go green, dalam penelitian ini penulis mengambil tiga elemen untuk dijadikan bahan penelitian implementasi program *go green* di sekolah yaitu *green transportation*, *green water*, dan *green energy*. Hasil dari penelitian mengungkap bahwa implementasi program go green di instansi Pendidikan Indonesia belum berjalan maksimal baik di lingkungan sekolah (sekolah adiwiyata), atau di lingkungan kampus (Green campus). Rendahnya implementasi program *go green* di sekolah ditandai dengan rendahnya pengetahuan guru atau kepala sekolah terkait dengan pengetahuan yang berlandaskan lingkungan. Pada tingkat perguruan tinggi implementasi program *go green* hanya terdapat pada beberapa perguruan tinggi dan belum menyeluruh.

Kata Kunci: energi nasional, *go green*, implementasi, pembangunan berkelanjutan, sekolah.

PENDAHULUAN

Energi adalah bagian penting dari kehidupan manusia, kemerosotan energi yang ada di dunia sudah lama menjadi isu global demi keberlangsungan hidup manusia. Data menunjukkan bahwa kebutuhan energi Indonesia semakin meningkat sampai pada tahun 2050. BPS (2021) melaporkan

bahwa kebutuhan energi yang ada di Indonesia sampai tahun 2050 mencapai 2,9 miliar setara dengan barel minyak pada tahun 2050. Peningkatan kebutuhan energi di dunia mencapai 45% atau 1,6% pertahun, sedangkan peningkatan kebutuhan energi di Indonesia meningkat sebesar 5,3% per tahun. Peningkatan energi ini dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk sebesar 0,71% pertahun (Positron, 2019).

Waryono Karno selaku Menteri ESDM menyatakan bahwa ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan energi menjadi isu yang diangkat oleh Indonesia sejak tahun 2008. Sebagian banyak ketersediaan energi yang ada di Indonesia berpusat pada energi fosil seperti batu bara dan minyak yang tidak dapat diperbaharui (Azhar & Setiawan, 2018). Sumber energi yang tidak dapat diperbaharui memunculkan inisiatif global demi menjaga ketahanan energi global melalui sustainable Energy for All (SE4All) dan menetapkan tahun 2014-2024 sebagai UN Decade for Sustainable Energy for All. Secara spesifik, Kementerian Luar Negeri Republik Indonesia (2019) menyatakan bahwa Indonesia mengambil langkah tegas untuk mengatasi masalah ketahanan energi melalui UU No. 30 tahun 2007, Nawacita, RPJMN 2015–2019, PP No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN), serta Permen No. 12 tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik sebagai prioritas pembangunan nasional.

Menurut Dewan Energi Nasional (2019) terdapat kebijakan utama pemerintah dalam membangun keberlangsungan sumber daya energi untuk kebutuhan nasional yang berupa ketersediaan energi, prioritas pengembangan energi, pemanfaatan energi nasional, dan cadangan energi nasional. Kebijakan ini didukung oleh beberapa kebijakan lainnya berupa konservasi energi, konservasi sumber daya energi dan diversifikasi energi, lingkungan hidup dan keselamatan, harga, subsidi dan insentif energi, infrastruktur dan akses untuk masyarakat terhadap energi dan industri energi, serta penelitian terkait dengan pengembangan dan penerapan teknologi energi, kelembagaan dan pendanaan. Penelitian tersebut sesuai dengan pernyataan Adi Permana (2022), yang menyatakan bahwa pengembangan dan penerapan teknologi merupakan kebijakan yang sedang dilakukan oleh beberapa universitas sebagai bentuk kontribusi demi menjaga ketahanan energi nasional.

Kontribusi nyata yang dilakukan oleh beberapa universitas juga telah dilakukan oleh beberapa sekolah melalui kebijakan atau program sekolah dengan tema lingkungan hidup dan keselamatan. Salah satu tema lingkungan hidup yang sering digaungkan pada tingkat sekolah adalah gerakan penghijauan untuk lingkungan sekolah atau sekitar sekolah. Program *Go Green School* merupakan sebuah komitmen dalam mengembangkan program-program untuk menginternalisasikan nilai-nilai lingkungan ke dalam seluruh aktivitas sekolah (Mungkasa, 2007). Penelitian yang pernah dilakukan oleh Rohayati, dkk (2022) membuktikan bahwa siswa yang mengenal green skill melalui praktikum pengolahan kue bekatul dapat mendukung pembangunan berkelanjutan. Hal ini yang menjadi dasar peneliti untuk melakukan sebuah penelitian bahwa go green dapat mendukung pembangunan berkelanjutan SMK melalui Green Transportation, Green Water, Green Energy. Program go green school merupakan aksi nyata dari lembaga pendidikan nasional untuk ikut serta mendukung upaya pemerintah demi ketahanan energi nasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui implementasi program *Go Green School* di Indonesia.

METODE

Metode Penelitian yang digunakan adalah literature review (Studi Pustaka). Metode literature review merupakan metode pengumpulan data pustaka, membaca, mencatat dan mengolah bahan tulisan (Zed, 2008). Sumber data yang diperoleh berupa jurnal buku, kumpulan artikel-artikel yang dipublikasikan, publikasi lembaga penelitian, serta halaman internet. Dari berbagai artikel, peneliti memilih artikel yang terkait erat dengan kata kunci yang digunakan. Langkah selanjutnya, peneliti mengelompokkan artikel-artikel yang berkaitan dengan implementasi program *go green school* di Indonesia (lihat pada gambar 1).



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada data BPS (2021) menyatakan bahwa DKI Jakarta menduduki posisi pertama sebagai kota dengan jumlah penduduk terpadat pada tahun 2021. Banyak terjadi permasalahan akibat dari kejadian tersebut, contohnya, penyediaan, perkotaan penyediaan pangan, energi, infrastruktur, dan tantangan pada pemeliharaan lingkungan hidup dan perubahan iklim. Permasalahan tersebut

berdampak pada permasalahan sosial dan perekonomian, misalnya pendidikan, kriminal dan lainnya. Sebagai contoh, semakin banyak jumlah penduduk di suatu perkotaan akan mengakibatkan kawasan tinggal yang kurangnya ketersediaan air bersih dan sanitasi, tempat tinggal yang tidak memiliki dasar serta tingkat kriminalitas tinggi.

Suatu tempat yang layak disebut dengan kawasan *go green*, contohnya Infrastruktur yang ramah lingkungan. Hal ini memberikan nuansa hijau pada tempat tersebut dan pengadaan tempat pembuangan sampah juga tidak ketinggalan. Selain itu memanfaatkan energi dengan hemat merupakan gerakan dalam mendukung *go green*. Dengan menghemat energi sangat berpengaruh dengan lingkungan sekitar, sehingga dapat mempertahankan ketahanan energi dalam waktu jangka panjang. Kita ketahui bahwa energi yang digunakan secara terus menerus dengan boros dan tidak bijak maka akan mengakibatkan energi tersebut cepat habis.

Lingkungan sekolah berpengaruh dalam kehidupan sehari-hari yaitu berupa dengan dorongan berperilaku ramah lingkungan. Program *Go Green School* dijadikan sebagai komitmen dalam mengembangkan program-program untuk menginternalisasikan nilai-nilai lingkungan ke dalam seluruh aktifitas sekolah yang dimiliki oleh semua warga sekolah (Mungkasa, 2007). *Go green school* merupakan suatu upaya gerakan inisiasi sekolah berupa gerakan peduli lingkungan yang dilakukan berdasarkan program induk dari pemerintah berupa sekolah adiwiyata. Sekolah yang mendapatkan predikat adiwiyata adalah sekolah yang memiliki pelaksanaan kurikulum berbasis lingkungan, kebijakan sekolah yang berwawasan lingkungan, kegiatan lingkungan berbasis partisipatif, dan pengelolaan sarana pendukung ramah lingkungan (Yunus & Mitrohardjono, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Yunus & Mitrohardjono (2019) menunjukkan bahwa program *go green school* ini dapat dilakukan melalui berbagai cara seperti "*one person, one pot*" semua warga sekolah diminta membawa botol bekas untuk ditanami benih tumbuhan, memilah sampah, hemat energi listrik, air, dan pengurangan limbah CO₂. Penghargaan dari sekolah juga diberikan kepada kelas terbaik dan punishment untuk yang melanggar aturan yang telah dibuat. Dalam melestarikan dan menjaga lingkungan hidup pada suatu lingkungan membutuhkan kesadaran tertentu pada setiap individu atau kelompok. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Azrai dkk (2017), gerakan untuk melestarikan lingkungan hidup atau *go green* dapat efektif tergantung dari kesadaran individu dalam lingkungan tersebut. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kristiawan (2019) bahwa dengan mengimplementasikan *green school* dapat membantu peserta didik SMK untuk membentuk nilai-nilai karakter meliputi religius, jujur, toleransi, disiplin, kerja keras, kreatif, mandiri, demokratis, peduli lingkungan sosial dan tanggung jawab. Penelitian ini yang menjadi dasar bahwa *gogreen* dapat mendukung pembangunan berkelanjutan SMK atau Ketahanan energi nasional dikarenakan peserta didik sudah terbiasa memiliki sikap tanggung jawab dan peduli dengan lingkungan sekitar. Penerapan *go green* yang dapat dilakukan warga sekolah SMK antara: memilah sampah dan melakukan proses daur ulang, menanam pohon, mematikan listrik yang saat tidak digunakan, menghemat penggunaan air, dan mengembangkan serta menjaga lingkungan sekolah. Terdapat elemen-elemen dalam menciptakan *go green school*. Dalam penelitian ini, elemen tersebut dibatasi, diantaranya *Green Transportation, Green Water, Green Energy*.

Green transportation (Transportasi hijau)

Green Transportation disebut juga transportasi yang ramah lingkungan. Dalam penelitian ini, *Green transportation* yang dimaksud adalah angkutan transportasi umum yang berfokus pada pembangunan dan peningkatan transportasi umum yang berkualitas. Tujuan pelaksanaan *Green Transportation*, diantaranya penggunaan kendaraan pribadi menjadi berkurang, mewujudkan infrastruktur jalan yang mendukung, perkembangan dan peningkatan jumlah transportasi umum, mengurangi emisi kendaraan, serta menciptakan ruang jalan yang ramah bagi pengguna sepeda dan pejalan kaki. Pernyataan ini sesuai dengan Dwi dkk (2020) yang menyatakan bahwa kegiatan *green transportation* juga mendukung strategi mengutamakan pejalan kaki dan pesepeda.

Pelaksanaan *green transportation* berkontribusi dalam menciptakan suatu lingkungan yang nyaman, sehat dan produktif. Pengurangan penggunaan kendaraan bermotor guna memberikan ruang jalan masyarakat agar menambah kenyamanan pengguna ruang sehingga ruang dapat dimanfaatkan lebih baik lagi. Bahan bakar ramah lingkungan dengan emisi rendah merupakan unsur terpenting dari *green transportation*. Contoh bahan bakar ramah lingkungan adalah listrik, sebagai bahan bakar penghasil emisi gas rumah kaca yang sangat minim. Bahan bakar nabati adalah contoh kedua bahan bakar yang ramah lingkungan seperti minyak jarak dan kelapa sawit. Bahan bakar ramah lingkungan yang ketiga adalah gas yang digunakan untuk angkutan bus transjakarta.

Green Transportation sudah menjadi kebijakan tertentu diberbagai universitas di Indonesia salah satunya adalah UNNES (Universitas Negeri Semarang). Kebijakan *green transportation* dari UNNES adalah membangun kampus konservasi, detail kebijakannya meliputi kendaraan bermotor dilarang untuk masuk area kampus konservasi (Unnes, 2013). Kebijakan dari UNNES di wujudkan lebih padat lagi dengan menyediakan shuttle listrik yang digunakan oleh civitas akademika UNNES selama jam kerja kampus (Medcom, 2022). Selain UNNES kampus lain yang sudah terlibat dalam program ini adalah IPB dengan penyediaan sepeda sebanyak 900 unit, mobil listrik sebanyak 44 unit, dan sejumlah 20 bus berbahan bakar gas sebagai penunjang (IPB, 2020).

Green Water (pengaturan air bersih)

Green water merupakan salah satu syarat dalam pengelolaan kota berkelanjutan. Menurut Jihan Jamaludin (2018) yang dimaksud dengan *green water* adalah peningkatan kualitas air dengan merencanakan tata air yang memenuhi kriteria *reduce, recycle and reuse*. Pendapat ini sesuai dengan Zulkifli (dalam Tisa Angelia, 2017) berpendapat bahwa *Green water* merupakan pengelolaan air yang menjamin ketersediaan air dengan memperbanyak daerah tangkapan air dan mengurangi dampak banjir. Dalam penelitian ini, *Green Water* adalah efisiensi dan efektivitas pengelolaan kebutuhan akan air bersih yang bertujuan untuk menghemat penggunaan air dan menciptakan air yang berkualitas. Dengan perkembangan teknologi, penghematan penggunaan air dapat dilakukan dengan teknik air segar, penyediaan air siap minum, penggunaan ulang dan pengolahan air yang telah digunakan, serta penjagaan kualitas *green water* (air yang tersimpan di dalam tanah). Dengan adanya kegiatan *green water* ini dapat mendukung pelestarian lingkungan kota.

Menurut Jihan Jamaludin (2018), sistem penerapan dalam merencanakan tata air antara lain menampung air hujan dalam kolam resapan dan memprosesnya sebagai air siram taman dan kamar mandi, mengalirkan air hujan dari drainase kedalam resapan, menggunakan sistem sprinkler untuk sistem perawatan tanaman agar efisien penggunaan air, dan Penampungan air hujan dapat berupa embung, bioswale, long soak pond. Hal ini diperkuat dengan pernyataan dari Pemerintah Kota Banda Aceh (2016) menyatakan bahwa impementasi *green water* dilakukan dengan upaya menekan angka kebocoran air 3-4 % per tahun, serta meningkatkan kualitas air dari PDAM Tirta Daroy yang berkualitas air bersih untuk siap diminum dengan memperbaiki kebocoran jaringan perpipaan. Pengembangan *green water* merupakan salah satu atribut dalam mewujudkan kota hijau atau kota berkelanjutan melalui cara peningkatan kualitas air dengan menerapkan konsep ekodrainase dan zero runoff (UNUEA dalam Tisa Angelia, 2017). Sama halnya dengan Pemerintah Kota Makassar (dalam Jihan Jamaludin, 2018) menyatakan bahwa untuk meminimalisir pemborosan dalam penggunaan air bersih di Kota Makassar perlu adanya penanganan berupa konsep *green water* yaitu konsep yang menyediakan kemungkinan penyerapan air dan mengurangi puncak limpasan sehingga tercapai efisiensi pemanfaatan sumber daya air. Pernyataan-pernyataan tersebut didukung oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015) dalam Program P2KH, yang menyatakan bahwa kebijakan strategi peningkatan air mengenai kualitas air dapat dilakukan dengan cara pembangunan sistem pengolahan air limbah dan melakukan konservasi atau perlindungan sumber air dari bahan berbahaya. Selain itu untuk kebijakan mengenai keberlanjutan air dilakukan dengan cara menampung air hujan dalam kolam resapan dan memproses sebagai air siraman taman dan kamar mandi., menyediakan penampungan air hujan, dan menerapkan konsep zero run off yang mengalirkan air hujan dari drainase ke dalam sumur resapan.

Green Energy (energi bersih)

Istilah *Green energy* sering digunakan untuk menyebut energi bersih (*clean energy*) atau sumber energi yang ramah lingkungan. Bast & Krishnaswamy menyatakan bahwa pemanfaatan *green energy* bagi negara yang berkembang membawa banyak keuntungan, antara lain : Pertama, penggunaan *green energy* dapat mengurangi perubahan iklim; Kedua pemakaian terus menerus *green energy* tidak akan mengurangi sumber daya alam, merusak lingkungan, juga mengakibatkan dampak yang sedikit terhadap kesehatan (Sri Nurhayati Qodriyatun, 2011). Pernyataan ini sependapat dengan Kalyani (dalam Rizal, 2022) menjelaskan bahwa pentingnya sebuah energi hijau yang dihasilkan dari sumber terbarukan dan menghasilkan dampak yang sangat kecil kepada lingkungan kita.

Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan *Green energy* adalah strategi menghijaukan kota dengan fokus pada pengurangan penggunaan energi melalui penghematan penggunaan serta peningkatan penggunaan energi terbarukan (*renewable energy*), seperti listrik tenaga surya, listrik tenaga angin, dan lain-lain. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, contohnya panas bumi, sinar

matahari, aliran dan terjunan air. Di dunia industri, hal tersebut mampu dilihat dari adanya penggunaan teknologi panel surya atau PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Pemanfaatan energi lekat kaitannya dengan dunia industri. Oleh karena itu pentingnya energi hijau diterapkan oleh sebuah industri, contohnya dengan mempergunakan teknologi yang bisa sangat memiliki kegunaan. Dengan demikian energi hijau juga menjadi salah satu penyelamat bumi.

Implementasi *green school* masih sangat rendah pada tingkat SMK/SMA dibuktikan dengan hasil kuesioner yang dilakukan oleh kemendikbud (2021) bahwa hanya 60% guru/kepala yang mengerti tentang program *green school*, sedangkan 16% lainnya masih ragu, 24% responden menyatakan belum pernah mendengar sama sekali. Selain di tingkat sekolah implementasi tiga elemen *go green* berupa *green water*, *green transportation*, dan *green energy* belum bisa maksimal di instansi Pendidikan kampus. *Green Transportation* hanya diimplementasikan di beberapa kampus di Indonesia dan hal itu belum menyeluruh. *Green transportation* juga telah menyumbang *green energy* karena kebijakannya berupa penghematan energi bahan bakar kendaraan yang ada di beberapa kampus. *Green water* dilakukan oleh beberapa madrasah yang berada di Gorontalo dengan konsep ruang terbuka hijau. Ruang terbuka hijau yang dilakukan adalah selalu mengaitkan program sekolah dengan keselamatan lingkungan salah satunya konsep menghemat air dan energi selama berkegiatan di sekolah. Implementasi lain dari konsep ruang terbuka hijau adalah penanaman pohon di lingkungan sekolah dengan penghitungan matematika untuk mengukur berapa pohon yang dibutuhkan untuk mencukupi kebutuhan udara bersih di lingkungan sekolah (Yusuf dkk, 2018).

KESIMPULAN

Go Green school merupakan program SMK yang dapat diterapkan kepada seluruh warga sekolah. Upaya dalam mengembangkan dan menjaga lingkungan sekolah yang dapat dilakukan diantaranya dengan: *Green Transportation*, *Green Water*, *Green Energy*. *Green* transportasi merupakan upaya yang dapat digunakan untuk lebih ramah lingkungan misalkan dengan memanfaatkan transportasi umum sebagai sarana prasarana ke sekolah. *Green water* merupakan proses pemanfaatan sumber daya air yang dapat digunakan untuk menjaga kestabilan lingkungan. *Green* energi merupakan upaya yang dapat dilakukan sebagai memanfaatkan sumber energi yang ramah lingkungan. Program ini dapat mendukung pembangunan berkelanjutan SMK atau ketahanan energi nasional. Seiring perkembangan zaman, guru dapat melatih peserta didik SMK untuk hemat energi demi mencukupi kebutuhan masa depan. Baik energi yang dapat diperbarui maupun energi yang tidak dapat diperbarui karena membutuhkan waktu yang cukup lama untuk dapat menghasilkan energi baru sebagai penunjang kebutuhan manusia di masa yang akan mendatang. Selama ini penelitian tentang implementasi *go green school* di Indonesia sebatas penerapan kebijakan berupa menjaga kebersihan lingkungan sekolah dan penanaman beberapa pohon di lingkungan sekolah. Berbeda dengan peranan perguruan tinggi di Indonesia yang sudah mencapai target implementasi kampus hijau dalam bidang *green transportation*, dan *Green energy* yang diterapkan melalui berbagai kebijakan kampus. Gerakan *Go Green* sudah lama digaungkan oleh pemerintah dan masyarakat Indonesia, tapi implementasi yang diterapkan belum begitu menyeluruh terutama di beberapa instansi Pendidikan apalagi di sekolah Indonesia melalui program sekolah adiwiyata. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu penelitian tentang efektivitas kebijakan *go green school* di Indonesia.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berperan dalam penelitian, baik dalam bentuk support dana, perizinan, konsultan, maupun membantu dalam pengambilan data, khususnya kepada SMK Boedi Oetomo 2 Gandungmangu. Pada bagian ini dapat dituliskan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat dalam penelitian atau kepada pemberi dana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Permana. (2022). Mengenal Berbagai Program Studi di ITB Lewat Hasil Penelitian di Bidang Ketahanan Pangan dan Energi. Diakses tanggal 26 Oktober 2022, dari <https://www.itb.ac.id/news/read/58703/home/mengenal-berbagai-program-studi-di-itb-lewat-hasil-penelitian-di-bidang-ketahanan-pangan-dan-energi>
- Azhar, Muhammad & Satriawan, Dendy Adam. (2018). Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional. *Administrative Law & Governance Journal*, 2621-2781.

- Azrai, E., Sigit, D, & Puji, M. (2017). The Correlation Between Environmental Awareness and Students Participation in Go Green School Activity At Adiwiyata's School. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi* (BIOSFERJPB), 7-11.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2021*. Diakses tanggal 26 Oktober 2022, dari <https://www.bps.go.id/publication/2021/11/30/2639657be1e8bd2548469f0f/statistik-lingkungan-hidup-indonesia-2021.html>
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Kepadatan Penduduk menurut Provinsi (jiwa/km²), 2019-2021*. Diakses tanggal 26 Oktober 2022, dari <https://www.bps.go.id/indicator/12/141/1/kepadatan-penduduk-menurut-provinsi.html>
- Dewan Energi Nasional Republik Indonesia. (2019). *Buku Ketahanan Energi*. Diakses tanggal 26 Oktober 2022, dari <https://den.go.id/index.php/publikasi/documentread?doc=buku-ketahanan-energi-2019.pdf>
- Fakultas Teknik UGM. (2019). *Positron*. Fakultas Teknik UGM.
- Hidayat, S.I. (2017, Maret). *Green City: Solusi Problematika Perkotaan Dalam Dimensi Pembangunan Berkelanjutan*. *Prosiding Seminar Pasca UNAND*, 567-575.
- Intari, D.E, dkk.(2020). Penerapan Green Transportation Terhadap Kebutuhan Ruang Parkir Fakultas Teknik Untirta Dalam Rangka Menuju Kampus Hijau dan Berkelanjutan. *Jurnal Fondasi*, Volume 9 No 2 2020, 165-174.
- Institut Pertanian Bogor. (2020). *Green Transportation*, IPB. Diakses tanggal 30 Oktober 2022 dari <https://psmej.ipb.ac.id/index.php/2016/05/21/green-transportation-ipb/>
- Jamaluddin, Jihan. (2018). *Strategi Penerapan Konsep Green City Di Kota Makassar*. http://digilib.unhas.ac.id/uploaded_files/temporary/DigitalCollection/NjI4MThhMTEwZmY3ZjQ5ZjgwNWNiMmRINzU3OTg0MGVjZWlWNTExNTEwNg==.pdf
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2008). *Masalah Energi Merupakan Permasalahan Seluruh Bangsa*. Diakses tanggal 26 Oktober 2022, dari <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/masalah-energi-merupakan-permasalahan-seluruh-bangsa>
- Kementerian Luar Negeri Republik Indonesia. (2019). *Isu Khusus Sustainable Energy dan Upaya Ketahanan Energi Nasional*. Diakses tanggal 26 Oktober 2022, dari https://kemlu.go.id/portal/id/read/171/halaman_list_lainnya/sustainable-energy-dan-upaya-ketahanan-energi-nasional
- Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi. (2021). *Menciptakan Sekolah Hijau di masa Pandemi*. Diakses tanggal 6 November 2022, dari <https://smk.kemdikbud.go.id/konten/4819/menciptakan-sekolah-hijau-di-masa-pandemi>
- Kristiawan, M., Maryanti, N., & Fitria, H. (2019). Membangun Karakter Peserta Didik Melalui Green School di SMK Negeri 2 Muara Enim. *Jurnal Manajemen, Kepemimpinan, Dan Supervisi Pendidikan*, 4(2), 210-217.
- Medcom. (2022). *Terapkan Green Transportation*, UNNES sediakan 5 Shuttle Listrik. Diakses tanggal 30 Oktober 2022 dari <https://www.medcom.id/pendidikan/news-pendidikan/GNGmyQrk-terapkan-green-transportation-unnes-sediakan-5-shuttle-listrik>
- Mungkasa, Oswar. (2007). *Sekolah Hijau*. Jakarta: Kehati.
- Qodriyatun, S.N. (2021). *Green Energy dan Target Pengurangan Emisi*. Puslit BKD, Vol. XIII, No.6/III/Puslit/Maret/2021, 13-18.
- Rizal. (2022). *Penggunaan Energi Hijau Penting Untuk Dipraktekkan dalam Dunia Industri*. Diakses tanggal 7 November 2022 dari <https://wargamasyarakat.org/penggunaan-energi-hijau-penting-untuk-dipraktekkan-dalam-dunia-industri/>
- Rohayati, L., Nurastuti, N., & Sari, W.(2022), Persepsi Siswa SMK Mengenai Tingkat Pemenuhan Green Skills Dalam Pembelajaran Praktikum Pengolahan Kue Bekatul. *Jurnal EDUFORTECH*, 7(1).
- Angelia, Tisa. (2017). *Konsep Pengembangan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Fungsi Ekologis Penyerap Air Hujan di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya*. Thesis. ITS Surabaya
- Universitas Negeri Semarang. (2013). *Mewujudkan kampus humanis lewat Transportasi Ramah Lingkungan*. Diakses tanggal 30 Oktober 2022 dari <https://unnes.ac.id/berita/wujudkan-kampus-humanis-melalui-transportasi-hijau.html>
- Yusuf, Nilawaty., Wunarnan, Irwan., & Rizqi, Sultan A.A.F. (2018). Madrasah Hijau Menuju Kota Hijau. *Jurnal Teknik*, Vol 16 No.2 1693-6191.
- Yunus, M. & Mitrohardjono, M. (2019). Pengembangan Program Peduli Lingkungan Hidup (Green School) Pada SMP Islam Plus Baitul Maal. *Jurnal Tahdzibi*, Volume 4 No 2, 95-102.
- Zed, Mestika.(2008). *Metode Penelitian Kepustakaan*. Jakarta : Yayasan Obor Indonesia

Fasies Sedimen Kuartar Kaitannya Dengan Potensi Likuefaksi Di Kawasan Das Cimanuk, Indramayu, Jawa Barat

Rifki Asrul Sani¹, Eko Soebowo², Imam A. Sadisun³

¹Politeknik Batulicin, ²Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Bandung,

³Institut Teknologi Bandung

Email: kang.sani.geologi@gmail.com¹, ekosoebowo@gmail.com², iasadisun@itb.ac.id³

ABSTRACT

The lower Cimanuk catchment area which will be developed as industrial area is dominated by Quaternary deposits which are susceptible against liquefaction if large earthquakes occurred. The presence of Subang, Cirebon 1 and Cirebon 2 active fault segments will trigger earthquake which potentially liquefaction. This study aims to characterize the type of sedimentary facies induced liquefaction hazard in the lower Cimanuk catchment area, Indramayu, West Java. This research methods consist of borehole description and sedimentary facies analysis based on CPT and CPTu data with cone resistance (qt) corrected value, friction ratio (Fr), laboratory analysis and liquefaction potential based on SNI 1726:2019, which is deterministic and 2,500 years return period PGA value. Based on facies association analysis there are three facies that developed in the study area. First, delta plain facies consisting of fluvial sands, silt and clay. Second, delta front facies consisting of beach ridge sands and sandy silt. Third, silt and clay prodelta facies. Liquefaction potential analysis based on N-SPT, CPT and CPTu data shows that almost all test point are potentially liquefied, especially beach ridge sands and silty sand delta front facies. Liquefaction potential is more in the northern region of the study area, caused by the low density of sand and sandy sediments (N-SPT value < 10 or qc < 6,000 kPa).

Keywords: liquefaction potential, quaternary sediment, sediment facies

INTISARI

Kawasan DAS Cimanuk bagian hilir yang akan dikembangkan sebagai kawasan industri didominasi oleh endapan Kuartar yang rentan terhadap ancaman bahaya likuefaksi apabila terjadi guncangan gempa besar. Terdapat segmen sesar aktif Subang, Cirebon 1 dan Cirebon 2 akan memicu kejadian gempa yang berpotensi terhadap kejadian likuefaksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi tipe fasies sedimen kaitannya dengan ancaman bahaya likuefaksi pada DAS Cimanuk bagian hilir, Indramayu, Jawa Barat. Metode penelitian meliputi deskripsi inti bor teknik dan analisa fasies sedimen berdasarkan data CPT dan CPTu dari nilai koreksi resistensi kerucut (qt), gesekan lengan (Fr), analisis laboratorium dan analisis potensi likuefaksi dengan skenario PGA berdasarkan SNI 1726:2019 yakni nilai PGA deterministik dan periode ulang 2.500 tahun. Berdasarkan hasil analisis asosiasi fasies sedimen terdapat tiga fasies yang berkembang di daerah penelitian. Pertama, fasies delta plain yang terdiri dari pasir endapan sungai, lanau dan lempung. Kedua, fasies delta front yang terdiri dari pasir pematang pantai dan lanau pasir. Ketiga, fasies lanau dan lempung prodelta. Analisis potensi likuefaksi berdasarkan data N-SPT, CPT, dan CPTu menunjukkan bahwa hampir keseluruhan titik uji berpotensi likuefaksi, terutama fasies pasir pematang pantai dan lanau pasir delta front. Potensi likuefaksi lebih banyak berada pada wilayah utara daerah penelitian, yang disebabkan oleh rendahnya tingkat kepadatan sedimen pasir dan pasir (nilai N-SPT < 10 atau qc < 6.000 kPa).

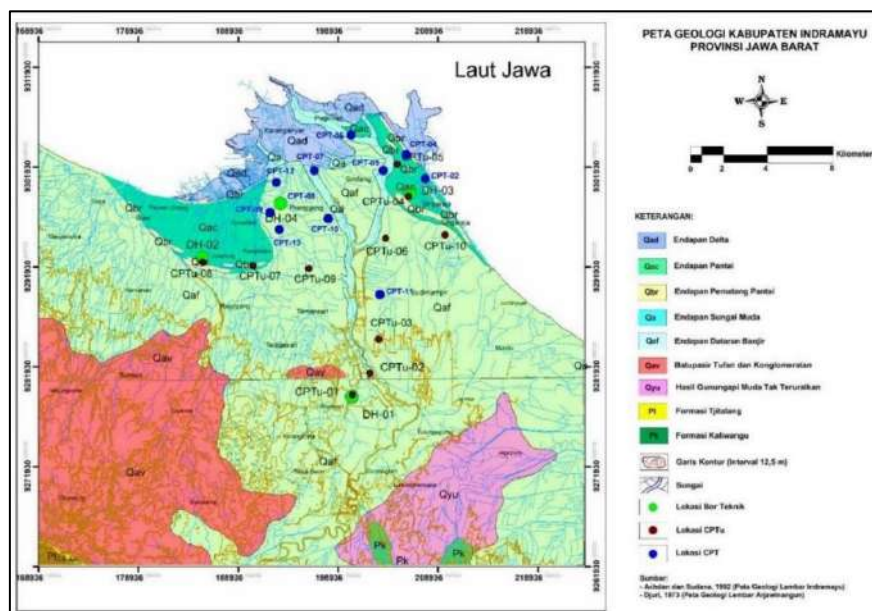
Kata kunci: fasies sedimen, potensi likuefaksi, sedimen kuartar

PENDAHULUAN

Berdasarkan hasil riset dan studi Pusat Gempa Nasional tahun 2017 (Irsyam dkk., 2017), kawasan DAS Cimanuk bagian hilir di Kabupaten Indramayu yang akan dikembangkan sebagai Kawasan Industri berada pada tiga zona segmen sesar aktif. Ketiga segmen sesar aktif tersebut memiliki besaran magnitudo yang berbeda, di antaranya segmen sesar Subang dengan skala 6,5 Mw, segmen sesar Cirebon 1 dengan skala 6,2 Mw, dan segmen sesar Cirebon 2 dengan skala 6,5 Mw. Kejadian Gempa yang merusak di Indramayu dan sekitarnya pernah terjadi tahun 1847 (Nguyen dkk., 2015), yang kemungkinan terjadi fenomena likuefaksi. Secara umum, Indramayu termasuk

kedalam wilayah atau zona yang rentan terhadap bahaya geologi berupa likuefaksi (Batu dan Hidayat, 2011; Buana dkk., 2019; Sani dkk., 2020).

Secara geologi, Kabupaten Indramayu dan sekitarnya (Gambar 1) disusun oleh sedimen Kuartar yang berumur Plistosen - Holosen, terdiri dari batupasir tufan dan konglomerat, endapan dataran banjir, endapan sungai muda, endapan pematang pantai, endapan pantai, dan endapan delta (Djuri, 1973; Achdan dan Sudana, 1992). Endapan dataran banjir menempati wilayah terluas dibandingkan sedimen yang lainnya ($\pm 70\%$) berupa lempung pasiran dan pasir lempungan (sebagian tufan). Dengan mempertimbangkan kondisi geologi berupa sedimen Kuartar yang belum terkonsolidasi dan berada pada daerah rawan guncangan gempa, maka pengetahuan mengenai karakteristik geologi teknik bawah permukaan penting untuk diketahui (Soebowo, 2016).



Gambar 1. Peta geologi daerah studi dan lokasi bortechnik dan CPTu / CPT.

METODE

Analisis Fasies Sedimen

Analisis fasies mengacu pada model serta metode penelitian pada endapan sungai dan pantai (delta) seperti Amorosi dan Marchi (1999), Lafuerza dkk. (2005), De Mio dan Giacheti (2006), Styllas (2014), Iqbal dkk. (2016), Satriyo (2017) dan Sani dkk. (2020). Analisis pola kurva CPT-CPTu menggunakan metode Robertson dan Wride (1998). Analisis ini dilakukan untuk mengetahui fasies sedimen yang berkembang di daerah penelitian. Asosiasi litologi yang hadir di setiap inti bor akan dibandingkan dengan pola kurva CPT-CPTu, kemudian akan mencerminkan sebaran asosiasi fasies sedimen (Styllas, 2014).

Secara ringkas, metode yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga kegiatan, yaitu; pertama, kegiatan di studio untuk mendapatkan gambaran mengenai daerah penelitian dengan memanfaatkan data-data sekunder seperti penelitian terdahulu terkait kondisi geologi dan geologi teknik daerah Indramayu dan sekitarnya semisal peta geologi dan publikasi ilmiah terkait. Acuan yang digunakan akan membantu dalam proses interpretasi geologi bawah permukaan serta karakteristik keteknikan sedimen pada daerah penelitian.

Kedua, kegiatan di lapangan berupa pengamatan hasil pemboran geologi teknik, yakni uji SPT pada 4 titik bor dan uji penetrasi konus (13 titik uji CPT dan 10 titik uji CPTu). Terakhir, kegiatan di laboratorium seperti analisis besar butir, hidrometer, batas-batas *Atterberg* (Batas Cair, Batas Plastis dan Indeks Plastisitas), dan klasifikasi USCS untuk mendapatkan parameter sifat fisik dan mekanik tanah. Seluruh uji laboratorium dilakukan di Laboratorium Geomekanika Pusat Geoteknologi BRIN Bandung.

Analisis Potensi likuefaksi

Dalam Analisa potensi likuefaksi, nilai PGA yang digunakan dari Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia tahun 2017 (Irsyam dkk., 2017) yakni 0,15 g (deterministik) dan 0,3 g (periode ulang 2.500 tahun) sesuai dengan SNI 1726:2019. Data uji CPT-CPTu dan SPT digunakan untuk

memperoleh nilai rasio tegangan siklik (*Cyclic Stress Ratio-CSR*), rasio hambatan siklik (*Cyclic Resistance Ratio-CRR*) dan faktor keamanan terhadap likuefaksi (*FS_L*). Metode yang digunakan dalam menghitung nilai CSR adalah menurut Kramer (2008) berdasarkan persamaan:

$$CSR = 0,65 \frac{a_{max} \sigma_{vo} r_d}{g \sigma'_{vo} MSF} \dots\dots\dots (1)$$

dengan *a_{max}* percepatan horizontal maksimum pada permukaan lapisan tanah, *g* adalah percepatan gravitasi (9,81 m/s²), *σ_{vo}* adalah tegangan beban vertikal total, *σ'_{vo}* adalah tegangan beban vertikal efektif, *r_d* adalah faktor pengurangan tegangan berdasarkan kedalaman, dan *MSF* adalah skala faktor guncangan (*Magnitude Scaling Factor*). Perhitungan rasio hambatan siklik (CRR) berdasarkan data SPT berdasarkan prosedur Boulanger dan Idriss (2014):

$$CRR_{\sigma'_{v=1 atm}} = \exp \frac{(N_1)_{60,cs}}{14,1} + \left(\frac{(N_1)_{60,cs}}{126} \right)^2 - \left(\frac{(N_1)_{60,cs}}{23,6} \right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60,cs}}{25,4} \right)^4 - 2,8 \dots\dots\dots (2)$$

Perhitungan rasio hambatan siklik (CRR) berdasarkan data CPT-CPTu dengan prosedur Boulanger dan Idriss (2014):

$$CRR_{\sigma'_{v=1 atm}} = \exp \frac{q_{c1Ncs}}{113} + \left(\frac{q_{c1Ncs}}{1000} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1Ncs}}{140} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1Ncs}}{137} \right)^4 - 2,8 \dots\dots\dots (3)$$

Evaluasi potensi likuefaksi diperoleh dari nilai CSR dan CRR yang dihitung berdasarkan fungsi kedalaman (*z*) berdasarkan rumus:

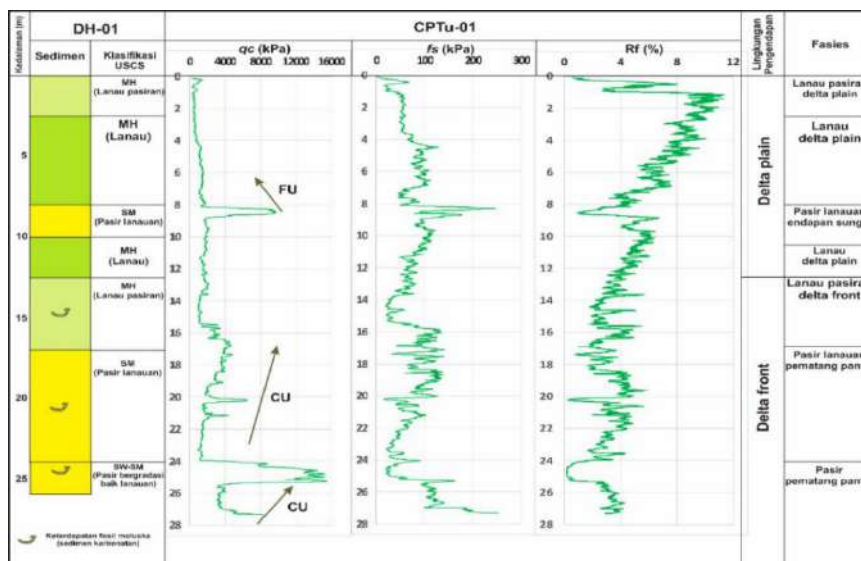
$$FS_L(z) = \frac{CRR(z)}{CSR(z)} \dots\dots\dots (4)$$

Faktor keamanan yang digunakan dalam perhitungan potensi likuefaksi adalah 1.0 dengan menggunakan skenario gempa berbeda sebagai bahan acuan dalam keperluan desain keteknikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Asosiasi Fasies

Interpretasi kualitatif dilakukan pada empat inti bor, 13 kurva CPT, dan 10 kurva CPTu yang berada di daerah penelitian. CPTu-01 diikat dengan bor DH-01 (Gambar 2), CPTu-08 diikat dengan bor DH-02, CPTu-04 diikat dengan bor DH-03, dan CPT-08 diikat dengan bor DH-04. Korelasi antara pola kurva CPT-CPTu dengan pemboran teknik akan membantu pengamatan pola kurva CPT-CPTu lainnya. Berdasarkan asosiasi litologi yang hadir pada pemboran teknik serta pengamatan pola kurva CPT-CPTu, terdapat tiga fasies yang berkembang di daerah penelitian yakni fasies paparan delta (*delta plain*), muka delta (*delta front*), dan ujung delta (*prodelta*). Ketiga fasies yang berkembang di daerah penelitian memiliki ciri-ciri yang khas baik dari ukuran butir, pola kurva CPT/CPTu, tingkat kepadatan (untuk sedimen pasir), konsistensi (untuk sedimen lanau dan lempung) serta klasifikasi sedimen berdasarkan USCS sebagaimana terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kesebandingan antara DH-01 dengan CPTu-01 untuk penentuan fasies.

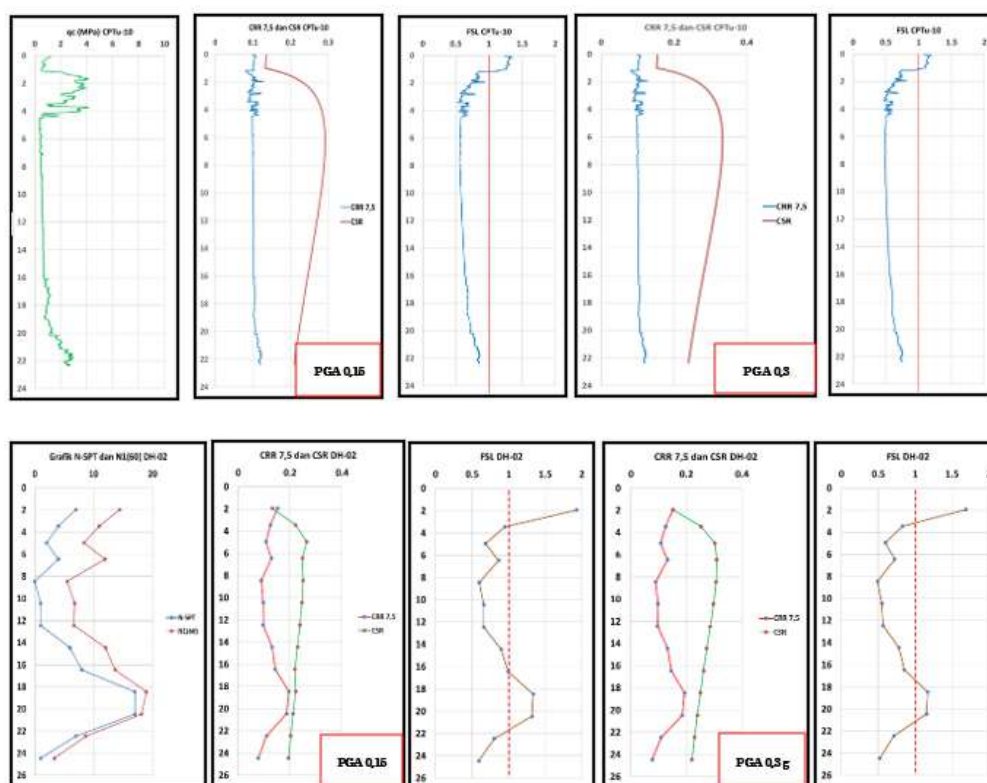
Analisis Potensi Likuefaksi

Pada tabel 1 merupakan karakteristik fasies sedimen yang berkembang di daerah penelitian, sedangkan gambar 3 menunjukkan perubahan rasio tegangan siklik (CSR, beban gempa bumi) 112 Asrul Sani et al., Fasies Sedimen Kuartar Kaitannya Dengan Potensi Likuefaksi Di Kawasan Das Cimanuk, Indramayu, Jawa Barat

dengan rasio hambatan siklik (CRR, kekuatan tanah) serta perubahan nilai faktor keamanan pada titik pengujian CPTu-10 dan DH-02. Pada gambar tersebut terlihat bahwa nilai CSR cenderung mengalami kenaikan mulai dari kedalaman 0 – 6 m sedang CRR dan FSL cenderung mengalami penurunan, kemudian nilai CSR menurun mulai dari kedalaman 6 m sedang CRR dan FSL kebalikannya. Hal tersebut menunjukkan bahwa potensi likuefaksi membesar mulai dari kedalaman 0 – 6 m, kemudian mengecil di kedalaman 6 m sampai kedalaman terakhir pengujian.

Tabel 1. Karakteristik fasies sedimen yang berkembang di daerah penelitian.

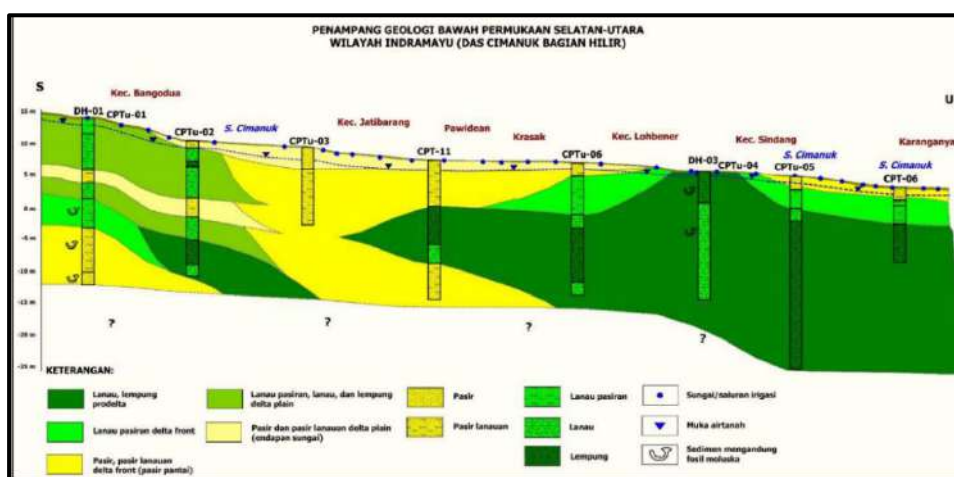
Fasies	q_c (kPa)	N-SPT	Karakteristik sedimen
Fasies <i>delta plain</i> : Pasir endapan sungai (<i>fluvial sands</i>)	2.000 – 12.000	30	Tersusun oleh pasir sangat kasar sampai sangat halus, tingkat kepadatan sedang sampai padat, gradasi buruk, bentuk butir membundar tanggung, SM (klasifikasi USCS), pola kurva CPT menghalus ke atas (FU).
Lanau dan lempung <i>delta plain</i>	700 – 2.000	6 – 29	Tersusun oleh lanau dan lempung dengan sedikit kandungan pasir, konsistensi sedang sampai keras, MH (klasifikasi USCS), pola kurva CPT cenderung silindris atau bergradasi secara teratur.
Fasies <i>delta front</i> : Pasir pematang pantai (<i>beach ridge sands</i>)	500 – 16.000	2 – >53	Tersusun oleh pasir sangat kasar sampai halus, kaya akan cangkang fauna laut, tingkat kepadatan sangat lepas sampai sangat padat, gradasi baik, bentuk butir menyudut sampai membundar, SM dan SW-SM (klasifikasi USCS), pola kurva CPT umumnya mengkasar ke atas (CU) dan beberapa membentuk pola FU (fase transgresi).
Lanau pasiran <i>delta front</i>	300 – 4.900	1 – 37	Tersusun oleh lanau dengan kandungan pasir berukuran butir pasir sedang sampai sangat halus, konsistensi lunak sampai keras, kaya akan cangkang fauna laut, MH (klasifikasi USCS), pola kurva CPT mengkasar ke atas (CU).
Fasies lanau dan lempung <i>prodelta</i>	200 – 3.000	0 – 12	Tersusun oleh lanau dan lempung dengan sedikit kandungan pasir, konsistensi lunak sampai keras, kaya akan cangkang fauna laut, CH dan MH (klasifikasi USCS), pola kurva CPT cenderung rata dan sebagian membentuk pola bergradasi (FU).



Gambar 3. Grafik hasil analisis potensi likuefaksi pada titik uji CPTu-10 dan DH-02.

Diskusi

Berdasarkan kegempaan, daerah penelitian termasuk ke dalam wilayah yang cukup rawan bencana gempa bumi. Secara geologi, daerah penelitian tersusun oleh endapan Kuartar berupa pasir, lanau, dan lempung dengan ketebalan yang bervariasi mulai 0,5 – 15 m serta kondisi kedalaman muka airtanah berkisar antara 0,5 – 2,5 m. Setiap titik uji yang berdekatan dihubungkan untuk memperoleh korelasi geologi bawah permukaan, hasil integrasi data pengeboran teknik dan pola kurva CPT/CPTu. Fasies lanau dan lempung prodelta mendominasi $\pm 65\%$, baik pada wilayah DAS Cimanuk bagian hilir maupun daerah sekitar pesisir pantai utara Kabupaten Indramayu. Gambar 4 menunjukkan perubahan garis pantai daerah penelitian dari pengamatan pola kurva CPT/CPTu dan deskripsi log bor. Interpretasi geologi bawah permukaan mempertimbangkan catatan hasil penelitian terdahulu semisal Tjia dkk. (1968) serta Bird dan Ongkosongo (1980), sehingga dapat disimpulkan bahwa wilayah sekitar titik uji CPTu-03 dan CPT-11 kemungkinan merupakan garis pantai tahun 1857 yang kemudian semakin bergeser semakin ke arah utara.

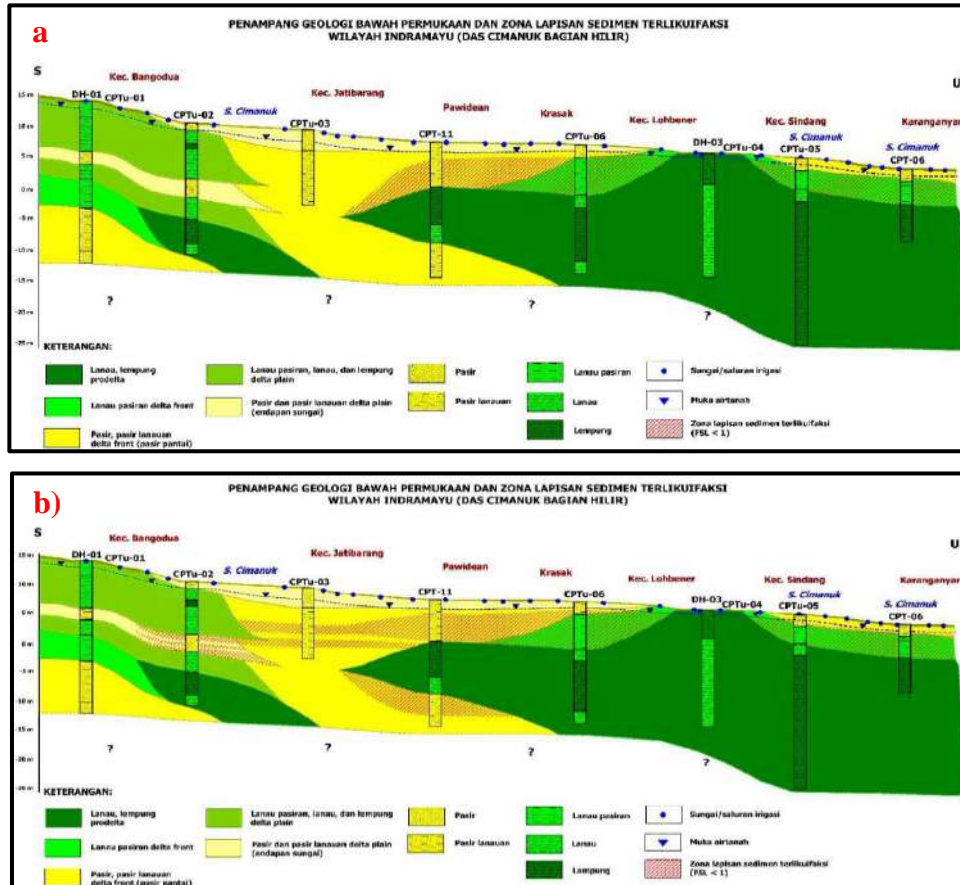


Gambar 4. Korelasi stratifikasi bawah permukaan selatan–utara berdasarkan bor teknik, CPT dan CPTu.

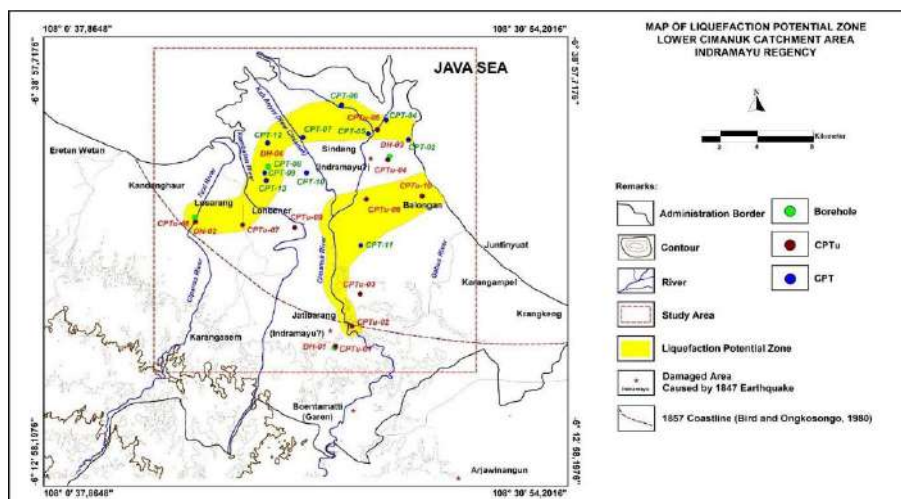
Dalam keadaan jenuh dan terkena efek gempabumi, fasies pasir pematang pantai akan lebih tahan terhadap likuefaksi daripada fasies pasir fluvial (Iqbal, 2013). Fasies pasir pematang pantai memiliki bentuk butir yang relatif menyudut daripada fasies pasir fluvial. Bentuk butir yang relatif menyudut akan menciptakan kontak antar butiran yang panjang (long contact), sementara bentuk butir relatif membundar hanya akan menciptakan kontak butiran di sebagian sisinya (point contact) (Nichols, 2009). Kondisi tersebut menyebabkan kuat geser fasies pasir pematang pantai akan lebih besar daripada fasies pasir fluvial (Bell, 2007). Peristiwa likuefaksi yang terjadi di fasies pasir pematang pantai akan berkaitan dengan ukuran butir pasir yang lebih halus, jenis sedimen SP, N-SPT < 20, dan nilai $q_c < 10$ MPa (Iqbal, 2013). Selain ukuran, bentuk, dan gradasi butir yang dimiliki endapan pasir kaitannya dengan potensi likuefaksi, kandungan butir halus (FC) juga ikut mempengaruhi suatu endapan pasir memiliki potensi likuefaksi yang kecil atau besar. Sedimen dengan kandungan FC $\geq 50\%$ (pasiran) berpotensi likuefaksi pada kedalaman sampai ± 9 m dengan kondisi karakteristik sedimen yang spesifik (Boulanger dan Idriss, 2014). Lapisan pasir dan pasiran yang berpotensi likuefaksi (FSL < 1) pada daerah penelitian memiliki nilai N-SPT < 10 ((N1)60) < 15) atau $q_c < 6$ MPa (6.000 kPa), terjadi baik pada fasies pasir endapan sungai (fluvial) maupun fasies pasir pantai (pematang pantai) dan fasies lanau pasiran delta front.

Gempa dengan kekuatan 6,5 Mw yang bersumber dari sesar aktif Baribis-Subang berdasarkan hasil analisis dalam penelitian ini berpotensi memicu likuefaksi pada lapisan pasir dan pasiran daerah penelitian. Potensi likuefaksi berdasarkan pada nilai faktor keamanan terhadap likuefaksi (FSL) < 1 yang lebih banyak terjadi fasies pasir pematang pantai (beach ridge sands) dan fasies lanau pasiran delta front. Kedua fasies tersebut memiliki tingkat kepadatan yang lepas sampai sangat lepas (N-SPT < 10 atau $q_c < 6$ MPa/6.000 kPa), karakteristik butiran yang halus (pasir sedang sampai sangat halus), dan jenis sedimen SM (DH-02 kedalaman 0 – 5 m) atau MH (DH-04 kedalaman 2,5 – 7 m). Potensi likuefaksi pada daerah penelitian lebih banyak dipengaruhi oleh karakteristik mekanik yang spesifik, yakni nilai N-SPT atau tahanan konus (q_c). Kandungan butir halus (FC) sedimen pasir dan pasiran serta kedalaman potensi likuefaksi selaras dengan yang dikemukakan Boulanger dan Idriss (2014).

Gambar 5 menunjukkan profil penampang stratifikasi (geologi bawah permukaan) selatan – utara dengan lapisan sedimen berpotensi likuefaksi ($FSL < 1$) dan Gambar 6 menunjukkan profil penampang arah barat – timur. Berdasarkan hasil analisis nilai faktor keamanan terhadap likuefaksi, nilai PGA 0,3 g menghasilkan zona lapisan terlikuefaksi yang lebih banyak dibandingkan nilai PGA lainnya. Hal ini disebabkan oleh nilai rasio tegangan siklik (CSR) yang besar. Sementara itu, Gambar 6 menunjukkan gambaran umum wilayah DAS Cimanuk bagian hilir yang berpotensi likuefaksi apabila terjadi gempa besar yang mirip dengan kejadian gempa tahun 1847.



Gambar 5. Profil penampang selatan-utara perbandingan zona lapisan sedimen terlikuefaksi atau berpotensi likuefaksi di daerah penelitian. a) PGA 0,15 g dan b) PGA 0,3 g.



Gambar 6. Peta zona potensi likuefaksi pada wilayah DAS Cimanuk bagian hilir Kabupaten Indramayu.

KESIMPULAN

Fasies yang berkembang di daerah penelitian berdasarkan interpretasi kesebandingan pola kurva CPT dan CPTu dengan titik bor adalah fasies paparan delta (delta plain), muka delta (delta front), dan ujung delta (prodelta). Fasies tersebut berkembang pada seluruh daerah penelitian seiring dengan perubahan garis pantai. Fasies lanau dan lempung prodelta paling banyak ditemukan di daerah penelitian, terutama pada wilayah bagian utara.

Secara umum, sedimen pasir (fasies pasir fluvial dan pasir pematang pantai) dan pasir (fasies lanau pasir delta front) di daerah penelitian berpotensi terhadap likuifaksi baik analisis dengan menggunakan data SPT maupun CPT/CPTu. Potensi likuifaksi lebih banyak berada pada wilayah utara daerah penelitian, yang disebabkan oleh rendahnya tingkat kepadatan sedimen pasir dan pasir (nilai N-SPT < 10 atau qc < 6.000 kPa).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan RI yang telah memberikan kesempatan melanjutkan studi pascasarjana serta bantuan dana penelitian serta Pusat Penelitian Geoteknologi BRIN Bandung atas kesempatan dan kepercayaan untuk melakukan penelitian ini.

KESIMPULAN

Simpulan berisi rangkuman singkat atas hasil penelitian dan pembahasan. Simpulan adalah temuan penelitian yang berupa jawaban atas tujuan penelitian Berdasarkan hal tersebut dapat dikembangkan pokok-pokok pikiran baru yang merupakan esensi dari temuan penelitian. Hasil penelitian memberikan saran/kontribusi terhadap aplikasi dan/atau pengembangan ilmu. Simpulan dan saran dipaparkan dalam bentuk paragraf, antara 5-10% total panjang naskah.

DAFTAR PUSTAKA

- Achdan, A. dan Sudana, D. (1992). *Peta geologi lembar Indramayu*, Jawa Barat. Bandung, Badan Geologi.
- Amorosi, A. dan Marchi, N. (1999). High resolution sequence stratigraphy from piezotest: an example from Late Quaternary deposits of the southeastern Po Plain. *Sedimentary Geology*, Elsevier, 128, 67-81.
- Batu, U. M. L dan Hidayat, S. (2011). Geologi bawah permukaan kaitannya dengan potensi pelulukan likuifaksi di daerah Eretan dan Losarang, Jawa Barat. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 21, 109-124.
- Bell, F. G., (2007). *Engineering Geology*, second edition. Butterworth-Heinemann, Elsevier Ltd., Jordan Hill, Oxford.
- Bird, E. C. F. dan Ongkosongo, O. S. R. (1980). Environmental changes on the coasts of Indonesia. The United Nation University, Tokyo.
- Boulanger, R. W. dan Idriss, I. M. (2014). *CPT and SPT based liquefaction triggering procedures*. Department of Civil and Environmental Engineering, University of California.
- Buana, T. W., Hermawan, W., Rahdiana, R. N., Widyaningrum, R., Wahyudin, Hasibuan, G., Wiyono, dan Solly, W. P. (2019). Atlas zona kerentanan likuifaksi Indonesia. Badan Geologi, Bandung.
- De Mio, G. dan Giacheti, H. L. (2006). The use of piezotest for high-resolution stratigraphy of Quaternary sediment sequences in the Brazilian coast. *Annals of The Brazilian Academy of Sciences*, 79, 153-170.
- Djuri, M. (1973). Peta geologi lembar Arjawinangun, Jawa Barat. Bandung, Badan Geologi.
- Iqbal, P. (2013). *Fasies dan karakteristik fisik sedimen Kuartar berpotensi likuifaksi di pesisir Kota Padang dan sekitarnya, provinsi Sumatra Barat*. Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.
- Iqbal, P., Soebowo. E., Tohari, A., Sadisun, I. A., dan Nugroho, D. (2016). Interpretasi data CPT untuk stratigrafi kuartar resolusi tinggi daerah pesisir Kota Padang, Sumatra Barat. Dalam Prosiding Geotek Expo Puslit Geoteknologi LIPI, Bandung, Indonesia.
- Irsyam, M., Widiyantoro, S., Natawidjaja, D. H., Meilano, I., Rudyanto, A., Hidayati, S., Triyoso, W., Hanifa, N. R., Djarwadi, D., Faisal, L., dan Sunarjito. (2017). Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

- Kramer, S. L. (2008). *Evaluation of liquefaction hazards in Washington State*. Washington State Transportation Center, Washington, USA.
- Lafuerza, S., Canals, M., Casamor, J. L., dan Devicienci, J. M. (2005). Characterization of deltaic sediment bodies based on in situ CPT/CPTU profiles: A case study of the Llobregat delta plain, Barcelona, Spain. *Marine Geology*, Elsevier, 222, 497-510.
- Nguyen, N., Griffin, J., Cipta, A., dan Cummins, P. R. (2015). *Indonesia's Historical Earthquakes: Modelled examples for improving the national hazard map*. Record 2015/23. Geoscience Australia, Canberra. <http://dx.doi.org/10.11636/Record.2015.023>
- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and Stratigraphy* 2nd edition. John Willey and Sons Ltd., Blackwell Publishing, Chichester, UK.
- Robertson, P. K., dan Wride, C. E. (1998). Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal*, 35, 442-459.
- Sani, R. A., Soebowo, E., dan Sadisun, I. A. (2020). Karakteristik keteknikan sedimen Kuartar kaitannya dengan potensi bahaya geologi di kawasan DAS Cimanuk bagian hilir. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 11, 161-173.
- Satriyo, A. S. (2017). *Analisis karakteristik fisik dan daya dukung sedimen Kuartar di wilayah pesisir Pendungan, Kabupaten Bali Selatan serta kaitannya dengan sebaran fasies*, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.
- SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung.
- Soebowo, E. (2016). Geologi teknik sedimen Kuartar dan bahaya amblesan, likuefaksi di Serangan - Tuban - Tanjung Benoa, Bali. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 26, 41-54.
- Styllas, M. (2014). *A simple approach to define Holocene sequence stratigraphy using borehole and cone penetration test data*. *Sedimentology*, 61, 444-460.
- Tjia, H. D., Asikin, S., dan Atmadja, R. S. (1968). Coastal accretion in western Indonesia. *Bulletin of National Institute of Geology and Mining*, 1, 15-45.

Analisis *Triple Helix* Peran Stakeholder Dalam Meningkatkan Penggunaan Motor Listrik Di Indonesia

Chadziqatun Najilatil Mazda¹, Dwi Agustina Kurniawati², Ira Setyaningsih³

^{1,2,3}UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

mazdacha97@gmail.com¹, dwi.kurniawati@uin-suka.ac.id², ira.setyaningsih@uin-suka.ac.id³

ABSTRACT

In this modern era, the use of electric vehicles is not a new thing. The grand strategy of energy national (GSEN) has fourteen strategic programs to be implemented, one of them is increasing the use of battery- electric vehicles motorized, in order to reduce the imports of fuel oil (BBM) and LPG as well as equitable electrification in Indonesia. This program needs to support by cooperation and role contribution from participants (stakeholders). This study was conducted to determine the role of stakeholders to increasing the use of electric motors in Indonesia. The data collection was carried out through interviews and documentation studies. The analyze data was use miles and hubberman with triple helix methode. The results showed that based on the triple helix analysis, there were 3 stakeholders involved to increasing the use of electric motors in Indonesia. There were universities, industry and government. The universities have a role in conducting research and development for electric motor products, this can be done through final project research or providing research grants the development electric motors topic. The industry has a role in producing electric motors, for example Gesit Companies which produces electric motors, and also raw materials industry and spare part industry as well as component of electric motors. The government has a role in regulations through policies of equitable electrification motor vehicles in Indonesia. One of them is from the Minister of Transportation Regulation (Permenhub) Number 65 of 2020 concerning the conversion of fuel motorcycles into battery-electric motorcycles.

Keywords: *electric motor, government, industry, triple helix, university*

INTISARI

Pada era modern ini, penggunaan kendaraan listrik bukan menjadi hal yang baru. Dalam grand strategy energi nasional (GSEN) terdapat empat belas program strategis yang dijalankan, salah satunya yaitu meningkatkan penggunaan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai. Program tersebut dilakukan guna mengurangi impor bahan bakar minyak (BBM) dan LPG serta pemerataan elektrifikasi di Indonesia. Sehubungan dengan program tersebut, maka diperlukan kerjasama dan peran aktif dari berbagai pihak yang berkepentingan (stakeholder). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui peran stakeholder dalam meningkatkan penggunaan motor listrik di Indonesia menggunakan pendekatan *triple helix*. Proses pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dan studi dokumentasi. Teknik analisa data dilakukan secara kualitatif dengan metode miles dan hubberman menggunakan pendekatan *triple helix*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan konsep *triple helix*, terdapat 3 stakeholder yang terlibat dalam peningkatan penggunaan motor listrik di Indonesia. Antara lain perguruan tinggi, industri dan pemerintah. Perguruan Tinggi memiliki peran dalam melakukan riset dan pengembangan untuk produk motor listrik, hal tersebut dapat dilakukan melalui riset tugas akhir atau pemberian hibah penelitian yang bertema pengembangan motor listrik di Indonesia. Industri memiliki peran dalam memproduksi motor listrik, misalnya Gesit Companies yang memproduksi motor listrik, maupun industri bahan baku serta supplier spare part motor listrik. Adapun pemerintah memiliki peran dalam mengatur regulasi melalui kebijakan yang dibuat terkait penggunaan motor listrik di Indonesia. Misalnya dengan dikeluarkannya Peraturan Menteri Perhubungan (Permenhub) No. 65 Tahun 2020 tentang Konversi Sepeda Motor dengan Penggerak Motor Bakar Menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai.

Kata kunci: *industri, motor listrik, pemerintah, perguruan tinggi, triple helix*

PENDAHULUAN

Pada era modern ini, penggunaan kendaraan listrik bukan menjadi hal yang baru. Telah banyak negara-negara yang menggunakan kendaraan listrik guna mengurangi pemakaian energi fosil serta emisi gas yang dihasilkan. Bahkan diperkirakan pada tahun 2040 jenis kendaraan berbahan bakar minyak tidak akan diproduksi lagi dikarenakan banyak negara yang menerapkan kebijakan

penggantian jenis kendaraan. Seperti Belanda dan Norwegia yang telah merencanakan penghentian penjualan kendaraan berbahan bakar minyak (BBM) pada tahun 2025, kemudian India dan Jerman juga menghentikan penjualan kendaraan berbahan bakar minyak (BBM) pada tahun 2030, disusul oleh negara Skotlandia pada tahun 2032, lalu Inggris dan Perancis yang juga merencanakan penghentian penjualan kendaraan berbahan bakar minyak (BBM) pada tahun 2040. Sementara itu, China memiliki master plan bahwa pada tahun 2025, 20% dari penjualan mobil baru diharuskan berupa jenis kendaraan listrik. Sehingga kebijakan penggantian jenis kendaraan berbahan bakar minyak (BBM) ke kendaraan listrik dilakukan secara hibrid (Ghosal, 2019).

Mengacu pada Peraturan Pemerintah No.79 Tahun 2014, angka presentase penggunaan gas bumi di Indonesia pada tahun 2025 ditargetkan 22%. 25 tahun yang akan datang pada 2050, presentase penggunaan gas bumi tersebut ditargetkan naik 2% menjadi 24% (Umah, 2021). Hal tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan nasional terhadap energi fosil atau gas bumi terus meningkat. Tingginya kebutuhan energi fosil untuk bahan bakar dan terbatasnya jumlah pasokan sumber daya dalam negeri, mendorong pemerintah untuk menetapkan kebijakan energi nasional yang dituangkan dalam grand strategy energi nasional (GSEN) dengan tujuan untuk mewujudkan bauran energi nasional yang berdasarkan prinsip keadilan, berkelanjutan, dan berwawasan lingkungan guna terciptanya ketahanan, kemandirian dan kedaulatan energi.

Dalam grand strategy energi nasional (GSEN) terdapat empat belas program strategis yang dijalankan, salah satunya yaitu meningkatkan penggunaan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (Umah, 2021). Program tersebut dijalankan dengan tujuan untuk mengurangi impor bahan bakar minyak (BBM) dan LPG serta untuk pemerataan elektrifikasi di wilayah Indonesia. Sehingga program peningkatan penggunaan motor listrik berbasis baterai menjadi suatu rencana transisi energi dari energi fosil ke energi baru dan terbarukan (EBT) untuk mencapai Net Zero Emission (NZE) pada tahun 2060. Sesuai dengan road map Net Zero Emission (NZE), pada tahun 2060 ditargetkan terpenuhi bauran EBT sebesar 100% yang mencapai total kapasitas 587 Gigawatt (GW), terdiri atas PLTS 361 GW, PLTA 83 GW, PLTB 39 GW, PLTN 35 GW, PLTBio 37 GW, PLTP 18 GW, dan PLT arus laut 13,4 GW (Priadi, 2022).

Mukhlis dan Judianto pada tahun 2020 melakukan penelitian tentang kajian teknologi pada sepeda motor bertenaga listrik. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pembuatan desain pada motor listrik diperlukan agar motor listrik lebih menarik perhatian pengguna serta memiliki nilai jual yang lebih tinggi di pasaran. Hasil penelitian yang dilakukan di PT. Juara Bike (SELIS Indonesia), Jakarta Utara menunjukkan bahwa desain motor listrik diharapkan mampu bersaing dan tidak kalah menarik jika dibandingkan dengan desain motor berbahan bakar minyak (BBM), serta mampu mengurangi polusi dari emisi motor berbahan bakar minyak tersebut (Mukhlis & Judianto, 2017). Adi, dkk pada tahun 2021 melakukan penelitian tentang status perkembangan sepeda listrik dan motor listrik di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2021 sudah terdapat 64 unit sepeda listrik dan 44 unit motor listrik. Kendaraan tersebut menggunakan 2 dan 3 roda menggunakan sistem penggerak elektrik dengan kapasitas sekitar 180 W sd 4200 W. Adapun motor listrik yang digunakan berkisar antara 87% BLDC. Motor listrik tersebut mempunyai speed sekitar 20 km/jam sd 70 km/jam dengan kapasitas baterai berkisar dari 5,2 Ah sd 70 Ah. Dengan kapasitas baterai tersebut, motor listrik mampu menempuh jarak hingga 15 km sd 200 km. Hasil penelitian tersebut dapat menjadi input bagi pemangku kepentingan (stakeholder) guna merumuskan roadmap pengembangan sepeda/motor listrik di Indonesia dalam memenuhi kebutuhan pengguna dalam negeri (Adi, Kumara, & Agung, 2021).

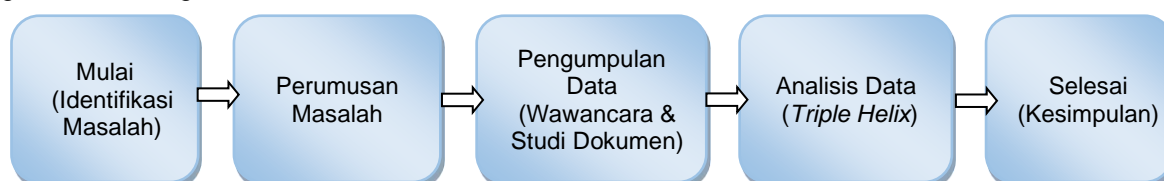
Sehubungan dengan program pemerintah untuk meningkatkan penggunaan motor listrik berbasis baterai serta target-target yang telah disusun dalam Grand Strategy Energi Nasional (GSEN), maka diperlukan kerjasama dan peran aktif dari berbagai pihak yang berkepentingan (stakeholder). *Triple helix* merupakan konsep yang menawarkan keterlibatan pihak yang berkepentingan (stakeholder) dalam suatu unit analisis. Dimana masing-masing stakeholder dapat bertindak sesuai dengan perannya dan berkontribusi dalam meningkatkan penggunaan motor listrik, sehingga kedepannya dapat dihasilkan kebijakan atau upaya yang dapat diterapkan oleh masing-masing pihak. Dengan demikian, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis peran stakeholder dalam meningkatkan penggunaan motor listrik berbasis baterai di Indonesia dengan pendekatan konsep *triple helix*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode kualitatif dengan objek penelitian yaitu penggunaan motor listrik berbasis baterai di Indonesia. proses pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumen dan wawancara. Studi Dokumen dilakukan dengan meninjau dokumen dan referensi-

referensi yang berasal dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, laporan tahunan, berita dan media elektronik ilmiah lainnya yang berhubungan dengan isu energi serta perkembangan motor listrik di Indonesia. Adapun wawancara dilakukan dengan berinteraksi atau berkomunikasi secara langsung kepada informan yang dinilai expert, untuk memperoleh informasi mengenai peran stakeholder dalam meningkatkan penggunaan motor listrik berbasis baterai di Indonesia. Wawancara penelitian ini dilakukan kepada praktisi bidang energi terbarukan.

Data yang sudah terkumpul dilakukan uji keabsahan menggunakan teknik triangulasi, yaitu membandingkan informasi yang diperoleh berdasarkan hasil wawancara dengan hasil studi dokumentasi (Moleong, 2002). Proses analisis data dilakukan dengan model interaktif miles dan hubberman, yaitu teknik analisis yang dilakukan sejak proses pengumpulan data, hingga ke tahap penyajian data, reduksi data dan verifikasi atau penarikan kesimpulan akhir. Dalam proses analisis data tersebut digunakan pendekatan konsep *triple helix*. Tahapan penelitian ini disajikan pada gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Tahapan Penelitian
Sumber: Diolah Peneliti, 2022

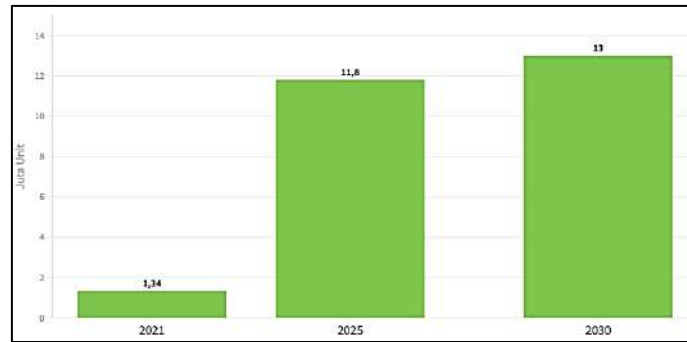
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menganalisis *triple helix* peran *stakeholder* dalam meningkatkan penggunaan motor listrik berbasis baterai di Indonesia, dilakukan dengan menjabarkan kondisi eksisting penggunaan motor listrik di Indonesia. Melalui fenomena yang telah dijabarkan tersebut, kemudian dilakukan analisis bagaimanakah peran stakeholder dalam meningkatkan penggunaan motor listrik dengan pendekatan konsep *triple helix*.

Kondisi eksisting penggunaan motor listrik berbasis baterai di Indonesia menggunakan skema pembelian kendaraan bermotor listrik tanpa baterai. Sehingga baterai yang digunakan adalah dengan konsep tukar menukar baterai (swap baterai) sebagaimana konsep tukar menukar gas LPG. Guna mewujudkan konsep tersebut, terdapat beberapa perusahaan yang bergerak di bidang baterai seperti PT Oyika Powered Solution dan PT. Swap Energi Indonesia yang bersedia dalam memproduksi baterai untuk motor listrik. Dalam prakteknya, pengguna motor listrik apabila daya baterainya sudah hampir habis dapat menuju ke mini market yang menyediakan jasa swap baterai untuk menukar baterainya yang hampir habis dengan baterai yang penuh. Melalui skema tersebut, maka pembelian motor listrik juga bisa lebih murah karena dilakukan tanpa baterai (Kemenhub RI, 2021).

Kendaraan listrik memiliki efisiensi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kendaraan berbahan bakar minyak (Subekti, Sudiby, Susanti, Saputra, & Hartanto, 2014). Motor listrik merupakan salah satu jenis kendaraan listrik yang menjadi alternatif transportasi masa depan guna mengurangi penggunaan bahan bakar minyak (BBM) serta emisi pembakaran. Dalam mendukung penggunaan motor listrik di Indonesia, pemerintah memiliki PR dalam mendorong masyarakat untuk beralih kebiasaan dari kendaraan motor berbasis bahan bakar minyak (BBM) ke kendaraan listrik berbasis baterai. Hal tersebut sebagai salah satu upaya guna akselerasi program strategis nasional elektrifikasi kendaraan bermotor. Upaya tersebut juga diperkuat dengan dikeluarkannya Peraturan Menteri Perhubungan (Permenhub) No. 65 Tahun 2020 tentang Konversi Sepeda Motor dengan Penggerak Motor Bakar Menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai sebagai regulasi program (Kemenhub RI, 2021).

Adanya kebijakan pemerintah tentang konversi sepeda motor dengan penggerak motor bakar menjadi sepeda motor listrik berbasis baterai, memberikan dampak penggunaan motor listrik semakin meningkat dari tahun ke tahun. Bahkan, diprediksi jumlah penggunaan motor listrik di Indonesia mampu mencapai 13 juta unit pada tahun 2030. Adapun grafik proyeksi penggunaan motor listrik di Indonesia dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Proyeksi Jumlah Motor Listrik di Indonesia
Sumber: Direktorat Jenderal EBTKE, 2022

Melalui grafik diatas terlihat bahwa penggunaan motor listrik ditargetkan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Pada tahun 2021 jumlah motor listrik di Indonesia mencapai 1,34 juta unit. Jumlah tersebut diperkirakan akan terus meningkat hingga mencapai 11,8 juta unit pada 2025 dan mencapai 13 juta unit pada tahun 2030. Untuk mengimbangi peningkatan penggunaan motor listrik tersebut, pemerintah juga menargetkan tersedianya 31.859 stasiun pengisian kendaraan listrik umum (SPKLU) dan 67.000 unit stasiun penukaran baterai kendaraan listrik umum (SPBKLU) pada 2030. Melalui skema tersebut, diharapkan dapat menghemat penggunaan bahan bakar minyak (BBM) hingga mencapai 6,03 juta kilo liter (Rizaty, 2022).

Analisis *Triple Helix* Peran Stakeholder Dalam Meningkatkan Penggunaan Motor Listrik Di Indonesia

Pengembangan kendaraan motor listrik berbasis baterai di Indonesia memiliki tantangan tersendiri. Indonesia memiliki cita-cita nasional menjadi salah satu negara pusat industri kendaraan listrik di dunia. Terdapat banyak tantangan yang harus dihadapi dalam mewujudkan cita-cita tersebut. Antara lain pemerintah wajib memberi perhatian khusus terhadap kesiapan industri dalam negeri guna mempersiapkan infrastruktur dan sarana pendukung perkembangan industri listrik nasional (Dahiri, 2021). DPR memiliki fungsi pengawasan yang memantau berjalannya kebijakan pemerintah tersebut. Selain pemerintah dan DPR, upaya meningkatkan penggunaan motor listrik juga memerlukan dukungan masyarakat sebagai sasaran atau pengguna kendaraan. Masyarakat baik yang menggunakan motor untuk kepentingan pribadi maupun untuk ojek online diharuskan mulai beralih ke motor listrik berbasis baterai. Jika hal tersebut sudah dilakukan, maka keberadaan mitra supply tempat penggantian baterai seperti alfa midi maupun SPBU juga mutlak diperlukan, pihak akademisi pun juga dapat berperan dalam penggunaan motor listrik di Indonesia melalui riset dan publikasi inovasi teknologi motor listrik. Dengan demikian, peningkatan penggunaan motor listrik di Indonesia tidak hanya menjadi tugas dari tim pemasaran industri motor listrik saja, namun juga memerlukan peran dari berbagai unsur lainnya.

Triple Helix merupakan satu kesatuan unit analisis yang terdiri atas unsur perguruan tinggi, industri, dan pemerintah. Fungsi utama dari konsep *triple helix* dapat dilihat secara lebih luas melalui generalisasi, diseminasi, dan penggunaan hasil pengetahuan serta inovasi. Hubungan antara perguruan tinggi, industri dan pemerintah mengarah dalam pendekatan *triple helix* sebagai sebuah model inovasi, digambarkan dapat membentuk hubungan timbal balik dalam tahap penciptaan serta penyebaran pengetahuan, yang berkontribusi dalam pembangunan ekonomi. Hal tersebut menjadi penting karena hubungan antara perguruan tinggi dengan perusahaan yang solid dapat menciptakan lingkungan sosial ekonomi yang dinamis dalam mendukung kemajuan pembangunan daerah (Etzkowitz, 2008).

Penggunaan motor listrik di Indonesia memerlukan dukungan dan peran dari berbagai pihak (stakeholder). Upaya perpindahan penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak (BBM) ke kendaraan bermotor listrik (KBL) membutuhkan dukungan pemerintah berupa pemberian insentif untuk industri kendaraan bermotor listrik (KBL) dalam negeri serta meningkatkan infrastruktur penggantian baterai. Pemerintah sebagai pemimpin memiliki peran kepemimpinan sebagai salah satu fungsi manajemen merupakan hal yang sangat penting untuk mencapai tujuan organisasi (Merina & Mazda, 2022). Dalam menjalankan peran kepemimpinannya, pemerintah bertugas mengatur regulasi melalui kebijakan yang dibuat untuk menggunakan motor listrik di Indonesia. Misalnya dengan dikeluarkannya Peraturan Menteri Perhubungan (Permenhub) No. 65 Tahun 2020 tentang Konversi Sepeda Motor dengan Penggerak Motor Bakar Menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai. Untuk

mendukung peran tersebut semakin diperkuat dengan peran DPR dalam menjalankan fungsi pengawasan guna memastikan bahwa insentif pemerintah tepat sasaran dan pembangunan infrastruktur pendukung kendaraan bermotor listrik (KBL) terpenuhi (Wirabrata, 2019).

Dalam perspektif industri, salah satu moda transportasi yang wajib mengikuti program nasional elektrifikasi kendaraan bermotor adalah transportasi online, hal tersebut dikarenakan transportasi online atau ojek online (ojol) memiliki mobilitas yang tinggi sehingga angka permintaan operasi terus meningkat dan penggunaan bahan bakar minyak (BBM) juga terus meningkat. Indonesia siap menerapkan penggunaan motor listrik sebagai transportasi online berdasarkan analisis pada perspektif regulasi, penyediaan daya listrik, sektor industri motor listrik dan insentif. Analisis kelayakan ekonomi menunjukkan bahwa motor listrik lebih ekonomis digunakan oleh driver ojek online (ojol) karena memiliki skor NPV, IRR, dan PP yang lebih tinggi daripada skor NPV, IRR, dan PP motor berbahan bakar minyak (BBM). Meskipun angka PIR motor listrik lebih rendah jika dibandingkan motor berbahan bakar minyak (BBM), penggunaan motor listrik dianggap sebagai solusi yang tepat dalam mendukung ketahanan energi yang memiliki kerangka affordability dan acceptability lebih baik daripada motor berbahan bakar minyak (BBM) (Asti, Supriyadi, & Yusgiantoro, 2020). Dengan peningkatan penggunaan motor listrik di Indonesia, sekaligus menjadi arah gerak perusahaan yang diharuskan mampu menjadi agen pembangunan dalam rangka penyediaan sarana transportasi guna meningkatkan layanan transportasi (Mazda, Putra A, & Dadang A R, 2020). Dalam hal ini, maka industri motor listrik memiliki peran utama sebagai pihak yang memproduksi motor listrik dan menjualnya ke masyarakat sebagai konsumen. Industri diharuskan memiliki tingkat kematangan dalam memproduksi motor listrik di Indonesia. Misalnya pada Gesit *Companies* yang diharuskan menguasai kematangan sistem motor listrik dengan dibuktikan melalui *Technology Readiness Level* (TRL), *Interface Maturity Level* (IML), *System Readiness Level* (SRL), *Design Maturity Level* (DML) serta *Manufacturing Readiness Level* (MRL).

Adapun Perguruan Tinggi memiliki peran dalam melakukan riset dan pengembangan produk motor listrik, hal tersebut dapat dilakukan melalui penelitian mahasiswa atau pemberian hibah penelitian untuk Dosen yang bertema inovasi motor listrik di Indonesia. Sebagai contoh perguruan tinggi dapat melakukan kerjasama melalui program mahasiswa magang di perusahaan, dimana mahasiswa dapat praktek langsung mengenai sistem produksi motor listrik serta menyelesaikan studi kasus sederhana untuk perusahaan. Selain itu, mahasiswa juga dapat melakukan riset tugas akhir baik berupa inovasi maupun ide pengembangan produk motor listrik di Indonesia. Selain mahasiswa, akademisi/ peneliti dalam hal ini Dosen juga dapat berpartisipasi dalam melakukan riset pengembangan. Misalnya ketika perusahaan melakukan *Corporate Social Responsibility* (CSR) dengan memberikan dana riset penelitian yang dapat dilakukan oleh unsur Dosen. Contohnya berupa penelitian tentang pengendalian kualitas motor listrik melalui teknologi kecerdasan buatan berupa smart factory. Sistem tersebut menggunakan teknologi komunikasi antara komputer master dengan kamera digital. Melalui sistem tersebut, data standarisasi produk yang terdapat di komputer master akan dihubungkan dengan kamera digital sebagai pengendali kualitas yang terpasang di dekat produk yang sedang diinspeksi (Mazda, Makhtum, & Putra A, 2019). Dengan demikian, maka upaya pengendalian kualitas atau *quality control* dapat dilakukan lebih mudah dengan bantuan komputerisasi. Selain hal itu, masih banyak lagi tema-tema penelitian yang dapat dielaborasi dan dikembangkan oleh unsur perguruan tinggi / akademisi dalam rangka meningkatkan penggunaan motor listrik di Indonesia.

KESIMPULAN

Melalui pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa berdasarkan analisis *triple helix*, terdapat 3 stakeholder yang terlibat dalam peningkatan penggunaan motor listrik di Indonesia. Antara lain perguruan tinggi, industri dan pemerintah. Perguruan Tinggi memiliki peran dalam melakukan riset dan pengembangan untuk produk motor listrik, hal tersebut dapat dilakukan melalui riset tugas akhir atau pemberian hibah penelitian yang bertema pengembangan motor listrik di Indonesia. Industri memiliki peran dalam memproduksi motor listrik, misalnya Gesit Companies yang memproduksi motor listrik, maupun industri bahan baku serta supplier spare part motor listrik. Adapun pemerintah memiliki peran dalam mengatur regulasi melalui kebijakan yang dibuat terkait penggunaan motor listrik di Indonesia. Misalnya dengan dikeluarkannya Peraturan Menteri Perhubungan (Permenhub) No. 65 Tahun 2020 tentang Konversi Sepeda Motor dengan Penggerak Motor Bakar Menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai.

Melalui hasil penelitian yang ditemukan, sebagai saran yang dapat diberikan adalah hendaknya dilakukan kolaborasi antar *stakeholder* terkait baik dari pemerintah, industri maupun

Perguruan Tinggi dalam upaya meningkatkan penggunaan motor listrik di Indonesia. Sehingga apabila pemerintah memiliki *road map* atau program dalam meningkatkan penggunaan motor listrik di Indonesia, maka hendaknya Industri dan Perguruan Tinggi juga memiliki aksi yang bersinergi dan selaras dengan program pemerintah tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Berlangsungnya penelitian ini tidak terlepas dari dukungan beberapa pihak. Untuk itu, peneliti mengucapkan terimakasih kepada Program Studi Teknik Industri Fakultas SAINS dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta atas support yang telah diberikan serta kepada narasumber penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, I. P., Kumara, I. S., & Agung, I. (2021). Status Perkembangan Sepeda Listrik Dan Motor Listrik Di Indonesia. *Jurnal SPEKTRUM*, Vol. 8, No. 4, 8-19.
- Asti, M., Supriyadi, I., & Yusgiantoro, P. (2020). Analisis Penggunaan Sepeda Motor Listrik Bagi Transportasi Online Terhadap Ketahanan Energi (Studi Pada Gojek). *Jurnal Ketahanan Energi*, Vol. 6, No. 1, 19-38.
- Dahiri, R. (2021). Tantangan dalam Pengembangan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle). *Buletin APBN*, Vol. 6, Ed. 6, 12-15.
- Etzkowitz, H. (2008). *The Triple Helix (University–Industry–Government Innovation in Action)*. New York: Routledge.
- Ghosal, A. (2019, Agustus 5). India unveils ambitious plan to have only electric cars by 2030. Retrieved from India Business Time: <https://www.ibtimes.co.in/>
- Kemhub RI. (2021). Kendaraan Listrik Masa Depan Transportasi Indonesia. Retrieved from Dephub.go.id: <https://dephub.go.id/post/read/kendaraan-listrik-masa-depan-transportasi-indonesia>
- Mazda, C. N., Makhtum, M., & Putra A, I. N. (2019). Pengendalian Kualitas Industri Kreatif Budaya Di Era Industri 4.0 Sebagai Pendukung Ekonomi Pertahanan Negara (Studi Kasus: CV Kayu Manis Yogyakarta). *Seminar Nasional IENACO* (pp. 105-112). Surakarta: UMS.
- Mazda, C. N., Putra A, I. N., & Dadang A R, D. (2020). Strategi Pengembangan Industri PT INKA Terhadap Kesiapan Distribusi Logistik Kewilayahann Dalam Mendukung Sistem Pertahanan Negara. *Jurnal Industri Pertahanan*, Vol. 2, No. 1, 65-80.
- Merina, B., & Mazda, C. N. (2022). Implementasi Teori Kepemimpinan Dalam Pemilihan Pamong Kalurahan Wedomartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta. *Jurnal Enersia Publika*, Vol. 6, No. 1, 30-41.
- Moleong, J. L. (2002). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: Remaja Karya.
- Mukhlis, A., & Judianto, O. (2017). Kajian Teknologi Pada Sepeda Motor Bertenaga Listrik. *Jurnal Inosains* Vol. 12 No. 2, 36-41.
- Pribadi, A. (2022). Pemerintah Kenalkan GSEN pada Presidensi G20 Indonesia. Retrieved from Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE): <https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/02/07/3073/pemerintah.kenalkan.gsen.pada.presidensi.g20.indonesia?lang=en>
- Rizaty, M. A. (2022). Motor Listrik di Indonesia Diproyeksi Mencapai 13 Juta Pada 2030. Retrieved from Data Indonesia.id: <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/motor-listrik-di-indonesia-diproyeksi-mencapai-13-juta-pada-2030>
- Subekti, R. A., Sudiby, H., Susanti, V., Saputra, R. M., & Hartanto, A. (2014). *Peluang dan Tantangan Pengembangan Mobil Listrik Nasional*. Jakarta: LIPI Press.
- Umah, A. (2021). Jokowi Bakal Rilis Perpres Grand Strategi Energi Nasional. Retrieved from CNBC Indonesia: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20210624115820-4-255593/jokowi-bakal-rilis-perpres-grand-strategi-energi-nasional>
- Wirabrata, A. (2019). Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik di Indonesia. *Info Singkat-Bidang Ekonomi dan Kebijakan Publik*, Vol. 11, No. 14, pp. 19-24.). triplr

Analisis Time Series Untuk Deep Learning Dan Prediksi Data Spasial Seismik: Studi Literatur

Eko Nur Cahyo¹, Erma Susanti*²

^{1,2}Jurusan Informatika, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

e-mail : erma@akprind.ac.id

ABSTRACT

Time series analysis is a deep learning method to process data stored in a dense time. This method works for forecast data in particular cases, such as to analyze and provide the output of a trend from the data. Time series analysis can be used to analyze trends in natural disasters such as earthquakes in Indonesia. As technology advances today, in addition to using seismographs or tools to predict seismic phenomena on the earth's surface, time series analysis can be used to make forecasts and predictions. This paper will summarize various literature reviews about time series analysis and previous research to predict seismic spatial data over the last ten years. The goal is to afford the several approaches or algorithms to be able to forecast seismic spatial data to increase awareness. The results of this literature study were used to find trends, state of the arts, and research challenges and develop new models or methods to predict seismic spatial data. The study shows that deep learning methods can achieve better accurate performance in processing seismic spatial data and other complex data than conventional methods. The deep learning methods can use Recurrent Neural Network (RNN), Long Short-Term Memory (LSTM), Gate Recurrent Unit (GRU), linear regression, and Artificial Neural Network (ANN).

Keywords: *deep learning, earthquake, forecasting, spatial data seismic, time series analysis.*

INTISARI

Analisis time series adalah sebuah metode deep learning yang digunakan untuk mengolah data yang tersimpan dalam rentang waktu yang padat. Metode ini biasanya digunakan untuk melakukan peramalan data pada kasus tertentu, seperti untuk melakukan analisa dan memberikan output sebuah tren dari sebuah data. Analisis time series juga dapat digunakan untuk melakukan analisa terhadap tren kejadian bencana alam seperti gempa bumi di Indonesia. Seiring majunya teknologi di masa sekarang, selain menggunakan seismograf atau alat yang digunakan untuk memprediksi gejala seismik yang terjadi di permukaan bumi, analisis time series dapat digunakan untuk melakukan peramalan dan prediksi. Paper ini akan merangkum berbagai literatur review berkaitan dengan analisis time series dan berbagai metode yang pernah digunakan untuk prediksi data spasial seismik selama sepuluh tahun terakhir. Tujuannya untuk dapat menemukan metode ataupun algoritma yang tepat untuk dapat melakukan peramalan data spasial seismik, sehingga dapat meningkatkan kewaspadaan. Hasil studi literatur ini diarahkan untuk dapat menemukan tren, state of the art, tantangan penelitian, dan pengembangan model atau metode baru dalam prediksi data spasial seismik. Hasil studi menunjukkan bahwa metode deep learning seperti Recurrent Neural Network (RNN), Long Short-Term Memory (LSTM), Gate Recurrent Unit (GRU), linear regression, dan Artificial Neural Network (ANN) dapat memberikan kinerja akurasi yang baik untuk mengolah data spasial seismik dan mengolah data kompleks lainnya jika dibandingkan dengan metode konvensional.

Kata kunci: analisis time series, data spasial seismik, deep learning, gempa, peramalan

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan memiliki lebih dari 17.000 pulau yang dilalui oleh jalur pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia (Brilliantina et al., 2021). Dilihat dari letak geografisnya menjadikan Indonesia rawan terhadap gempa bumi karena aktivitas vulkanik maupun aktivitas tektonik bumi. Berdasarkan catatan dari Badan Pusat Statistik (BPS), terdapat 10.519 frekuensi gempa bumi di Indonesia sepanjang tahun 2021. Jumlah tersebut naik 25,7% dibandingkan tahun sebelumnya dengan jumlah 8.368 frekuensi gempa bumi. Peningkatan gempa bumi terbanyak sepanjang 2021 terjadi di Pulau Sulawesi sebanyak 925 kali. Adapun 80,93% kejadian gempa bumi di Indonesia tergolong gempa bumi dengan kekuatan kecil, gempa tersebut kurang dari 40 SR (Rizaty, 2022). Gempa bumi yang terjadi di Indonesia misalnya adalah gempa bumi di zona Graben, Bantul, Yogyakarta pada tanggal

27 Mei 2006 yang menyebabkan kerusakan dan menelan korban jiwa sangat besar (Daryono et al., 2018). Gempa bumi yang diakibatkan oleh meletusnya gunung merapi pada tahun 2010 (Latifiana, 2019). Gempa Lombok yang terjadi pada tahun 2018 yang membawa dampak yang signifikan bagi masyarakat baik fisik, psikologis, maupun sosial (Thoyibah et al., 2020). Masih banyak lagi potensi bencana alam yang mungkin terjadi di Indonesia karena letak geografisnya misalnya letusan gunung berapi, tsunami, tanah longsor, banjir dan penurunan struktur tanah (Ito et al., 2012) (Gunawan et al., 2014) (Anugrah et al., 2015) (Ardika et al., 2015) (Alif et al., 2016) (Gunawan et al., 2017).

Banyaknya kejadian bencana alam seismik mendorong untuk melakukan pengembangan teknologi yang dapat meningkatkan kewaspadaan masyarakat. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah analisis time series. Teknologi ini dapat digunakan untuk melakukan peramalan dan prediksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui berbagai metode yang pernah digunakan oleh peneliti sebelumnya seperti Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbor (K-NN), Naïve Bayes, Probabilistic Neural Network (PNN), kombinasi RNN dan LSTM Layer, dan beberapa model jaringan syaraf lainnya (Muhuri et al., 2020). Algoritma-algoritma tersebut dapat digunakan untuk analisis time series untuk peramalan data spasial seismik ataupun sebagai acuan untuk meningkatkan kewaspadaan masyarakat dalam mengantisipasi adanya bencana alam seismik. Studi literatur perlu dilakukan untuk mengetahui mana algoritma yang memiliki kinerja dengan akurasi yang lebih baik diantara metode lainnya.

Paper ini akan merangkum hasil studi literatur berkaitan dengan perkembangan penelitian analisis time series atau analisis runtun waktu dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir untuk mendeskripsikan tantangan pada penelitian tentang prediksi data spasial seismik. Pada bagian kedua akan dijelaskan tentang metode studi literatur yang digunakan, cakupan review dan struktur review. Bagian ketiga akan membahas tentang beberapa konsep dasar berkaitan dengan analisis time series dan hasil review berbagai pendekatan, metode, algoritma tentang penelitian analisis time series untuk deep learning dan prediksi data spasial seismik. Terakhir bagian keempat akan menjelaskan tentang kesimpulan..

METODE PENELITIAN

Metodologi Review

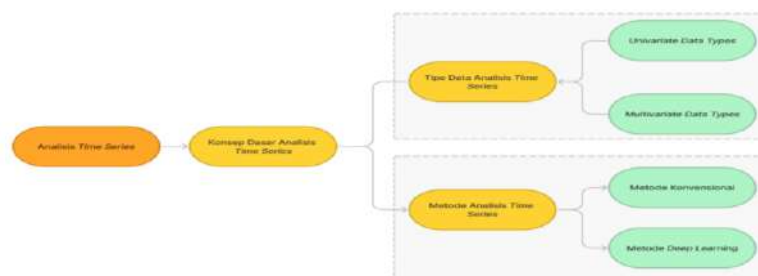
Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur sebagai metode utama. Kajian literatur merupakan ringkasan tertulis mengenai suatu artikel dari jurnal, buku, dan dokumen lain yang digunakan untuk mendukung sebuah studi penelitian. Menghimpun data-data yang relevan dengan kebutuhan penelitian untuk mendukung sebuah penelitian, dengan tujuan analisis untuk memudahkan sebuah penelitian (Habsy, 2017). Penelitian ini mengumpulkan, mempelajari dan menganalisis beberapa literatur yang relevan dengan analisis time series, dengan menggunakan kata kunci '*time series analysis*', '*recurrent neural network*', '*long short-term memory*', '*prediction*', '*forecasting*', dan '*seismik*'.

Cakupan Review

Cakupan pada penelitian ini berfokus pada analisis time series dan penerapannya pada deep learning dan data spasial seismik. Penelitian ini memperhatikan kesamaan antara sumber literatur dengan penelitian yang dilakukan, hal yang diperhatikan adalah langkah pengambilan data time series, proses analisis time series, kesamaan data dan penggunaan algoritma penelitian, dan variasi penggunaan algoritma (Alqahtani et al., 2021).

Struktur Review

Penelitian ini merupakan sebuah studi untuk kasus analisis time series pada deep learning dan data spasial seismik, pada penelitian ini memiliki struktur atau tahapan penelitian yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Tahapan Penelitian

Tahap pertama pada penelitian ini adalah menjelaskan bagaimana analisis time series itu dilakukan yang kemudian menghasilkan sebuah data yang dapat dimengerti oleh khalayak, kemudian tahap yang kedua adalah memberikan penjelasan tentang konsep dasar dari analisis time series yang merupakan konsep dasar bagaimana time series dapat bekerja dan tahap yang terakhir adalah membagi konsep dasar tersebut menjadi tipe data dalam analisis time series yaitu terdapat dua tipe data yaitu *univariate data types* dan *multivariate data types*, kemudian metode analisis time series yang memiliki dua metode yaitu metode konvensional dan metode *deep learning*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Time Series

Analisis time series adalah proses memahami data dengan melakukan analisa terhadap sekumpulan data dari deret waktu dari sebuah pengamatan memiliki interval yang konsisten. Data dikumpulkan kemudian dilakukan analisa kemudian dapat dilihat bahwa terdapat pola yang muncul. Pola tersebut terbagi menjadi tiga jenis pola yaitu tren (*trend*), siklus (*cycle*), dan pola musiman (*seasonal*) (Al'afi et al., 2020). Pola musiman (*seasonal*) adalah pola yang berulang dari waktu ke waktu yang memiliki interval yang teratur dan konsiten. Kemudian berdasarkan pembagian wilayah data (*domain*), data time series dibagi menjadi dua wilayah utama (*domain*) yaitu wilayah waktu (*times domain*) dan wilayah frekuensi (*frequency domain*). Wilayah waktu atau *time domain* melakukan pemeriksaan pada *autocorrelation*, *stationary*, melakukan estimasi terhadap parameter model regresi pada data *time series*, *forecasting* dan *prediction*. Wilayah frekuensi atau *frequency domain* adalah sebuah interval yang ada pada sebuah data time series, yang membentuk pola perekaman pada data tertentu. Pengambilan pola frekuensi tersebut dapat menggunakan metode analisis spektral (Al'afi et al., 2020).

2. Konsep Dasar Analisis Time Series

Time series merupakan deretan atau rangkaian data yang memiliki rentang waktu tertentu yang memiliki interval yang sama. Dalam dunia industri memiliki fungsi sebagai pendukung terhadap keputusan yang akan ditentukan waktu sekarang, untuk proyeksi maupun untuk melakukan peramalan di masa depan. Data time series selalu diawali dengan tanggal mulai dan tanggal berakhir (Azis et al., 2020) dengan tambahan data pendukung lainnya misalnya *magnitude* dan *depth* pada data seismik. Data time series diolah untuk mengetahui trends dan *seasonal variations*. Cara kerja dari pengolahan data time series adalah dengan cara mempelajari data di masa lampau, setelah mendapat trends dari data model akan dapat memberikan peramalan untuk kurun waktu tertentu, karena sebuah data time series memiliki *autocorrelation* atau data di masa depan memiliki nilai yang saling ketergantungan dengan data di masa lalu. Contoh sederhananya adalah analisis *time series* yang digunakan dokter untuk menyediakan alatnya untuk mengevaluasi karakteristik pasien dan mengelola data praktiknya (Azis et al., 2020).

3. Tipe Data Analisis Time Series

Tipe data dalam time series adalah sebuah istilah umum yang dipakai semua jenis data yang memiliki komponen waktu yang bersifat sekuensial. Tipe data ini dapat diartikan sebagai deretan pengamatan atau serangkaian data yang teratur dan terurut yang dibuat dari waktu ke waktu, dan juga memiliki interval waktu yang berkesinambungan. Pemrosesan dan analisis data time series tersebut memerlukan keterampilan khusus dan metode pendukung untuk memahami kompleksitas dari deret data dan untuk menyelidiki proses yang mendasarinya. Tipe data time series dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori yaitu, konsep tipe data *univariate* dan *multivariate* (Alqahtani et al., 2021).

a. Tipe Data *Univariate*

Tipe data *univariate* adalah sebuah deretan data yang hanya berisi satu nilai data per deret waktu yang primitif (Aigner et al., 2011) (Hotz & Peikert, 2014) (Alqahtani et al., 2018) (Zheng et al., 2014). Jenis tipe data ini hanya mempunyai variabel tunggal yang direkam atau diamati dari waktu ke waktu, sehingga tipe data ini dikatakan primitif. Penerapan tipe data ini secara nyata misalnya pada perekaman data suhu kota yang hanya memiliki satu variabel saja yaitu data suhu, penggunaan tipe data ini dimaksudkan untuk memberikan penekanan pada suatu data kasus yang dianggap variabel dependen yang bergantung pada setiap data waktu yang teratur, sehingga data suhu tersebut dapat diketahui dari waktu ke waktu dan akan

berdampak pada kebijakan yang akan diambil untuk mengurangi peningkatan suhu yang drastis.

b. Tipe Data *Multivariate*

Tipe data multivariate merupakan suatu sekumpulan time series dengan timestamps yang sama dan dimungkinkan untuk memiliki beberapa variabel (Aigner et al., 2011) (Hotz & Peikert, 2014) (Alqahtani et al., 2018) (Zheng et al., 2014). Jenis tipe data time series ini merupakan sebuah deret variabel yang berupa angka pada setiap time series point dan tipe data ini dapat berupa sekumpulan beberapa tipe data univariate yang ditampung dari waktu ke waktu. Penggunaannya secara nyata adalah pengembangan dari tipe data univariate yaitu pembacaan suhu dan tekanan (Alqahtani et al., 2021), pada kasus tersebut dimungkinkan memiliki beberapa variabel yang dapat dikumpulkan yaitu data suhu, data tekanan dan data timestamps. Data time series adalah sekumpulan pengamatan yang teratur dan merupakan serangkaian titik data yang dibuat secara sekuensial dari waktu ke waktu, jenis tipe data deret waktu multivariate khusus ini berguna di bidang-bidang seperti biologi, kedokteran, keuangan, animasi, (Alqahtani et al., 2021) dan tidak menutup kemungkinan untuk dapat relevan di berbagai bidang lainnya. Penggunaan metode ini misalnya dalam bidang kesehatan yaitu tenaga medis menggunakan data time series untuk pengukuran tekanan darah pasien dari waktu ke waktu kemudian data tersebut digunakan untuk memahami riwayat pemeriksaan pasien dan menangani kasus dengan baik (Cho et al., 2014). Selain itu, data time series dengan tipe data multivariate ini dapat digunakan dalam bidang keuangan untuk mencatat data transaksi yang mencakup data dari waktu ke waktu, pencatatan data pada pasar saham, dan pasar keuangan internasional, kemudian data tersebut dapat digunakan untuk melakukan analisis, memahami data dan melakukan prediksi, sehingga didapatkan korelasi antara data pasar dan hipotesis uji sehingga dapat menentukan kebijakan yang tepat pada bisnis (Alqahtani et al., 2021). Tipe data ini juga dapat digunakan untuk melakukan pencatatan untuk data seismik yang dapat mencatat beberapa data univariate, pada kasus ini misalnya adalah data gempa bumi, data yang dapat dicatat adalah data magnitudo, data kedalaman gempa, dan data timestamps. Pengolahan dan pencatatan data tersebut dapat memudahkan untuk pengambilan keputusan terhadap masalah gempa bumi pada daerah tertentu yang dianggap rawan terjadi gempa bumi.

4. Metode Analisis *Time Series*

Penelitian ini menggunakan dua metode yang dari segi karakteristiknya cukup berbeda yaitu menggunakan metode konvensional pada metode ini menggunakan metode yang berdasarkan teori-teori matematika dan statistika yang cukup mendasar sedangkan metode yang kedua adalah metode deep learning yang sedang marak saat ini penggunaannya dalam analisis data time series khususnya untuk data spasial seismik.

a. Metode Konvensional

Penelitian yang dilakukan oleh Susilo (Susilo et al., 2017) menggunakan metode co-seismic deformation yang mengolah data time series dari parameter gempa bumi dan dihitung menggunakan model spherical berlapis (Pollitz, 1996). Metode penelitian yang dipakai juga adalah continuous GPS (cGPS) yang digunakan untuk melakukan perkiraan deformasi co-seismic, dan kemudian hasilnya dianalisis menggunakan root mean square error (rmse) dari residual co-seismic. Hasil persebaran data tersebut kemudian ditandai dengan heatmap dengan parameter kedalaman gempa bumi (earthquake depth) untuk tingkat kedalaman gempa bumi.

Penelitian yang dilakukan oleh Min Lin (Lin et al., 2020) menggunakan cross-correlation atau korelasi silang untuk mengetahui hubungan antara data spasial seismik temporal dengan data spasial menggunakan metode *detrended cross-correlation analysis* (DCCA) dan *temporal evolution of detrended cross-correlation analysis* (TDCCA). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data inter-earthquakes times (IET) dan *inter-earthquakes distances* (IED) yang terjadi secara temporal pada wilayah California dan Sumatera dari tahun 1990 sampai dengan 2013. Kemudian dari pengolahan data tersebut diambil kesimpulan bahwa melalui metode korelasi silang ditemukan adanya hubungan korelasi silang antara IET dan IED, dan ditemukan juga koefisien korelasi silang DCCA yang menunjukkan signifikan positif yang memiliki perubahan skala, kemudian TDCCA juga menunjukkan korelasi silang pada ukuran skala ukuran jendela yang masing-masing memiliki perbedaan. Tingkat korelasi silang antara IET dan IED yang kuat ketika terjadi gempa besar, sedangkan korelasi silang lemah tidak ditemukan.

Penelitian Hiro Nimiya (Nimiya et al., 2017) melakukan penelitian pada *earthquake faults and volcanoes* yang terjadi di Jepang, menggunakan metode pemetaan data *generic mapping tools*, melakukan perhitungan terhadap data harian dengan *cross-correlations*, melakukan estimasi terhadap seismic velocity change menggunakan *stretching interpolation*, melakukan estimasi terhadap seismic velocity change menggunakan MWCS analysis. Hasil dari pemantauan patahan gempa bumi dan gunung berapi adalah adanya beberapa kontribusi variabel yang dapat digunakan memprediksi gempa bumi di masa depan. Ada sebuah variasi spasial dan temporal kecepatan seismik, seperti yang terjadi pada patahan seismogenik gempa bumi Kumamoto pada tahun 2016 (*magnitudo momen Mw 7,0*) pengukuran didasarkan pada ambient seismic noise. Kecepatan seismik di samping patahan dan gunung berapi Aso menunjukkan grafik menurun, hal ini dipengaruhi oleh faktor perubahan tegangan, kerusakan formasi tanah, dan adanya peningkatan tekanan pori tanah. Selanjutnya dilakukan pemantauan berulang untuk meninjau kecepatan seismik dan memetakan proses penyembuhan patahan pasca gempa bumi.

b. Metode Deep Learning

Penelitian yang dilakukan oleh Jingyang Wang (Wang et al., 2022) meneliti tentang analisis time series menggunakan model RNN untuk melakukan prediksi. Penelitian yang dilakukan adalah studi komparatif yang membandingkan tiga metode yaitu *Recurrent Neural Network* (RNN), *Long Short-Term Memory* (LSTM), dan *Gated Recurrent Unit* (GRU). Dikatakan bahwa metode RNN merupakan jaringan syaraf tiruan yang paling independen, namun ada sebuah masalah pada pengolahan data waktu panjang (*long-term data*) yang menyebabkan masalah pada training data. Metode LSTM dapat menangani masalah pada pengolahan data waktu yang panjang, dan pengelolaan data yang sudah tidak relevan, namun LSTM memiliki kelemahan dengan banyaknya parameter yang digunakan sehingga menyebabkan waktu training data yang cukup lama. Metode GRU dapat melakukan reduksi terhadap waktu training yang lama dengan melakukan reduksi terhadap parameternya (Gao et al., 2020). Hasil prediksi dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Squared Error* (MSE), *Explained Variance Score* (EVS), *R-Squared*, dan lama waktu pelatihan model.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sherstinsky (Sherstinsky, 2020) memberikan penjelasan yang sangat mendasar pada RNN dan LSTM. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa dalam proses training data RNN memiliki masalah yang cukup rumit pada gradien yang hilang dan gradien yang meledak ketika menggunakan data dengan dependensi jauh atau panjang. Masalah ini berakibat pada training data pada RNN berstandar Windows yang mencakup data yang besar dengan menggunakan Gradient Descent terhambat oleh gradien yang hilang dan meledak. Solusi yang dapat dilakukan adalah menggunakan arsitektur LSTM. LSTM merupakan arsitektur yang kompleks dapat meredam masalah pada gradien RNN.

Penelitian yang dilakukan oleh Pramita Sree Muhuri (Muhuri et al., 2020) tentang penggunaan Long Short-Term Memory dan Recurrent Neural Network untuk mengklasifikasikan serangan jaringan. Penggunaan metode deep learning dapat dilakukan menggunakan beberapa algoritma yaitu *Deep Neural Network* (DNN), *Recurrent Neural Network* (RNN), *Convolutional Neural Network* (CNN), *Deep Belief Network* (DBN), dan *Long Short-Term Memory* (LSTM). Namun dari sekian algoritma deep learning dan algoritma machine learning yang ada kombinasi LSTM-RNN merupakan salah algoritma yang dapat memberikan performa yang sangat baik pada model bahkan lebih baik daripada SVM, K-NN, Naïve Bayes, Probabilistic Neural Network (PNN), dan beberapa model jaringan saraf lainnya. RNN bekerja dengan mengirimkan sinyal dari neuron ke neuron yang saling terhubung. RNN memiliki tiga layer yaitu input layer, hidden layer, dan output layer dimana hidden layer merupakan layer yang digunakan untuk melakukan perhitungan dan pembobotan untuk menghasilkan sebuah output. RNN menggunakan gradient-based learning untuk mempelajari runtunan waktu dengan menggunakan back-propagation through time (BPTT) dan real-time recurrent learning (RTRL). RNN dapat digunakan untuk supervised classification learning, namun RNN cukup sulit dalam proses pelatihan data karena gradien yang dipakai bisa menghilang dan meledak. Masalah pada RNN dapat diselesaikan dengan mengkombinasikan dengan LSTM, algoritma ini dapat mengganti pemrosesan data pada hidden layer dengan sebuah

memory blocks, hal ini dapat mengurangi potensi kehilangan gradien saat proses pelatihan. LSTM juga memiliki sebuah gerbang yang dapat mengatur keluar masuk proses yang bekerja dengan gerbang masuk dan gerbang keluar.

Penelitian Tolga Ergen (Ergen & Kozat, 2018) memberikan pernyataan tentang modifikasi LSTM untuk efektivitas model. RNN merupakan algoritma yang memiliki kompleksitas yang tinggi dengan menggunakan *Stochastic Gradient Descent* (SGD) adalah pilihan tepat untuk menghindari kehilangan gradien yang banyak dan juga dapat ditangani dengan menggunakan LSTM yang dapat menangani masalah long-term memory. Namun dengan menerapkan LSTM pemrosesan data akan membutuhkan waktu yang cukup lama. Penelitian ini menggunakan non linier regresi dan vektor regresi yang dapat membuat performa LSTM lebih meningkat. LSTM-based online algorithms menggunakan algoritma *Stochastic Gradient Descent* (SGD), *Extended Kalman Filter* (EKF) dan *Particle Filter* (PF) sebagai metode pelatihan (training). Algoritma pendukung EKF dengan nilai 0,03590 dan PF dengan nilai 0,03824 memiliki durasi waktu yang lebih baik daripada SGD dengan nilai 0,03708, karena bermasalah pada gradiennya.

Penelitian yang dilakukan oleh Sergiu Cosmin Nistor (Nistor et al., 2021) menerapkan RNN pada sentiment analysis. Penelitian ini menggunakan teks yang sudah dilakukan tokenization sebagai data yang sekuensial dan outputnya adalah sebuah penilaian sentimen terhadap barisan kata pada suatu kalimat. *Backpropagation* digunakan pada RNN, setiap layernya merupakan learnable parameters. RNN selalu bermasalah pada gradiennya, LSTM dan GRU bisa digunakan untuk mengatasinya. Algoritma RNN dengan menambahkan LSTM menghasilkan akurasi yang baik sebesar 80,39% sedangkan GRU menghasilkan nilai sebesar 80,74%.

Penelitian yang dikemukakan oleh Muhammad Fakhrillah Abdul Azis (Azis et al., 2020) menyatakan bahwa efektivitas penggunaan supervised learning methods Regresi linier dan RNN cukup baik untuk mengolah data time series. Regresi linier digunakan untuk menentukan nilai terbaik pada data points sedangkan RNN merupakan algoritma yang cukup baik untuk model sekuensial, dengan tambahan LSTM model. Model evaluasi menggunakan R-Square. Model LSTM bekerja lebih baik daripada regresi linier, LSTM menghasilkan nilai -0,04, -0,03, 0,15 sedangkan regresi linier menghasilkan nilai 0,08, 0,16, 0,02. Namun regresi linier bekerja lebih baik dalam pengelolaan dan penyimpanan memori, memori yang disimpan jauh lebih kecil dibandingkan dengan model LSTM.

Penelitian yang dilakukan oleh Sultan Lok (Lok & Karabatak, 2021) memberikan penjelasan tentang penggunaan *Artificial Neural Network* (ANN) yang digunakan untuk mengenali pola data dan melakukan prediksi terhadap data gempa bumi. ANN memiliki banyak neuron yang saling terhubung di dalamnya, yang terdiri dari *Input Layer*, *Hidden Layer* dan *Output Layer*. Kemudian model ANN digunakan untuk training data, validation data, dan testing data. Setelah dilakukan processing data, maka model akan dievaluasi menggunakan matriks *Mean Squared Error* dan *R Values*. Hasil evaluasi model menunjukkan angka kesalahan pada rentang -2 sampai dengan 2. Dilihat dari rentang evaluasi model maka tingkat kesalahan model sangat kecil.

Kemudian dari penelitian-penelitian sebelumnya tersebut dilakukan perbandingan terhadap penggunaan metode penelitian, objek penelitian dan jenis penelitiannya, data tersebut ditampilkan pada Tabel 1. Penelitian ini menghasilkan sebuah kajian literatur yang membandingkan beberapa sumber literatur yang relevan, analisis time series dapat dilakukan menggunakan beberapa metode penelitian, baik metode konvensional maupun menggunakan metode *deep learning*.

Tabel 1. Perbandingan Penelitian

No	Penulis Penelitian	Metode Penelitian	Objek Penelitian	Hasil Penelitian	Saran Penelitian
1	Susilo (Susilo et al., 2017)	<i>co-seismic deformation</i> dan <i>continous GPS (cGPS)</i> .	Spasial seismik di Indonesia.	Hasil dari penelitian ini adalah menghitung deformasi <i>co-seismic</i> memakai pemodelan gempa & koordinat deret ketika GPS. Hasil penelitian menampakkan bahwa daerah Indonesia sudah mengalami deformasi <i>co-seismic</i> > 1 mm, dalam	Pemodelan gempa bumi di daerah Nias tahun 2005 dan gempa bumi di Sumatera Selatan tahun 2007 perlu ditingkatkan untuk menerima keluaran yang lebih baik apabila harus dibandingkan menggunakan deformasi <i>co-seismic</i> menurut koordinat deret ketika GPS.

No	Penulis Penelitian	Metode Penelitian	Objek Penelitian	Hasil Penelitian	Saran Penelitian
2	Min Lin (Lin et al., 2020)	<i>cross-correlation analysis</i> (DCCA) dan <i>temporal evolution of detrended cross-correlation analysis</i> (TDCCA).	California dan Sumatera dari tahun 1990-2013.	gempa Sumatera Andaman 2004 & gempa pantai barat Sumatera Utara tahun 2012 mendominasi bidang deformasi. Penelitian ini menggunakan metode DCCA dan TDCCA untuk menyelidiki korelasi silang dari intrusi seri data seismik temporal dan spasial di wilayah California dan Sumatera selama 23 tahun terakhir. Dengan menggunakan metode ini, kami menemukan korelasi silang dari dua deret waktu non-stasioner pada berbagai skala dan juga mengamati tanda variasi korelasi dari waktu ke waktu. Ditemukan bahwa statistik korelasi silang (m) dari uji QCC IET dan IED lebih besar dari nilai kritis 2 (m) pada tingkat signifikansi 5%, menunjukkan korelasi silang jarak jauh antara urutan ini.	Korelasi silang yang kuat antara sekuens multi-skala dengan ukuran jendela yang berbeda diamati pada periode pasca gempa. Namun, ada korelasi silang yang lemah atau tidak ada sebelum dan sesudah periode, sehingga perlu adanya perbaikan pada sistem ini untuk memeriksa lebih lanjut untuk nilai korelasi silang yang terjadi.
3	Hiro Nimiya (Nimiya et al., 2017)	<i>generic mapping tools</i> , <i>cross-correlations</i> , <i>stretching interpolation</i> , <i>MWCS analysis</i> .	Spasial seismik di Jepang.	Penelitian ini melakukan pengamatan pada <i>earthquake faults and volcanoes</i> yang terjadi di Jepang, menggunakan sebuah pemetaan data <i>generic mapping tools</i> , melakukan perhitungan matematis terhadap data harian dengan <i>cross-correlations</i> , membuat estimasi terhadap <i>seismic velocity change</i> menggunakan metode <i>stretching interpolation</i> , membuat estimasi terhadap <i>seismic velocity change</i> menggunakan metode <i>MWCS analysis</i> . Hasil akhir dari pemantauan patahan gempa bumi dan gunung berapi adalah adanya beberapa kontribusi variabel yang dapat digunakan memprediksi gempa bumi di masa depan.	Saran pengembangan penelitian selanjutnya adalah memberikan hasil evaluasi akhir menggunakan beberapa metode evaluasi metrik untuk mengetahui tingkat <i>error</i> dari data yang diolah, kemudian menggunakan metode <i>deep learning</i> untuk mengolah data agar bisa didapatkan sebuah model yang mampu mengenali data.
4	Jingyang Wang (Wang et al., 2022)	<i>Recurrent Neural Network</i> (RNN), <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM), dan <i>Gate Recurrent Unit</i> (GRU).	Kualitas udara.	Melalui penelitian tentang RNN, LSTM, GRU dan prediksi deret waktu, penelitian ini lebih untuk sebuah metode yang baru yaitu mengusulkan unit kontrol gerbang baru. Proposal NGCU terutama digunakan untuk peramalan data deret waktu. Dibandingkan dengan RNN tradisional, NGCU sangat mengurangi kehilangan gradien dan masalah <i>burst</i>	Penelitian ini ditemukan di dalamnya bahwa prediksi NGCU pada nilai fitur yang relevan masih dapat mempertahankan tingkat akurasi prediksi yang tinggi untuk berbagai data deret waktu. Namun, akurasi prediksi NGCU nilai ekstrim belum ditingkatkan secara efektif. Penyempurnaan penelitian selanjutnya akan terus mencari cara untuk meningkatkan akurasi

No	Penulis Penelitian	Metode Penelitian	Objek Penelitian	Hasil Penelitian	Saran Penelitian
5	Shertinsky (Sherstinsky, 2020)	<i>Recurrent Neural Network (RNN), dan Long Short-Term Memory (LSTM).</i>	Teori dasar RNN dan LSTM.	yang disebabkan oleh ketergantungan data jangka panjang. Penelitian ini mempresentasikan dasar-dasar RNN dan jaringan LSTM memakai pendekatan berprinsip. Dimulai menggunakan persamaan diferensial, menerima formulasi RNN baku menggunakan menentukan parameter RNN kanonik, pembukaan RNN pada kerangka pendekatan sistem IIR menggunakan contoh FIR, mempresentasikan <i>training</i> RNN baku memakai <i>Back Propagation Through Time</i> , melihat ulang gradien meledak terkait menggunakan <i>training</i> RNN baku <i>Gradient Descent</i> , dan selanjutnya membahas kekurangan menurut RNN baku menggunakan mengganti sistem RNN kanonik sebagai LSTM yang lebih bertenaga jaringan melalui serangkaian perluasan dan hiasan.	prediksi model untuk nilai ekstrim. Rekomendasi untuk penyempurnaan penelitian di masa depan adalah menerapkan LSTM berbasis sistem di lingkungan komputasi berkinerja tinggi dan membandingkan efektivitasnya dalam beberapa skenario praktis. Menguji dan menerapkan juga RNN sebagai perbandingan untuk LSTM.
6	Pramita Sree Muhuri (Muhuri et al., 2020)	<i>Recurrent Neural Network (RNN), dan Long Short-Term Memory (LSTM).</i>	NSL-KDD (<i>Network Security Layer-Knowledge Discovery in Database</i>).	Penelitian ini membandingkan pengklasifikasi berbeda pada <i>dataset</i> NSL-KDD untuk biner dan klasifikasi multi-kelas. Membandingkan SVM, <i>random forest</i> , dan model LSTM-RNN. Hasil menunjukkan LSTM-RNN memperoleh akurasi lebih tinggi daripada SVM dalam klasifikasi biner. Jika dibandingkan dengan SVM dan <i>random forest</i> , LSTM-RNN melakukan yang terbaik dalam eksperimen klasifikasi multikelas. Akhirnya, dapat disimpulkan bahwa LSTM-RNN cocok untuk kumpulan data besar. Dengan kumpulan data kecil yang memiliki sedikit fitur, kinerjanya dari LSTM-RNN tidak terlalu terlihat. Namun, ditingkatkan dengan GA, kinerja LSTM-RNN relatif lebih baik daripada pendekatan pembelajaran mesin tradisional.	Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah menjalankan eksperimen pada sistem berbasis GPU untuk mempercepat waktu pada saat pelatihan data. Pekerjaan lebih lanjut di masa depan harus mencakup validasi efisiensi model LSTM-RNN menggunakan <i>dataset modern</i> lainnya seperti UNSW-NB15.
7	Tolga Ergen (Ergen & Kozat, 2018)	<i>Long Short-Term Memory (LSTM).</i>	Kinematik dan <i>stock price</i> .	Penelitian ini menyelidiki masalah regresi non-linier dalam lingkungan <i>online learning</i> dan menyajikan algoritma <i>online learning</i> berbasis LSTM baru untuk regresi data. Selanjutnya, disajikan metode pelatihan	Pengembangan selanjutnya adalah menggunakan algoritma <i>online learning</i> ini pada data yang lebih kompleks. Menguji penggunaan efektivitas LSTM pada <i>online learning</i> sehingga algoritma ini teruji.

No	Penulis Penelitian	Metode Penelitian	Objek Penelitian	Hasil Penelitian	Saran Penelitian
				<p><i>online learning</i> dengan kompleksitas rendah dan efektif untuk algoritme ini. Untuk mencapai ini, pertama-tama diusulkan algoritma regresi baru untuk menghitung perkiraan akhir dan memperkenalkan gerbang tambahan ke arsitektur LSTM tradisional. Kemudian menempatkan sistem LSTM dalam bentuk <i>state-space</i> dan, berdasarkan formulir ini, mendapatkan pembaruan <i>online</i> berdasarkan algoritma SGD, EKF, dan PF untuk melatih arsitektur LSTM. Penelitian ini memperkenalkan pendekatan berbasis arsitektur GRU dengan langsung mengganti persamaan LSTM dengan arsitektur GRU. Kami menemukan bahwa pendekatan berbasis LSTM mengungguli pendekatan berbasis GRU pada tugas prediksi berurutan. Selanjutnya, ditunjukkan bahwa algoritma yang diperkenalkan menghasilkan peningkatan kinerja yang signifikan dibandingkan metode konvensional.</p>	Diharapkan pada penelitian selanjutnya metode ini dapat digunakan secara meluas karena efektivitas dan efisiensinya.
8	Sergiu Cosmin Nistor (Nistor et al., 2021)	<i>Recurrent Neural Network (RNN)</i>	Sentimen <i>tweets</i> .	<p>Twitter adalah salah satu jejaring sosial paling populer dan sumber data yang bagus untuk penggalian opini. Analisis sentimen <i>tweet</i> mirip dengan analisis teks pada umumnya, tetapi keterbatasan khusus masalah memberikan peluang untuk menemukan solusi baru dan kreatif untuk bentuk penulisan khusus ini. Banyak solusi telah diusulkan karena penerapannya yang tinggi untuk mengekstraksi emosi dari <i>tweet</i>. Analisis sentimen dengan metode <i>tweet</i>. Dijelaskan komponen yang digunakan dan mempresentasikan hasil percobaan. Disimpulkan bahwa <i>preprocessing</i> yang optimal adalah menggunakan vektor <i>one-hot encoding</i>. Ditemukan bahwa hasilnya tidak berbeda secara signifikan saat menggunakan dua sel memori yang paling umum, LSTM atau GRU.</p>	Untuk studi masa depan mengurangi bias pada saat melakukan pengolahan data, pengolahan teks rentan terhadap bias. Menggunakan RNN, LSTM, dan GRU untuk meningkatkan desain sel memori yang digunakan, sehingga diharapkan mampu mengekstrak sentimen dengan lebih baik. Namun demikian, menggunakan dataset menjadi sebuah korpus untuk analisis sentimen, pekerjaan ini menghasilkan desain eksperimental yang jelas, menetapkan tolak ukur baru untuk perkembangan pengolahan teks di masa depan.

No	Penulis Penelitian	Metode Penelitian	Objek Penelitian	Hasil Penelitian	Saran Penelitian
9	Muhammad Fakhriillah Abdul Aziz (Azis et al., 2020)	<i>Recurrent Neural Network (RNN), Long Short-Term Memory (LSTM), dan Linear Regression.</i>	<i>Significant earthquake dataset.</i>	Pendekatan analisis deret waktu untuk data seismik yang terdiri dari dua langkah: eksplorasi dan prediksi. Eksplorasi data dengan membuat visualisasi menggunakan plot peta dan grafik garis. Misalnya, memberikan pengetahuan tentang distribusi gempa bumi pada antarmuka batas lempeng dan perjalanan gempa dari waktu ke waktu. Untuk langkah prediksi, dengan membandingkan kinerja model prediksi dalam hal data normal dengan data stasioner dan teknik pemodelan menggunakan LSTM, regresi linier, dan RNN. Model prediktif menghasilkan hasil kinerja yang sangat berbeda tergantung pada struktur kualitas tanah dan waktu.	Studi masa depan didorong untuk menggunakan teknik pemodelan deret waktu lainnya, seperti ARIMA, menggunakan unit waktu yang lebih halus untuk peramalan, dan memasukkan aspek geologi tertentu ke dalam eksplorasi, prediksi dan peramalan.
10	Sultan Lok (Lok & Karabatak, 2021)	<i>Artificial Neural Network (ANN).</i>	<i>World earthquakes.</i>	Metode penambangan data telah banyak dikembangkan karena kebutuhan untuk mendapatkan menggali informasi di dalamnya. Metode tersebut meliputi metode pengelompokan, klasifikasi, asosiasi, dan deret waktu. Penelitian ini menggunakan analisis deret waktu untuk memberikan prediksi tentang waktu yang akan datang terhadap suatu kasus berdasarkan data waktu. Deret waktu dibagi menjadi dua yaitu metode linier dan non-linier. Metode deret waktu linier memperkirakan data melakukan asumsi deret tersebut stasioner. Metode deret waktu non-linier memprediksi suatu data berdasarkan data mentah dari deret waktu di dunia nyata. Penelitian ini menggunakan <i>Artificial Neural Network (ANN)</i> , salah satu metode non-linier dari analisis deret waktu. Data yang dipakai adalah data gempa, untuk melakukan estimasi data.	Rekomendasi penelitian di masa depan adalah melakukan evaluasi terhadap penggunaan <i>Artificial Neural Network (ANN)</i> agar model tersebut dapat dipakai dan dimodifikasi oleh peneliti lain, kemudian melakukan komparasi terhadap metode yang dipakai untuk melakukan prediksi terhadap data gempa bumi.

Hasil penelusuran terhadap penelitian-penelitian sebelumnya pada Tabel 1 didapatkan beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengolah data *time series* yaitu metode konvensional dan metode *deep learning*. Untuk contoh metode konvensional adalah menggunakan metode *co-seismic deformation*, *continuous GPS (cGPS)*, *cross-correlation*, *stretching interpolation*, dan *MWCS analysis*. Sedangkan untuk contoh metode *deep learning* yaitu *Recurrent Neural Network (RNN)*, *Long Short-Term Memory (LSTM)*, dan *Gate Recurrent Unit (GRU)*, dan *Artificial Neural Network (ANN)*, masing-masing memiliki tingkat efektivitas yang relatif tergantung pada kompleksitas dari data yang digunakan dalam penelitian tersebut. Penggunaan data juga memiliki beberapa variasi dalam hal ini adalah data spasial seismik di Indonesia, data California dan Sumatera dari tahun 1990-2013, data spasial seismik di Jepang, data kualitas udara, NSL-KDD

(*Network Security Layer-Knowledge Discovery in Database*), kinematik dan *stock price*, *Significant earthquake dataset*, dan *World earthquakes*. Algoritma *deep learning* dengan RNN dengan *LSTM Layer* merupakan kombinasi yang baik untuk melakukan analisis *time series* pada data spasial seismik sehingga dapat meningkatkan performa dan akurasi model *deep learning* maupun *machine learning* dalam melakukan peramalan data spasial seismik di Indonesia, dengan data peramalan tersebut diharapkan dapat menjadi acuan untuk meningkatkan tingkat kewaspadaan masyarakat dalam mengantisipasi bencana alam seismik.

KESIMPULAN

Penelitian ini merangkum metode-metode yang sering digunakan untuk melakukan pengolahan *deep learning* maupun pengolahan data spasial seismik. Penelitian ini menggunakan metode *literature review* dengan mengumpulkan beberapa literatur yang relevan dengan rentang tahun 10 tahun terakhir. Adanya penelitian ini ditujukan untuk menangkap dan menganalisa *research gap*, *tren*, *state of the art*, tantangan penelitian, dan pengembangan model atau metode baru pada masing-masing literatur yang bertujuan untuk menemukan metode ataupun algoritma yang paling tepat untuk digunakan sebagai sumber pustaka dalam melakukan peramalan data menggunakan data *time series*. Hasil studi ditemukan beberapa kelompok metode penelitian yang dapat digunakan untuk mengolah data *time series* yaitu metode konvensional dan metode *deep learning*. Beberapa metode yang tergolong dalam metode konvensional yaitu *co-seismic deformation*, *continuous GPS (cGPS)*, *cross-correlation*, *stretching interpolation*, dan *MWCS analysis*. Sedangkan metode yang tergolong dalam metode *deep learning* yaitu *Recurrent Neural Network (RNN)*, *Long Short-Term Memory (LSTM)*, *Gate Recurrent Unit (GRU)*, *linear regression*, dan *Artificial Neural Network (ANN)*. Metode *deep learning* dari beberapa penelitian dapat memberikan kinerja akurasi yang baik untuk mengolah data spasial seismik maupun mengolah data kompleks yang lainnya. Perbedaan antara metode konvensional dengan *deep learning* adalah pada penggunaan waktu dalam melakukan proses pengolahan data. Selain itu, metode konvensional cenderung membutuhkan waktu yang lebih lama daripada metode *deep learning*, sehingga saran untuk penelitian selanjutnya dapat memanfaatkan beberapa metode *deep learning* untuk melakukan prediksi data spasial seismik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aigner, W., Miksch, S., Schumann, H., & Tominski, C. (2011). Visualization of Time-Oriented Data. In *Human-Computer Interaction*.
- Al'afi, A. M., Widiart, W., Kurniasari, D., & Usman, M. (2020). Peramalan Data Time Series Seasonal Menggunakan Metode Analisis Spektral. *Jurnal Siger Matematika*. <https://doi.org/10.23960/jsm.v1i1.2484>
- Alif, S. M., Meilano, I., Gunawan, E., & Efendi, J. (2016). Evidence of Postseismic Deformation Signal of the 2007 M8.5 Bengkulu Earthquake and the 2012 M8.6 Indian Ocean Earthquake in Southern Sumatra, Indonesia, Based on GPS Data. *Journal of Applied Geodesy*. <https://doi.org/10.1515/jag-2015-0019>
- Alqahtani, A., Ali, M., Xie, X., & Jones, M. W. (2021). Deep time-series clustering: A review. In *Electronics (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/electronics10233001>
- Alqahtani, A., Xie, X., Deng, J., & Jones, M. W. (2018). A Deep Convolutional Auto-Encoder with Embedded Clustering. *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP*. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2018.8451506>
- Anugrah, B., Meilano, I., Gunawan, E., & Efendi, J. (2015). Estimation of postseismic deformation parameters from continuous GPS data in northern Sumatra after the 2004 Sumatra-Andaman earthquake. *Earthquake Science*. <https://doi.org/10.1007/s11589-015-0136-x>
- Ardika, M., Meilano, I., & Gunawan, E. (2015). Postseismic deformation parameters of the 2010 M7.8 Mentawai, Indonesia, earthquake inferred from continuous GPS observations. *Asian Journal of Earth Sciences*. <https://doi.org/10.3923/ajes.2015.127.133>
- Azis, M. F. A., Darari, F., & Septyandy, M. R. (2020). Time series analysis on earthquakes using EDA and machine learning. 2020 *International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems, ICACSIS 2020*. <https://doi.org/10.1109/ICACSIS51025.2020.9263188>
- Brilliantina, M. V., Pratiwi, H., & Susanti, Y. (2021). Analisis Seismisitas pada Data Gempa Bumi di Provinsi Maluku Utara Penerapan Model Epidemic Type Aftershock Sequence (ETAS). *Prosiding Pendidikan Matematika Dan Matematika*.

- Cho, M., Kim, B., Bae, H. J., & Seo, J. (2014). *Stroscope: Multi-scale visualization of irregularly measured time-series data*. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2013.2297933>
- Daryono, Brotopuspito, K. S., & Sutikno. (2018). Hubungan antara Indeks Kerentanan Seismik dan Rasio Kerusakan pada Satuan Bentuklahan di Zona Graben Bantul Yogyakarta. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-11: Perspektif Ilmu Kebumihan Dalam Kajian Bencana Geologi Di Indonesia*.
- Ergen, T., & Kozat, S. S. (2018). Efficient online learning algorithms based on LSTM neural networks. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2017.2741598>
- Gao, S., Huang, Y., Zhang, S., Han, J., Wang, G., Zhang, M., & Lin, Q. (2020). Short-term runoff prediction with GRU and LSTM networks without requiring time step optimization during sample generation. *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125188>
- Gunawan, E., Ghosalba, F., Syaumi, Widiastomo, Y., Meilano, I., Hanifa, N. R., Daryono, & Hidayati, S. (2017). Field Investigation of the November to December 2015 Earthquake Swarm in West Halmahera, Indonesia. *Geotechnical and Geological Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s10706-016-0117-4>
- Gunawan, E., Sagiya, T., Ito, T., Kimata, F., Tabei, T., Ohta, Y., Meilano, I., Abidin, H. Z., Agustan, Nurdin, I., & Sugiyanto, D. (2014). A comprehensive model of postseismic deformation of the 2004 Sumatra-Andaman earthquake deduced from GPS observations in northern Sumatra. *Journal of Asian Earth Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2014.03.016>
- Habsy, B. A. (2017). Seni Memahami Penelitian Kuliitatif Dalam Bimbingan Dan Konseling : Studi Literatur. *JURKAM: Jurnal Konseling Andi Matappa*. <https://doi.org/10.31100/jurkam.v1i2.56>
- Hotz, I., & Peikert, R. (2014). Definition of a multifield. *Mathematics and Visualization*. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6497-5_10
- Ito, T., Gunawan, E., Kimata, F., Tabei, T., Simons, M., Meilano, I., Agustan, N., Ohta, Y., Nurdin, I., & Sugiyanto, D. (2012). Isolating along-strike variations in the depth extent of shallow creep and fault locking on the northern Great Sumatran Fault. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. <https://doi.org/10.1029/2011JB008940>
- Latifiana, K. (2019). Pemetaan Habitat Potensial Herpetofauna Pada Daerah Terdampak Erupsi Gunung Merapi 2010. *Seminar Nasional Geomatika*. <https://doi.org/10.24895/sng.2018.3-0.1002>
- Lin, M., Qin, J., & Wang, G. (2020). Multi-scale cross-correlation analysis of temporal and spatial seismic data. *European Physical Journal B*. <https://doi.org/10.1140/epjb/e2020-100536-5>
- Lok, S., & Karabatak, M. (2021). Earthquake Prediction by Using Time Series Analysis. 9th *International Symposium on Digital Forensics and Security, ISDFS 2021*. <https://doi.org/10.1109/ISDFS52919.2021.9486358>
- Muhuri, P. S., Chatterjee, P., Yuan, X., Roy, K., & Esterline, A. (2020). Using a long short-term memory recurrent neural network (LSTM-RNN) to classify network attacks. *Information (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/INFO11050243>
- Nimiya, H., Ikeda, T., & Tsuji, T. (2017). Spatial and temporal seismic velocity changes on Kyushu Island during the 2016 Kumamoto earthquake. *Science Advances*. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700813>
- Nistor, S. C., Moca, M., Moldovan, D., Oprean, D. B., & Nistor, R. L. (2021). Building a Twitter sentiment analysis system with recurrent neural networks. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s21072266>
- Pollitz, F. F. (1996). Coseismic deformation from earthquake faulting on a layered spherical earth. *Geophysical Journal International*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1996.tb06530.x>
- Rizaty, M. A. (2022). 10.519 Gempa Bumi Guncang Indonesia Sepanjang 2021. *Databoks*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/06/20/10519-gempa-bumi-guncang-indonesia-sepanjang-2021#:~:text=Berdasarkan catatan Badan Pusat Statistik,Pulau Sulawesi%2C yaitu 925 kali.>
- Sherstinsky, A. (2020). Fundamentals of Recurrent Neural Network (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) network. *Physica D: Nonlinear Phenomena*. <https://doi.org/10.1016/j.physd.2019.132306>
- Susilo, Abidin, H. Z., Meilano, I., Sapiie, B., Gunawan, E., Wijarnto, A. B., & Efendi, J. (2017). Preliminary co-sesimic deformation model for Indonesia geospatial reference system 2013. *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/1.4987073>

- Thoyibah, Z., Sukma Purqoti, D. N., & Oktaviana, E. (2020). Gambaran Tingkat Kecemasan Korban Gempa Lombok. *Jurnal Persatuan Perawat Nasional Indonesia (JPPNI)*. <https://doi.org/10.32419/jppni.v4i3.190>
- Wang, J., Li, X., Li, J., Sun, Q., & Wang, H. (2022). NGCU: A New RNN Model for Time-Series Data Prediction. *Big Data Research*. <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2021.100296>
- Zheng, Y., Liu, Q., Chen, E., Ge, Y., & Zhao, J. L. (2014). Time series classification using multi-channels deep convolutional neural networks. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08010-9_33

Analisis Sebaran Air Limbah Industri Rumah Pemotongan Ayam Terhadap Kualitas Air Sungai Desa Kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman

Oddy Satria Bhaskara¹, Paramita Dwi Sukmawati^{*2}, Angge Dhevi Warisaura³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Sains Terapan, Institut Sains & Teknologi
AKPRIND Yogyakarta

Email: oddy.satria26@gmail.com¹, mita@akprind.ac.id², angge@akprind.ac.id³

ABSTRACT

The quality of the waters is influenced by the activities of living things around it, one of which is the activity of small industries that have not treated their wastewater optimally due to a lack of capital. One of the small industries that we often encounter and has the potential to contaminate is the chicken slaughterhouse industry (RPA), because RPA waste water contains high organic matter. This study used a case study approach to analyze the distribution of RPA wastewater on river water quality in Kalitirto Village, Berbah District, Sleman Regency. Data collection was carried out by taking samples of RPA wastewater, RPA groundwater, and river water. Tests were carried out in situ (pH) and in the laboratory (BOD, COD, TSS, total oil and fat). The measurement results of RPA liquid waste exceed the quality standard. The quality of river water before and after RPA is different. The result of the correlation coefficient is -0.829, meaning that the further away the RPA waste is in river water, the smaller the pollution index value. The probability result is 0.085, meaning that the relationship between the presence of liquid waste and the pollution index is not significant. The distribution of RPA waste does not occur in river water but enters the groundwater.

Keywords: ground water, pollution index, river water, RPA wastewater distribution.

INTISARI

Kualitas perairan dipengaruhi oleh aktivitas makhluk hidup disekitarnya salah satunya adalah aktivitas dari industri kecil yang belum mengolah air limbahnya secara maksimal dikarenakan kurangnya modal. Industri kecil yang sering kita jumpai dan berpotensi mencemari salah satunya adalah industri rumah pemotongan ayam (RPA), karena air limbah RPA mengandung zat organik yang tinggi. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus untuk menganalisis sebaran air limbah RPA terhadap kualitas air sungai Desa Kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman. Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil sampel air limbah RPA, air tanah RPA, dan air sungai. Pengujian dilakukan secara insitu (pH) dan di laboratorium (BOD, COD, TSS, minyak dan lemak total). Hasil pengukuran limbah cair RPA melebihi baku mutu. Kualitas air sungai sebelum dan sesudah RPA mengalami perbedaan. Hasil koefisien korelasi sebesar -0,829 artinya semakin jauh jarak keberadaan limbah RPA di air sungai semakin kecil nilai indeks pencemaran. Hasil probabilitas yang sebesar 0,085 artinya hubungan antara keberadaan limbah cair dan indeks pencemaran tidak signifikan. Sebaran limbah RPA tidak terjadi di air sungai tetapi masuk kedalam air tanah.

Kata kunci: air sungai, air tanah, indeks pencemaran, sebaran air limbah RPA.

PENDAHULUAN

Salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia serta merupakan sumber daya alam yang sanat vital adalah air bersih. Air bersih digunakan untuk memasak, mandi, mencuci, minum dan keperluan lainnya dalam kehidupan sehari-hari (Efendy & Syamsul, 2019). Kualitas dari perairan dipengaruhi oleh aktivitas makhluk hidup yang ada disekitarnya baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Aktivitas tersebut berasal dari rumah tangga maupun dari aktivitas industri yang berada di sekitar sungai. Dari aktivitas tersebut akan selalu menghasilkan limbah yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas air. Untuk aktivitas dari industri bisa berasal dari industri berskala besar maupun industri berskala kecil, akan tetapi justru yang sering menjadi penyebab penurunan kualitas air adalah dari aktivitas industri berskala kecil. Hal ini disebabkan karena industri skala besar dapat mengatasi permasalahan limbah cair yang dihasilkan karena memiliki modal, berbeda dengan industri yang berskala kecil.

Industri kecil belum mampu untuk mengatasi limbah cairnya dikarenakan kurangnya modal. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri kecil berjumlah sedikit, namun apabila tidak diolah dapat menyebabkan masalah serius. Salah satu industri kecil yang kurang memperhatikan limbah cair yang dihasilkan adalah industri rumah pemotongan ayam (RPA). Limbah cair dari rumah pemotongan

ayam berasal dari sisa kotoran ayam, darah ayam dan air bekas cucian ayam dan untuk limbah padatnya berasal dari bulu ayam, isi perut ayam dan bangkai ayam. Limbah cair yang dihasilkan dari industri rumah pemotongan ayam tersebut dapat menimbulkan pencemaran air, sehingga kualitas air di sekitar industri rumah pemotongan ayam menurun.

Desa Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman memiliki industri rumah pemotongan ayam yang berskala kecil dan belum melakukan pengolahan limbah cair.. Saat ini limbah cair yang dihasilkan hanya di tampung ke bak penampungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu dan untuk lokasi rumah pemotongan ayam berada 3 meter diatas sungai yang menyebabkan air limbah masuk ke badan sungai melalui rembesan dari bak penampung.

Kapasitas produksi rata-rata Industri rumah pemotongan ayam yang berada di Desa Kalitirto mencapai 80 ekor ayam yang dipotong per hari, sedangkan saat maksimal mencapai 120 ekor ayam yang dipotong per hari. Untuk membersihkan seekor ayam membutuhkan air sebanyak 5 liter, sehingga dalam satu hari rumah pemotongan ayam tersebut diperkirakan menghasilkan limbah cair sebanyak 400 liter. Lokasi rumah pemotongan ayam yang berdekatan dengan sungai, jika limbah cairnya tidak dikelola atau diolah maka dapat mengganggu kualitas lingkungan sekitar terutama kualitas air sungai.

Pemerintah telah menetapkan peraturan yang mengatur tentang baku mutu air yang mempengaruhi kualitas air sungai (Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta, 2008). Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul "Analisis Sebaran Air Limbah Kegiatan Industri Rumah Pemotongan Ayam Terhadap Kualitas Air Sungai di Desa Kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman", sehingga dapat diketahui pengaruh sebaran limbah rumah pemotongan ayam terhadap kualitas air sungai di Desa Kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman.

METODE

Metode pengumpulan data dilakukan dengan pengambilan sampel air limbah rumah pemotongan ayam, air tanah rumah pemotongan ayam, dan air sungai. Pengambilan sampel dilakukan pada musim dengan cuaca cerah berawan dan metode sebagai berikut:

1. Metode pengambilan sampel air limbah

Limbah cair dari industri rumah pemotongan ayam bersifat fluktuatif, hal ini disebabkan karena proses terbentuknya air limbah rumah pemotongan ayam secara batch. Berdasarkan metode pengambilan sampel air limbah, jika air limbahnya terjadi secara batch maka pengambilan sampel air limbah dilakukan dengan cara komposit waktu dan proporsional saat pembuangan (Badan Standarisasi Nasional, 2008c).

2. Metode penentuan lokasi pengambilan sampel air sungai

Lokasi pengambilan sampel air sungai ditentukan dari hasil perhitungan debit air sungai dan berdasarkan kondisi lapangan yang dapat mewakili karakteristik keseluruhan badan air. (Badan Standarisasi Nasional, 2008a).

3. Metode pengambilan sampel air sungai

Setelah ditentukan lokasi pengambilan sampel air sungai maka untuk selanjutnya dilakukan pengambilan sampel air sungai secara langsung untuk setiap parameter yang telah ditentukan dengan 5 titik pengambilan dimulai dari hilir ke hulu (Badan Standarisasi Nasional, 2008a).

4. Metode pengambilan sampel air tanah

Pengambilan sampel air tanah dilakukan secara langsung dengan mengambil air keluaran pompa (Badan Standarisasi Nasional, 2008b)

Pengukuran kualitas sampel air limbah, air tanah, dan air sungai untuk parameter pH dilakukan secara insitu, sedangkan untuk parameter BOD, COD, TSS, dan Minyak dan Lemak Total dilakukan di Laboratorium. Metode untuk pengukuran kualitas sampel air limbah, air tanah, dan air sungai dilakukan sesuai SNI yang digunakan untuk setiap masing-masing parameter. Untuk parameter pH berdasarkan (Badan Standarisasi Nasional, 2004b), parameter BOD berdasarkan (Badan Standarisasi Nasional, 2009b) parameter COD berdasarkan (Badan Standarisasi Nasional, 2009a), parameter TSS berdasarkan (Badan Standarisasi Nasional, 2004c) dan parameter minyak dan lemak berdasarkan (Badan Standarisasi Nasional, 2004a)

Hasil dari pengukuran dicatat kedalam tabel dan kemudian dibandingkan dengan baku mutu air limbah sesuai dengan (Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta, 2016). Hasil pengukuran air sungai dibandingkan dengan kriteria mutu air kelas III dan untuk hasil pengukuran air tanah dibandingkan dengan baku mutu air peruntukan kelas II sesuai dengan (Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta, 2008)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam

Limbah cair rumah pemotongan ayam dihasilkan dengan proses batch sehingga dalam pengambilan air limbah dilakukan dengan cara komposit waktu. Limbah cair yang dihasilkan disalurkan dalam satu aliran air yang masuk kedalam bak penampung tertutup tanpa pengolahan. Hasil pengukuran kualitas limbah cair rumah pemotongan ayam dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini

Tabel 1. Hasil pengukuran kualitas limbah cair industri

Sampel		Titik A0	Baku mutu
Parameter	Satuan		
pH		6,2	6,0 – 9,0
BOD	mg/L	236	150
COD	mg/L	725	400
TSS	mg/L	650	300
Minyak dan Lemak	mg/L	6700	25

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil pengukursn limbah cair yang rumah pemotongan ayam apabila semua parameter melebihi melebihi baku mutu kecuali pH. Hal ini disebabkan karena limbah cair rumah pemotongan ayam mengandung BOD, COD, TSS, minyak dan lemak yang tinggi (Singgih, 2008). Selain itu limbah cair rumah pemotongan ayam yang dihasilkan dapat meningkatkan konsentrasi bahan organik, karena kandungan utama dari limbah cair industri rumah pemotongan ayam adalah bahan organik. Kandungan bahan organik yang terdapat di dalam limbah cair ini rumah pemotongan ayam ini biasanya berasal dari darah, lemak, protein terlarut dan material padatan. Sehingga untuk mencegah pencemaran air di sekitar lokasi rumah pemotongan ayam dan mencegah terjadinya penurunan kualitas air sungai maka perlu dilakukan pengolahan (Aziz, Puat, Alazaiza, & Hung, 2018).

Kualitas Air Sungai

Pengambilan sampel air sungai dilakukan dari hulu ke hilir dengan titik lokasi pengambilan 100 meter sebelum rumah pemotongan ayam, 0 meter dari rumah pemotongan ayam, 100 meter setelah rumah pemotongan ayam, 200 meter setelah rumah pemotongan ayam, dan 300 meter setelah rumah pemotongan ayam. Proses pengambilan sampel dilakukan dari jam 08.00 – 11.00 WIB saat cuaca cerah-berawan. Titik pengambilan sampel air sungai dilakukan mengikuti besaran debit sungai yang terukur. Hasil pengukuran debit air sungai dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah berikut:

Tabel 2. Hasil penghitungan debit air sungai

Titik sampel	Lebar sungai (m)	Kedalaman (m)	Panjang lintasan (m)	Waktu lintasan (s)	Debit (m ³ /s)
A1	3,5	0,18	4	12,7	0,198
A2	3,8	0,24	4	15,1	0,241
B1	3,6	0,20	4	13,3	0,216
B2	3,6	0,19	4	11,9	0,230
B3	3,4	0,22	4	12,2	0,245

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa debit air sungai yang diperoleh kurang dari 5 m³/detik, sehingga untuk pengambilan sampel dilakukan di tengah sungai dengan kedalaman 0,5 kali kedalaman dari permukaan sungai. Kemudian dilakukan pengujian kualitas air sungai yaitu untuk paramater pH dilakukan secara insistu, sedangkan untuk paramter BOD, COD, TSS, dan minyak dan lemak total dilakukan di laboratorium. Hasil pengukuran sampel air sungai yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah berikut:

Tabel 3. Hasil pengukuran kualitas air sungai

Parameter	Sampel		Titik A1	Titik A2	Titik B1	Titik B2	Titik B3	Baku mutu
	Satuan							
pH			6,75	6,5	6,45	6,6	6,65	6 – 9
BOD	mg/L		5,5	5,5	4,9	4,0	3,7	6
COD	mg/L		24,3	26,9	34,7	25,8	25,0	50
TSS	mg/L		100	200	250	200	150	400
Minyak dan Lemak	mg/L		300	900	1100	800	500	1

Dari hasil yang diperoleh menunjukkan parameter pH, BOD, COD, dan TSS tidak melebihi baku mutu sedangkan parameter minyak lemak melebihi. Hal ini disebabkan oleh adanya 2 jeram yang terdapat pada sebelum titik A1 dan titik A2 sehingga menurunkan nilai BOD, COD, dan TSS. Adanya jeram tersebut menyebabkan terjadinya proses aerasi, yaitu proses penambahan udara kedalam air yang menyebabkan kandungan oksigen terlarut semakin meningkat. Dengan meningkatnya kandungan oksigen terlarut menyebabkan nilai BOD, COD dan TSS menurun (Purba & Hartini, 2013). Adapun untuk jeram yang terdapat di lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 di bawah ini



Gambar 1. Jeram di aliran sungai sebelum titik A1



Gambar 2. Jeram di aliran air sungai sebelum titik A2

Dair hasil pengukuran sampel air sungai dapat dihitung indeks pencemaran untuk menentukan kualitas dari air sungai tersebut. Hasil perhitungan indeks pencemar pada air sungai diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Hasil penghitungan indeks pencemar

Titik sampel	Nilai IP	Keterangan
A1	9,81	Tercemar ringan
A2	11,50	Tercemar berat
B1	11.77	Tercemar berat
B2	11,26	Tercemar berat
B3	10,51	Tercemar berat

Hasil yang diperoleh pada perhitungan indeks pencemaran menunjukkan bahwa kualitas sungai di Desa Kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman tercemar. Tingginya nilai pencemaran pada sungai disebabkan oleh tingginya kandungan minyak dan lemak didalam air sungai. Nilai minyak dan lemak tertinggi terapat pada titik B1 yaitu dengan titik 100 meter sesudah rumah pematongan ayam dan untuk nilai minyak lemak terendah berada pada titik A1 yaitu dengan titik 100 meter sebelum rumah pematongan ayam. Kandungan minyak dan lemak yang tinggi dapat

mengganggu penetrasi sinar matahari ke dalam air, hal ini disebabkan karen minyak dan lemak tersebut menutupi permukaan air.

Kualitas Air Tanah RPA

Air tanah yang terdapat di RPA Desa Kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman tidak digunakan untuk air baku air minum maka digunakan baku mutu air dengan peruntukan kelas II sebagai pembandingnya. Pengambilan air tanah di RPA dilakukan secara langsung di air sumur rumah pemotongan ayam. Pengujian air tanah digunakan untuk mengetahui sebaran limbah cair didalam air tanah. Hasil pengukuran kualitas air tanah dilihat pada Tabel 5 di bawah ini :

Tabel 5. Hasil pengukuran air tanah RPA

Sampel		Titik C1	Baku mutu
Parameter	Satuan		
pH		6,4	6 – 8,5
BOD	mg/L	62	3
COD	mg/L	169,85	25
TSS	mg/L	340	50
Minyak dan Lemak	mg/L	810	1

Dari hasil pengujian kualitas air tanah di industri RPA semua parameter yang diperoleh melebihi baku mutu kecuali pH. Hal tersebut diakibatkan oleh air limbah yang dihasilkan RPA tidak diolah dan ditampung dalam bak penampung tertutup. Karena tidak adanya keluaran dari bak penampung tersebut menyebabkan air limbah merembes kedalam air tanah. Air limbah RPA yang merembes kedalam tanah mengandung BOD, COD, TSS, dan minyak lemak yang tinggi sehingga kualitas air tanah di RPA mengalami penurunan dengan meningkatnya kandungan BOD, COD, TSS, dan minyak lemak.

Pengaruh Jarak RPA Terhadap Kualitas Air Sungai

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan limbah cair industri RPA terhadap kualitas air sungai berdasarkan jarak, maka dilakukan analisis regresi linear menggunakan software SPSS. Dalam analisis regresi linear menggunakan jarak dari aliran sungai terhadap industri RPA sebagai variabel bebas dan nilai indeks pencemaran pada aliran sungai sebagai variabel terikatnya Hasil pengukuran korelasi limbah cair terhadap air sungai dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Hasil korelasi

		IP	Jarak
<i>Pearson Correlation</i>	IP	1.000	-.829
	Jarak	-.829	1.000
<i>Sig. (1-tailed)</i>	IP		.085
	Jarak	.085	
N	IP	4	4
	Jarak	4	4

Berdasarkan tabel korelasi menunjukkan bahwa hubungan antara variabel indeks pencemaran terhadap jarak keberadaan limbah cair RPA sebesar -0,829. Hal tersebut menunjukkan bahwa indeks pencemaran dan jarak memiliki hubungan yang erat dan kuat dengan hubungan negatif. Artinya semakin jauh jarak limbah RPA di air sungai maka semakin kecil nilai indeks pencemarannya.

Dari hasil Sig.(1-tailed) diperoleh 0,085 yang artinya lebih besar dari 0,005. Dengan hasil tersebut maka dapat diketahui bahwa hubungan antara indeks pencemaran terhadap jarak tidak signifikan. Hal tersebut disebabkan oleh air limbah yang tidak langsung masuk kedalam air sungai melainkan melalui resapan air tanah. Hasil pengukuran koefisien dari indeks pencemar terhadap jarak air sungai dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini :

Tabel 7 Hasil koefisien

Model	B	Coefficients Std.Error
Constant	11,782	0,310
Jarak	-0,003	0,002

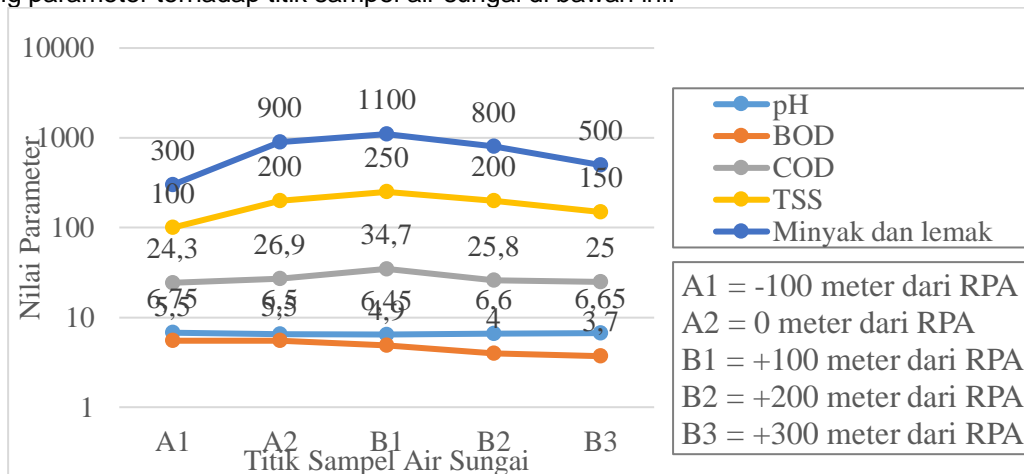
Dari tabel diatas dapat diperoleh persamaan regresi yaitu:

$$Y = 11,782 - 0,003 X \dots\dots\dots (1)$$

Dengan Y sebagai indeks pencemaran dan X sebagai jarak maka koefisien regresi sebesar -0,003 menunjukkan bahwa setiap penambahan jarak 100 meter dari RPA maka nilai indeks pencemaran akan berkurang sebesar 0,003.

Sebaran Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam Terhadap Air Sungai

Hasil pengukuran kualitas air sungai menunjukkan bahwa untuk parameter pH, BOD, COD, dan TSS tidak melebihi baku mutu air sungai peruntukan kelas III dan untuk parameter minyak dan lemak melebihi baku mutu. Kandungan minyak dan lemak dapat melebihi baku mutu disebabkan oleh kandungan minyak lemak yang sulit terurai. Minyak lemak merupakan golongan lipid, sehingga menyebabkan susah larut dalam air dan hanya dapat larut dalam pelarut organik non polar. Kadar parameter minyak lemak tertinggi berada pada titik B1 yaitu sebesar 11000 mg/L. Sebaran limbah cair RPA terhadap air sungai dapat dilihat melalui grafik hubungan antara besaran nilai masing-masing parameter terhadap titik sampel air sungai di bawah ini:



Gambar 3. Grafik hubungan masing-masing parameter terhadap jarak

Grafik diatas menunjukkan kenaikan nilai parameter pH, COD, TSS, dan minyak lemak dari titik A1 sampai titik B1. Kenaikan terjadi karena adanya rembesan air limbah yang masuk kedalam air sungai. Titik B1 merupakan titik dengan nilai tertinggi dari masing - masing parameter. Hal tersebut disebabkan oleh titik B1 yang berada di kelokan sungai. Kelokan sungai menyebabkan kecepatan aliran air sungai menjadi menurun. Kecepatan aliran sungai yang menurun menyebabkan tingginya endapan yang terjadi sehingga menaikkan nilai dari zat pencemar (Purnama & Nuraini, 2017).

Penurunan kadar masing-masing parameter terjadi dari titik B1 menuju titik B3. Penurunan tersebut disebabkan karena kemampuan sungai dalam *self purification*. Sungai dapat melakukan *self purification* karena di dalam sungai terdapat mikroorganisme yang dapat menguraikan bahan organik, nutrisi atau pencemar lainnya (Wifarulah, 2016). Bahan organik yang masuk kedalam badan air sedikit demi sedikit digunakan oleh mikroorganisme sehingga menurunkan tingkat pencemar.

Sebaran limbah cair RPA di sungai terhadap kualitas air sungai tidak signifikan. Hal tersebut disebabkan oleh 4 dari 5 parameter yang diuji tidak melebihi baku mutu air sungai peruntukan kelas III. Nilai parameter yang berada dibawah baku mutu diakibatkan oleh air limbah RPA yang tidak langsung masuk kedalam air sungai melainkan melalui resapan dalam tanah yang memiliki kemampuan dalam menyaring bahan pencemar sehingga air sungai menjadi tidak (Adhikari & Hartemink, 2016). Sebaran limbah cair RPA tidak terjadi pada air sungai melainkan terjadi pada air tanah. Hal tersebut dapat diketahui melalui nilai masing-masing parameter di air tanah yang diuji melebihi baku mutu yang digunakan dibandingkan dengan air sungai.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini diperoleh kualitas air limbah rumah pemotongan ayam di Desa Kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman ditinjau dari parameter BOD, COD, TSS, dan minyak lemak melebihi baku mutu air limbah. Perbedaan kualitas air sungai di Desa kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman sebelum dan sesudah melewati RPA berdasarkan indeks pencemaran mengalami perbedaan yang signifikan. Hubungan keberadaan limbah cair RPA di air

sungai terhadap kualitas air sungai di Desa kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman memiliki hubungan yang erat dan kuat dengan hubungan negatif yaitu sebesar -0,829. Sedangkan berdasarkan nilai probabilitas hubungan antara indeks pencemaran terhadap jarak keberadaan limbah cair RPA di sungai tidak signifikan yaitu sebesar 0,085. Sebaran limbah cair RPA terhadap aliran air sungai di Desa kalitirto, Kecamatan Berbah, Kabupaten Sleman tidak terjadi secara signifikan. Hal tersebut disebabkan oleh air limbah yang tidak langsung masuk kedalam air sungai sehingga 4 dari 5 parameter yang diuji tidak melebihi baku mutu. Sedangkan sebaran limbah cair RPA terjadi di air tanah dengan hasil pengujian kualitas air tanah yang melebihi baku mutu air sungai sesuai peruntukan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, K., & Hartemink, A. E. (2016). *Linking soils to ecosystem services-A global review*. *Geoderma*, 262, 101–111.
- Aziz, H. A., Puat, N. N. A., Alazaiza, M. Y. D., & Hung, Y.-T. (2018). Poultry slaughterhouse wastewater treatment using submerged fibers in an attached growth sequential batch reactor. *International Journal Of Environmental Research and Public Health*, 15(8), 1734.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004a). *SNI 06-6989.10-2004, Cara Uji Minyak dan Lemak Secara Gravimetri*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004b). *SNI 06-6989.11-2004, Cara Uji Derajat Keasaman (pH) Dengan Menggunakan Alat pH Meter*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004c). *SNI 06-6989.3-2004, Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) Secara Gravimetri*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008a). *SNI 6989.57:2008, Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008b). *SNI 6989.58:2008, Metoda Pengambilan Contoh Air Tanah*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008c). *SNI 6989.59:2008, Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2009a). *SNI 6989.2:2009, Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2009b). *SNI 6989.72:2009, Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)*.
- Efendy, I., & Syamsul, D. (2019). Faktor Yang Berhubungan Tingkat Konsumsi Air Bersih Pada Rumah Tangga Di Kecamatan Peudada Kabupaten Bireun. *Jurnal Biology Education*, 7(2).
- Pemerinta Daerah Istimewa Yogyakarta. (2008). *Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 tahun 2008 Tentang Baku Mutu Air*, Republik Indonesia.
- Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta. (2016). *Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah*.
- Purba, M. F. D., & Hartini, E. (2013). Penurunan Kandungan Zat Besi (Fe) Dalam Air Sumur Gali Dengan Metode Aerasi. *VISIKES: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 12(1).
- Purnama, A., & Nuraini, E. (2017). *Karakteristik Aliran pada Belokan Saluran Terbuka*.
- Singgih, M. L. (2008). Peningkatan Produktivitas Dan Kinerja Lingkungan Dengan Pendekatan Green Productivity Pada Rumah Pemotongan Ayam. *Jurnal Purifikasi*, 9(2), 137–146.
- Wifarulah, Y. O. (2016). *Analisis Daya Tampung Beban Pencemar BOD, COD, dan TSS di Sungai Widuri dengan Menggunakan Software Qual2kw*. U11.

Penggunaan Video Sebagai Media Pembelajaran Pada Matakuliah Grafika Komputer

Harmastuti¹, Dwi Setyowati², Agus Marsadualan³

^{1,2,3} Jurusan Rekayasa Sistem Komputer IST AKPRIND Yogyakarta

harmastuti@akprind.ac.id¹, dwisetyowati@akprind.ac.id², agusmarsadu@gmail.com³

ABSTRACT

Due to the Covid-19 pandemic in 2019 to 2021, learning activities are carried out online. This is done to reduce physical contact and try to follow the health protocol that has been recommended by the government. For this reason, it is necessary to have learning methods that must be taken, to address this, one of which is the delivery of learning that can be done based on video. This study discusses Video and Powerpoint (PPT) based Computer Graphics learning media, this aims to increase understanding of learning material delivered online (online). In its implementation, video material and PPT for Computer Graphics course semester 6 were made using software (PPT) and Wondershare Filmora Video Editor. As a test sample, the Introduction to computer graphics chapter was taken with Descriptive Analysis using excel, Analysis (Hypothesis Testing) Independent Samples T-Test Method with a significance level of 5% using SPSS, from 9 (nine) respondents, on the material and learning media. Evaluation of learning outcomes used an assessment of the range of scores 1 to 6 (six) for the learning media and 11(eleven) questions related to the understanding of the material. The results showed that the teaching method using video media resulted in an average score of correct answers greater than the average score of correct answers using PPT teaching media. The percentage for video learning media strongly agree (sss) 40.28%, while the PPT learning media assessment strongly agrees (sss) 37.04%.

Keywords: computer graphics, descriptive analysis, video material and PPT

INTISARI

Adanya pandemi covid-19 pada tahun 2019 s.d 2021, kegiatan pembelajaran dilakukan secara daring (online) hal ini dilakukan untuk mengurangi kontak fisik dan berupaya mengikuti protocol kesehatan yang telah dianjurkan pemerintah. Untuk itu perlu adanya metode-metode pembelajaran yang harus diambil, untuk menyikapi hal tersebut salah satunya penyampaian pembelajaran dapat dilakukan berbasis video. Penelitian membahas media pembelajaran Grafika Komputer berbasis Video dan Powerpoint (PPT), hal ini bertujuan meningkatkan pemahaman materi pembelajaran yang disampaikan secara daring (online). Dalam implementasinya dibuat materi video dan PPT matakuliah Grafika Komputer semester 6 menggunakan software (PPT) dan Wondershare Filmora Video Editor. Sebagai sampel uji diambil bab Pengantar grafika komputer dengan Analisis Deskriptif menggunakan excel, Analisis (Pengujian Hipotesis) Metode Independent Samples T-Test tingkat signifiksn 5% menggunakan SPSS, dari 9(sembilan) responden, terhadap materi dan media pembelajarannya. Evaluasi hasil belajar digunakan penilaian rentang skor 1 sampai dengan 6 (enam) untuk media pembelajarannya dan 11(sebelas) pertanyaan berkaitan pemahaman materinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pengajaran dengan media video menghasilkan score rata-rata jawaban benar lebih besar dari pada rata-rata score jawaban benar dengan media pengajaran PPT. Prosentase untuk media pembelajaran video sangat setuju sekali(sss) 40.28% sedangkan penilaian media pembelajaran PPT sangat setuju sekali(sss) 37.04%.

Kata kunci : analisis diskriptif, grafika komputer, materi video dan PPT

PENDAHULUAN

Wabah covid 19 tidak hanya terjadi di Indonesia, tetapi melanda seluruh dunia hal ini sangat mempengaruhi dunia Pendidikan, karena penularan sangat cepat melalui kontak langsung dengan penderita. Pembelajaran tetap harus berjalan walaupun tidak dengan tatap muka, Oleh karena itu untuk mengurangi penularan sementara mendikbud mengintruksikan perkuliahan secara daring (*online*). Karena perkuliahan di dilaksanakan secara daring maka perlu dicari metode pembelajaran yang tepat. Supaya pembelajaran berjalan lancar, seperti perkuliahan dengan menggunakan media zoom, elearning, juga dapat dilakukan metode pembelajaran dalam penyampaian materi berbentuk video, video tutorial dan lainnya. Karena video dapat menyampaikan materi pembelajaran secara efektif dan

efisien, mudah dimengerti, memberikan pengalaman baru dan mendukung pembelajaran aktif serta diberikan dalam bentuk visual, sehingga mahasiswa dapat mempelajari materi tanpa harus kontak langsung dengan pendidik atau dosennya.

Metode pembelajaran berbasis video sangat berhubungan erat dengan penyajian huruf (*teks*), gambar (*image*), animasi, suara (*audio*), video baik secara parsial maupun integrasi semua elemen multimedia tersebut. Hasil video pembelajaran dapat disimpan dalam bentuk CD, komputer, facebook, twitter, youtube atau didistribusi melalui internet dan dapat diatur melalui suatu sistem manajemen pembelajaran atau populer dengan istilah *Content Management System* (CMS) atau *Learning Management System* (LMS). Dalam penyusunannya perlu memperhatikan kapasitas penyimpanan file video, karena file video jika tanpa dikompres akan banyak memakan memori penyimpanan apalagi file video yang penuh animasi, apabila di uploadkan di internet loading akan lama. Tujuan dari penelitian ini membuat media pembelajaran berbasis video yang diterapkan pada matakuliah Grafika Komputer untuk memberi kemudahan mahasiswa dalam mempelajari materi kuliah secara mandiri dan membandingkan materi dalam bentuk PPT. Beberapa referensi yang digunakan, (Vaughan, T, 2006), unsur-unsur penting yang terdapat dalam pembuatan video seperti grafik, teks, suara, animasi grafik (gambar) diperlukan untuk menampilkan gambar yang akan dimunculkan pada video, gambar dapat diperoleh dari gambar yang sudah jadi atau didesain terlebih dahulu untuk dimanipulasi dengan software corel, adobe photo shop, paint dan lainnya. Teks diperlukan untuk memperkuat karakter yang akan ditampilkan. Suara untuk membuat video lebih hidup karena sebagai sarana komunikasi dengan orang lain.

Dalam menampilkan materi berbasis video, diperlukan tataletak teks, foto, gambar, suara dan animasi, dipilih mana yang lebih representatif sehingga audiens tertarik dan memahami informasi yang akan disampaikan. Pembuatan video perlu menyiapkan naskah untuk ide yang akan disajikan seperti untuk penyusunan transisi antar gambar, pengambilan gambar, penggunaan kamera, tata suara (audio, sound) dll. (Balamba M, K., dkk, 2017), membahas simulasi pembuatan video animasi 3 dimensi tentang penyakit jantung koroner dengan menggunakan aplikasi Wondershare Filmora dan Audacity yang disimpan format file.mp4 beresolusi 720 x 576 pixel berdurasi 5 menit 55 detik dan ukuran file 163 MB, proses dimulai dengan menentukan ide dan tema, studi literatur, mengumpulkan data sehingga merancang storyboard. Rekam jejak pembuatan video animasi 3D. (Buchori A, Muhtarom, Maharani 2016), Penelitian membahas ada tidaknya perbedaan rata-rata hasil belajar antara siswa yang dikenai model pembelajaran LC5E berbantuan multimedia interaktif, CRH berbantuan multimedia interaktif dan model konvensional. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMA Negeri 1 Pecangaan. [Jatmiko, dkk, 2017] dalam tulisan ini menceritakan analisis konsep/topik perancangan awal instrumen, penyederhanaan langkah-langkah dan teori pengembangan perangkat pembelajaran Thiagarajan (Thiagarajan, Semmel dan Semmel).. Hasil dari penelitian ditunjukkan dari hasil penghitungan selisih nilai pre-test dan post-test kelas eksperimen dan kontrol menguji membandingkan materi tidak menggunakan video dengan materi menggunakan video. Dan hasilnya penyampaian materi menggunakan video lebih baik daripada tidak menggunakan video. [Andriani S dkk 2019], Penelitian mengembangkan video pembelajaran interaktif berbasis realistic, menggunakan model penelitian pengembangan yaitu model Four-D (4-D), yang memiliki empat tahap utama yaitu: (1) Define (Pendefinisian/ Kajian Awal), (2) Design (Perancangan), (3) Develop (Pengembangan), dan (4) Disseminate (Penyebaran). Penelitian menghasilkan sebuah video pembelajaran matematika interaktif berbasis realistik yang telah dinyatakan valid dan layak digunakan sebagai media pembelajaran oleh validator ahli media, ahli materi, praktisi dan user. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil pengembangan video pembelajaran interaktif berbasis realistik memenuhi kriteria media pembelajaran yang valid. [Harmastuti, 2018], dalam penelitian membandingkan tampilan gambar tiga software video dengan diujikan pada audiens remaja usia 18 tahun sebanyak 70 responden. [Yudianto A, 2017], meneliti media video pembelajaran manfaat serta peran video dalam pembelajaran, menggunakan pendekatan kepustakaan. [Agni I, 2018], Dalam pembelajaran akuntansi, memperhatikan pentingnya fungsi media pembelajaran, Penentuan jenis yang tepat yang memperhatikan dari sisi komunikatif, motivasi, kebermaknaan, penyamaan persepsi dan individualitas. Kelima fungsi ini memberikan penjelasan bahwa media pembelajaran memiliki dampak yang positif pada proses pembelajaran, jenis media pembelajaran yang dapat dikembangkan dan diterapkan pada proses pembelajaran akuntansi yaitu 1) Media Visual, 2) Media Audio-Visual, dan 3) Multimedia. [Susanti, E, dkk 2018], Pada penelitian ini mendesain video pembelajaran dan menentukan unsur-unsur yang terdapat dalam video pembelajaran pada pendidikan jarak jauh supaya efektif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa studi kasus yang dilakukan di Program Studi Administrasi Publik Universitas Terbuka. Metode penelitian yang dipakai desain evaluatif dengan pendekatan kuantitatif deskriptif. Langkah penelitian pengukuran input (perancangan video)

pengukuran output dan outcome (pengukuran peningkatan pemahaman mahasiswa). Pengumpulan data pre test dan posttest berbentuk angket dan wawancara, dalam penyusunan video memperhatikan aspek konten, durasi video, bentuk media video, warna, music, presenter, penggunaan Bahasa. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pembelajaran multimedia pada mata kuliah Grafika Komputer. [Yuniansyah, Andri S, 2017] Metode pengembangan yang digunakan adalah ADDIE (Analysis Design Develop Implementation Evaluate) yang merupakan metode yang biasa digunakan untuk pengembangan multimedia pembelajaran.

METODE

Penelitian diawali dengan studi literatur, video, jenis penyimpanan file video, materi grafika, media penyimpanan yang dapat digunakan, melakukan telaah mengenai pengertian video, sebagai contoh dibuat video pembelajaran singkat pertemuan 1-7 dan cara penyusunan, penyimpanan.. Untuk implementasi software yang dipakai untuk menyusun materi video yaitu *software powerpoint* (PPT) dan *Wondershare Filmora Video Editor* untuk editingnya. Materi disusun dalam bentuk powerpoint apabila sudah selesai, materi tersebut disusun dalam bentuk video melalui PPT dan disimpan dalam MP4, selanjutnya materi yang sudah jadi video di edit ulang melalui *Wondershare Filmora* sampai materi sesuai yang diinginkan.

Uji yang dilakukan yaitu: uji pemahaman materi grafika komputer dalam bentuk PPT dan Video kepada sembilan responden (mahasiswa) dengan membagikan kuisioner sebanyak 11 pertanyaan, penilaian tentang penyajian media pembelajaran video dan PPT dengan empat score nilai 1 sampai 4, kriteria tersebut: Tidak Setuju (1), Setuju (2), Sangat Setuju (3), Sangat Setuju Sekali (4). Untuk media video ada 9 (sembilan) topik yang harus dinilai yaitu: disain *background*, warna, *background* musik, suara narasi, durasi, ukuran tulisan, font, materi, topik yang dibahas. Untuk media PPT ada 6 (enam) topik yang harus dinilai yaitu disain *background*, warna, ukuran tulisan, *font*, materi, topik yang dibahas.

Hasil kuisioner dilakukan analisis menggunakan analisis deskriptif. karena metode ini merupakan metode analisis statistik yang bertujuan untuk memberikan deskripsi atau gambaran mengenai subjek penelitian berdasarkan data variabel yang diperoleh dari kelompok subjek tertentu. Untuk mengetahui gambaran efektifitas penggunaan video pembelajaran oleh mahasiswa maka dilakukan analisis deskriptif untuk mengetahui gambaran hasil olahan datanya, dalam bentuk tabel distribusi frekuensi, tabel histogram, nilai mean, nilai standar deviasi dan lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa materi pembelajaran dalam bentuk PPT dan Video dan selanjutnya dilakukan uji dengan memberikan kuisioner untuk pemahaman materi dengan menjawab 11 (sebelas) pertanyaan kepada 9 responden (mahasiswa) Jurusan Rekayasa Sistem Komputer dan diperoleh hasil jawaban benar seperti yang tertulis pada tabel 1,

Tabel 1. Total score jawaban benar responden

No	Nama	Kelompok 1 (PPT)	Kelompok 2 (Video)
1	Mahasiswa ke 1	7	6
2	Mahasiswa ke 2	2	5
3	Mahasiswa ke 3	7	7
4	Mahasiswa ke 4	7	7
5	Mahasiswa ke 5	7	7
6	Mahasiswa ke 6	5	8
7	Mahasiswa ke 7	9	9
8	Mahasiswa ke 8	7	8
9	Mahasiswa ke 9	7	-

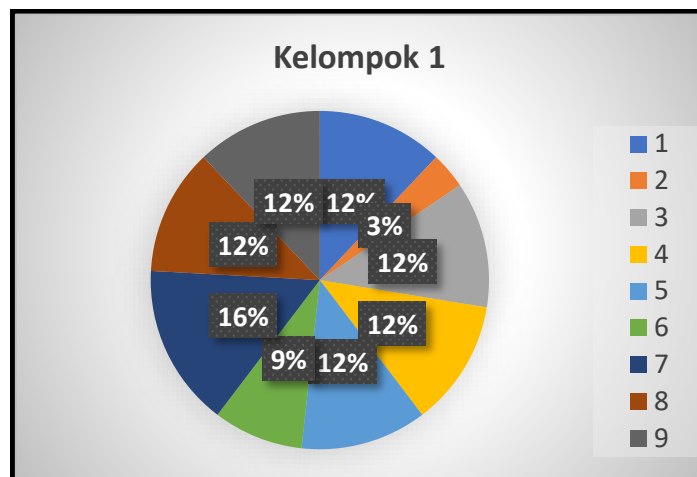
Analisis pengujian dengan excel

Dari tabel 1 dilakukan analisis data yaitu dilakukan analisis deskriptif dengan menggunakan excel untuk media PPT dan video. Analisis ini akan menyelidiki tingkat pemahaman materi pembelajaran PPT (kelompok1) dan video (kelompok 2) menggunakan excel dihasilkan tabel 2

Tabel 2. Perhitungan excel materi PPT dan Video

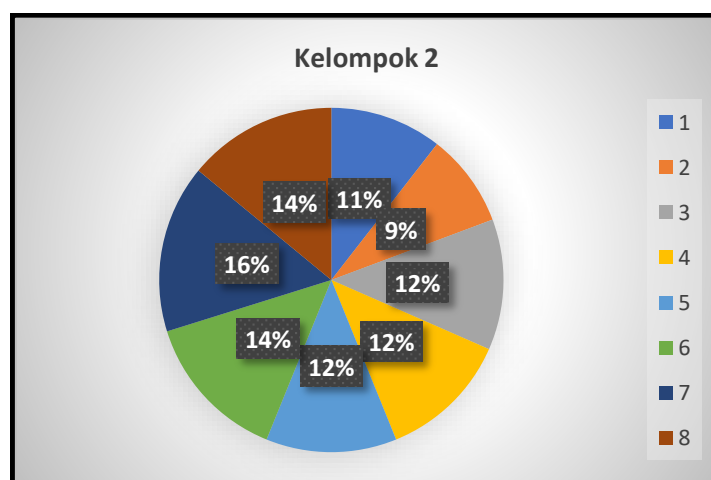
Group Statistics					
	Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil	Kelompok 1	9	6.44	1.944	.648
	kelompok 2	8	7.12	1.246	.441

Dari tabel 2.diketahui kelompok 1 dengan jumlah 9 responden, memiliki nilai mean atau rata-rata sebesar 6,44, standar deviasi sebesar 1,944, dan standar eror sebesar 0,648. Sedangkan kelompok 2 dengan jawaban benar dari jumlah 8 responden, satu peserta tidak menjawab, memiliki nilai rata-rata atau mean sebesar 7,12, dengan nilai standar deviasi sebesar 1,246, dan standar eror data sebesar 0,441. Prosentase penilaian tingkat pemahaman materi PPT dapat dilihat gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pie, jawaban benar responden kelompok 1

Berdasarkan diagram Pie diatas, diketahui bahwa kelompok 1 yang merupakan responden dengan metode pembelajaran PPT, memiliki jumlah responden sebanyak 9 orang. Diketahui bahwa responden dengan score jawaban benar terendah adalah responden kedua (Mahasiswa ke 2), dengan score benar 2 atau 3%, dan responden dengan score benar tertinggi adalah responden 7 (Mahasiswa ke 7) dengan score benar 9 poin atau 16%. selanjutnya gambaran prosentase penilaian tingkat pemahaman materi video dari table 1 disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Pie jawaban benar responden Kelompok 2

Dari pengujian pemahaman materi terhadap pembelajaran dengan menggunakan video, diketahui bahwa responden dengan score benar terendah yakni responden kedua dengan score benar adalah 5 poin atau 9% (Mahasiswa ke 2), dan yang memiliki score benar tertinggi adalah responden 7 (Mahasiswa ke 7) dengan score benar 9 poin atau 16%.

Pengujian Hipotesis dengan Metode Independent Samples T -Test

Pengujian hipotesis pada tabel 3 dengan metode Independent Samples T-Test, untuk materi kelompok 1 dan kelompok2 dilakukan untuk melihat Varians data kelompok 1 dan kelompok 2 sama atau tidak dengan tingkat signifikansi 5%.

Tabel.3. Pengujian Hipotesis materi PPT dan Video

		Levene's Test for Equality of Variances		Test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (1-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
Hasil	Equal variances assumed	.538	.475	-.846	15	.411	-.681	.804	Lower	Upper
	Equal variances not assumed									

Uji Hipotesis Varians

a. Hipotesis:

H_0 = Varians data kelompok 1 dan kelompok 2 sama

H_1 = Varians kelompok 1 dan kelompok 2 tidak sama

b. Taraf signifikansi: ($\alpha = 5\% = 0,05$)

c. Statistik uji:

Dengan pengujian menggunakan *software SPSS*, diperoleh nilai

p-value (sig) = 0,475

d. Daerah kritis

Pengambilan keputusan, H_0 Ditolak, jika nilai *p-value (sig)* < α (α) = 0,05,

Sebaliknya H_0 Tidak Ditolak, jika nilai *p-value (sig)* > α (α) = 0,05,

e. Kesimpulan

Berdasarkan nilai *p-value* = 0,475 > α = 0,05, maka H_0 Tidak Ditolak, yang berarti Varians data kelompok 1 dan kelompok 2 sama.

Maka untuk pengujian rata-rata menggunakan nilai sig dari **Equal variances assumed**

Pengujian hipotesis dengan metode Independent Samples T -Test, untuk materi kelompok 1 dan kelompok2 apakah uji rata-rata apakah ada perbedaan data kelompok 1 dan kelompok 2 sama atau tidak dengan tingkat signifikansi 5%.

Uji Hipotesis Rata-rata

a. Hipotesis:

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$ (Tidak ada perbedaan rata-rata nilai kelompok 1 dan kelompok 2)

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$ (Ada perbedaan rata-rata nilai kelompok 1 dan kelompok 2)

b. Taraf signifikansi: ($\alpha = 5\% = 0,05$)

c. Statistik uji:

Diperoleh nilai *p-value (sig 2 tailed)* = 0,411

d. Daerah kritis

Pengambilan keputusan, H_0 Ditolak, jika nilai *p-value (sig)* < α (α) = 0,05,

Sebaliknya H_0 Tidak Ditolak, jika nilai *p-value (sig)* > α (α) = 0,05,

e. Kesimpulan

Berdasarkan nilai *p-value* = 0,411 > α = 0,05, maka H_0 Tidak Ditolak, yang berarti. Tidak ada perbedaan rata-rata nilai kelompok 1 dan kelompok 2 secara signifikan pada tingkat kepercayaan 95%.

Analisis yang kedua Statistika Deskriptif

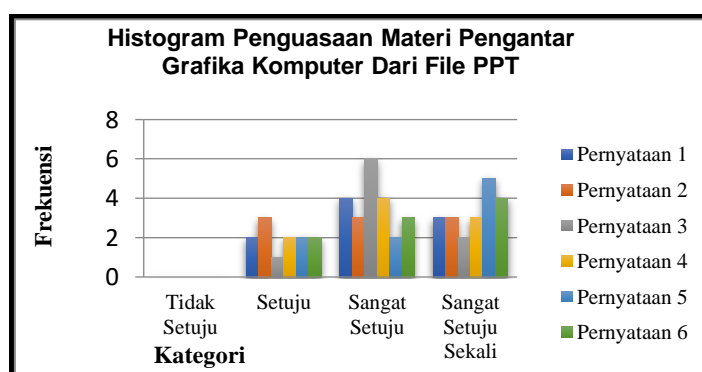
Disini akan dilakukan analisis **medianya** yaitu materi grafika computer dalam bentuk PPT dan video, mengenai isi materi, bentuk font, warna tata tulis dan suara yang telah disusun di ujikan kepada 9 (sembilan) mahasiswa. Untuk media PPT ada terdapat 6 pertanyaan dan media Video ada 9. Menggunakan analisis deskriptif diperoleh hasil sebagai berikut. Pada media PPT terdapat 6 (enam) topik yang harus dinilai yaitu disain background, warna, ukuran tulisan, font, materi, topik yang dibahas dengan kategori penilaian: Tidak Setuju (TS), Setuju(S), Sangat Setuju(SS), Sangat Setuju Sekali(SSS)

Statistika Deskriptif Untuk Kepuasan,

Hasil penilaian penggunaan media pembelajaran grafika computer dalam bentuk PPT dengan menjawab 6 pertanyaan, untuk 9 mahasiswa dinyatakan dalam tabel 4 untuk histogram dari penilaian media PPT dari tabel 4 dapat dilihat pada gambar 4

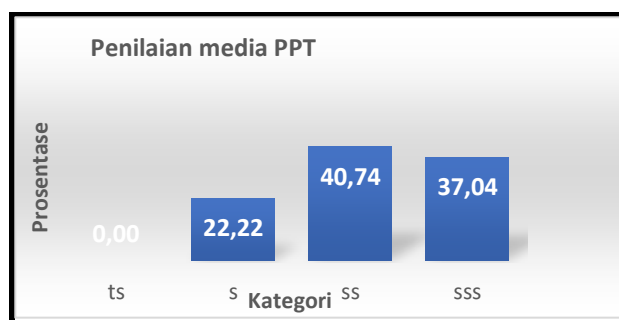
Tabel 4. Banyaknya penilaian media PPT

Kategori	Pernyataan					
	1	2	3	4	5	6
Tidak Setuju	0	0	0	0	0	0
Setuju	2	3	1	2	2	2
Sangat Setuju	4	3	6	4	2	3
Sangat Setuju Sekali	3	3	2	3	5	4



Gambar 4 Histogram penguasaan materi PPT

Sedangkan prosentase penilai media PPT dinyatakan gambar 5, sebagai berikut:



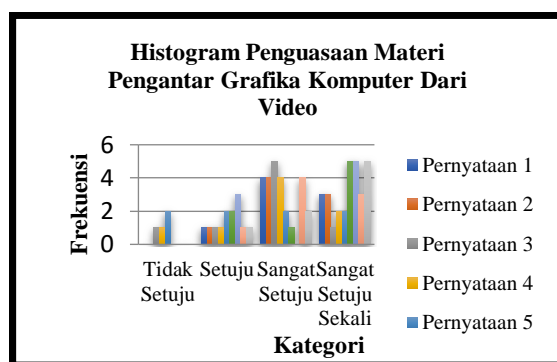
Gambar 5. Prosentase penilai media PPT

Dari sembilan pertanyaan yang diberikan terdapat prosentase penilai penguasaan media PPT yang tidak setuju (ts) 0, setuju(s) 22.22%, sangat setuju(ss) 40.74%, sangat setuju sekali(sss) 37.04%. Hasil penilaian penggunaan media pembelajaran grafika computer dalam bentuk video dengan menjawab 9 pertanyaan, untuk 9 mahasiswa dinyatakan dalam tabel 5. Pada media video terdapat 9 (sembilan) topik yang harus dinilai yaitu : disain background, warna, background musik, suara narasi, durasi, ukuran tulisan, font ,materi, topik yang dibahas. Hasil penilaian dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Banyaknya penilaian media video

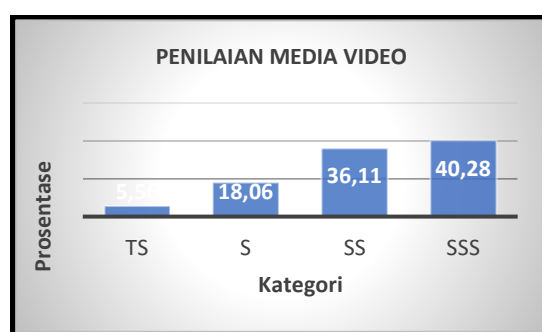
Kategori	Pernyataan								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tidak Setuju (TS)	0	0	1	1	2	0	0	0	0
Setuju(S)	1	1	1	1	2	2	3	1	1
Sangat Setuju(SS)	4	4	5	4	2	1	0	4	2
Sangat Setuju Sekali(SSS)	3	3	1	2	2	5	5	3	5

Histogram Penilaian media pembelajaran video dari tabel 5, seperti tampak pada Gambar 6



Gambar 6. Histogram penguasaan materi Video

Prosentase penilaian media video tabel 5 oleh responden dapat dilihat pada gambar 7, sbb:



Gambar 7. Prosentase penilaian materi Video

Hasil dari penilaian media video pada gambar 7, pertanyaan yang diberikan dan prosentase penilaian penguasaan media video dapat dilihat hasilnya yang tidak setuju (TS) 5.56% ,setuju(S) 18.06%, sangat setuju (SS) 36.11%, sangat setuju sekali(SSS) 40.28%.

KESIMPULAN

Dari implementasi dan analisis dapat disimpulkan pengujian yang dilakukan terhadap kelompok 1 dan kelompok 2, secara deskriptif nilai rata-rata dari score jawaban benar responden kelompok 1 (6,44) kurang dari responden kelompok 2 (7,12). Atau dapat dikatakan metode pengajaran dengan media video menghasilkan score rata-rata jawaban benar lebih besar dari pada rata-rata score jawaban benar media pengajaran PPT. Berdasarkan pengujian hipotesis dengan menggunakan hasil output SPSS, diketahui bahwa nilai $p\text{-value} = 0,411 > \alpha = 0,05$, maka H_0 Tidak Ditolak, yang berarti, Tidak ada perbedaan rata-rata secara signifikan antara nilai kelompok 1 dengan metode pengajaran melalui media PPT dan kelompok 2 dengan metode pengajaran melalui media Video pada tingkat kepercayaan 95%. Pemahaman media pembelajaran PPT, dari ke enam pertanyaan yang diberikan prosentase penilai penguasaan media PPT yang tidak setuju (ts) 0% ,setuju(s) 22.22%, sangat setuju (ss) 40.74%, sangat setuju sekali(sss) 37.04%. Pemahaman media pembelajaran Video, dari ke Sembilan pertanyaan yang diberikan prosentase penilai penguasaan media video yang tidak setuju (TS) 5.56% , setuju (S) 18.06%, sangat setuju (SS) 36.11%, sangat setuju sekali (SSS) 40.28%..

DAFTAR PUSTAKA

- Aghni,I, 2018., Fungsi Dan Jenis Media Pembelajaran Dalam Pembelajaran Akuntansi, *Jurnal Pendidikan Akuntansi Indonesia*, Vol. XVI, No. 1, Tahun 2018
- Andriani S, Sunismi , Anies Fuady 2019, Pengembangan Video Pembelajaran Matematika Interaktif Berbasis Realistik Pada Materi Aritmatika Kelas VII SMP, *JP3*, Volume 14, No. 7, Juli 2019
- Arsyad, Azhar. 2014. *Media Pembelajaran*. Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada
- Balamba M, K., dkk, 2017, Animasi 3 Dimensi Penyakit Jantung Koroner Pada Manusia, *E-Journal Teknik Informatika* Vol 11, No. 1 Tekno, Universitas Sam Ratulangi

- Buchori A, Muhtarom, Maharani 2016, Keefektifan model pembelajaran Lc5e dan Crh Berbantuan Multimedia Interaktif terhadap Hasil Belajar Siswa, Prodi Pendidikan Matematika FPMIPATI Universitas PGRI Semarang
- Falahudin I, 2014, *Pemanfaatan Media dalam Pembelajaran*, Widyaiswara Balai Diklat Keagamaan (BDK) Jakarta, Jl. Rawa Kuning Pulo Gebang Cagung, Jakarta Timur
- Fahri, MU, 2017., *Pemanfaatan Video Sebagai Media Pembelajaran*, Binus
- Harmastuti, 2018. *Perbandingan Kualitas Citra Pada Aplikasi Tiga Software Video*, LPPM Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- Hofstetter, FT. ,2001, *Multimedia Literasy*, third Edition, Mc. Graw-Hill Inc.
- Jatmika dkk, 2017, Sebuah Rekam Jejak Proses Pembuatan Perangkat Pembelajaran Berbasis Video Animasi 3d Portofolio, *Jurnal Math Educator Nusantara (Jmen)* Pendidikan Matematika
- Susanti, E, Ridho Harta, Ayi Kirana Mas Halimah 2018, Desain Video Pembelajaran yang efektif pada Pendidikan jarak jauh Studi di Universitas terbuka, *Jurnal Pendidikan kebudayaan* , Vol 3, nomor 2, Desember 2018.
- Vaughan T, 2006, *Multimedia making it Work* edisi 6 , Andi Yogyakarta,
- Yuniansyah , Andri Saputra, 2017, Pengembangan Multimedia Pembelajaran Untuk Matakuliah Grafik Komputer Menggunakan Metode Addi. *Jurnal Matrik* Vol. 17 No. 1, November 2017
- Yudianto A, 2017, *Penerapan Video Sebagai Media Pembelajaran*, Program Studi Pendidikan Teknologi Informas', Universitas Muhammadiyah Sukabumi.

Pengaruh Tegangan Eksitasi Terhadap output Tegangan Generator Sinkron 3 Fasa 6,3kV

Prastyono Eko Pambudi¹, Muhammad Suyanto^{*2}, Dio Septa Yogaswara³

¹²³Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: myanto@akprind.ac.id²

ABSTRACT

Synchronous generators work by changing mechanical energy into 1 and 3 phase electrical energy. Reactive power is needed by consumers to generate magnetic fields in inductive electrical loads. The reactive power setting can be adjusted by increasing or decreasing the excitation current. Excitation current is a DC electric current that is supplied to the generator rotor to generate a magnetic field. The excitation current is proportional to the reactive power released by the generator. This is indicated by the increase in the reactive power of the generator which was initially valued at 0.6999 MVAR to 0.7655VAR after the excitation current was increased from 0.130 kA to 0.140 kA. The data used is measurement data per day from July 1 to July 14, 2022. Calculation of reactive power using the power triangle formula has results that are close to the values of reactive power measured by the largest difference of 0.0198 MVAR or 2.8637547%. The reactive power is all positive so the state of the generator is lagging. The output voltage tends to be stable near the nominal voltage of 6.3 kV, this is because the increase and decrease in excitation is intended to keep the generator output voltage stable.

Keywords: excitation system, reactive power, synchronous generator.

INTISARI

Generator sinkron bekerja dengan mengganti energi mekanis jadi energi listrik 1 dan 3 fasa. Daya reaktif diperlukan konsumen untuk membangkitkan medan magnet pada beban-beban listrik yang bersifat induktif. Pengaturan daya reaktif tersebut dapat diatur dengan menaikkan ataupun menurunkan arus eksitasi. Arus eksitasi merupakan arus listrik DC yang disuplai ke rotor generator untuk membangkitkan medan magnet. Arus eksitasi sebanding dengan daya reaktif yang dikeluarkan generator. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sistem eksitasi terhadap daya reaktif dan tegangan keluaran generator menggunakan metode longitudinal (time series) yaitu penelitian yang dilakukan berulang-ulang pada sampel dan variabel yang sama. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya daya reaktif generator yang awalnya senilai 0.6999 MVAR menjadi 0.7655VAR setelah arus eksitasi dinaikkan dari 0.130 kA menjadi 0.140 kA. Data yang digunakan adalah data hasil pengukuran per hari dari tanggal 1 Juli hingga 14 Juli 2022. Perhitungan daya reaktif menggunakan rumus segitiga daya mempunyai hasil yang mendekati nilai-nilai daya reaktif hasil pengukuran yaitu dengan selisih terbesar 0.0198 MVAR atau senilai 2.8637547%. Daya reaktif semua bernilai positif sehingga keadaan generator adalah lagging. Tegangan keluaran cenderung stabil mendekati tegangan nominal 6,3 kV, hal ini dikarenakan peningkatan dan penurunan eksitasi tersebut memang ditujukan untuk menjaga agar tegangan keluaran generator tetap stabil.

Kata kunci: daya reaktif, generator sinkron, sistem eksitasi.

PENDAHULUAN

Generator sinkron mempunyai kumparan jangkar pada stator dan kumparan medan pada stator. Apabila kumparan jangkar dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa akan ditimbulkan medan putar pada stator (Suyanto dkk., 2021). Kumparan medan rotor diberi arus searah sehingga mendapatkan tarikan dari kutub medan stator hingga turut berputar dengan kecepatan yang sama. (A. K. Datta, 2014). Dalam penelitian ini akan dibahas tentang sistem eksitasi statis yang akan diimplementasikan dalam generator sinkron.

Sistem eksitasi statis dirancang untuk memenuhi semua mode operasi generator berkapasitas besar. Salah satu pembangkit listrik di Indonesia yang menerapkan sistem eksitasi statis adalah PLTA Saguling, Jawa Barat. PLTA ini menghasilkan daya sebesar 700,72 MW yang terdiri dari empat unit generator, dimana masing-masing generator mempunyai keluaran daya sebesar 175,18 MW. Pada sistem pembangkitan, salah satu komponen utamanya adalah generator. Generator inilah yang akan

menghasilkan tegangan yang kemudian akan disalurkan ke sistem. Sistem pembebanan interkoneksi yang dinamis menyebabkan terjadinya fluktuasi pada tegangan keluaran generator. Perubahan tegangan keluaran ini akan memberikan efek pada generator. Pengaturan tegangan pada generator dilakukan dengan mengatur arus eksitasi pada generator. Ketika beban naik, tegangan keluaran generator akan turun dan ketika beban turun, tegangan generator akan naik. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan tegangan keluaran dengan mengatur arus eksitasi. (Ismail.A.F, 2021), menggunakan generator sinkron ada dua hal pengaturan yang harus dilakukan yaitu pengaturan tegangan keluaran yang berhubungan dengan daya reaktif dan frekuensi keluaran yang berhubungan dengan daya aktif generator. Ketika beban naik terjadi penurunan tegangan keluaran dan ketika beban turun terjadi kenaikan tegangan keluaran maka diperlukan pengaturan tegangan keluaran dengan cara mengatur arus eksitasi. (F.Sari, 2021)

Sistem eksitasi merupakan komponen yang sangat berguna pada pengoperasian generator. Sistem eksitasi merupakan sistem penguatan pada generator sinkron untuk membangkitkan arus medan sehingga suatu generator bisa menciptakan tenaga listrik dengan besar tegangan keluaran generator tertentu yang besarnya tergantung pada besar arus eksitasi. Pengaturan arus eksitasi ini akan mempengaruhi tegangan terminal (tegangan keluaran) generator. Arus eksitasi yang tidak dikendalikan akan menimbulkan penyebaran fluks tidak merata. Tegangan yang dihasilkan generator juga akan mempengaruhi daya reaktif yang dihasilkannya.(Habibi, 2019).

Penelitian ini dilakukan untuk mengamati tentang bagaimanakah pengaruh arus dan tegangan eksitasi terhadap tegangan keluaran dan daya reaktif pada generator. dan akan mengkaji tentang pengaruh arus dan tegangan eksitasi terhadap tegangan keluaran dan daya reaktif pada generator pengaruh arus dan tegangan eksitasi terhadap tegangan keluaran dan daya reaktif pada generator.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian diskriptif *exploratory* ini adalah metode longitudinal (*time series*) yaitu penelitian yang dilakukan berulang-ulang pada sampel dan variabel yang sama. (Sugiyono, 2012). Metode penelitian ini digunakan untuk mendapatkan data dengan tujuan dapat dideskripsikan, dibuktikan, dikembangkan dan ditemukan pengetahuan, teori, untuk memahami, memecahkan dan mengantisipasi masalah dalam kehidupan manusia. (Chapman S. J., 2005).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain *schneider power meter*, *cos phi meter analog*, *ampere meter analog*, *volt meter analog*, *speed meter analog*, *frekuensi meter analog*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah generator sinkron unit 2, automatic voltage regulator dan generator eksitasi unit 2, perhitungan daya reaktif dengan menggunakan prinsip segitiga daya lalu membandingkan hasil perhitungan daya reaktif dengan data hasil pengukuran. Perbandingan juga dilakukan antara arus eksitasi dengan daya reaktif dengan tegangan keluaran generator unit 2.

Ada beberapa hal yang perlu dianalisis untuk mengetahui sistem eksitasi bekerja secara baik dan berfungsi sesuai yang di harapkan atau tidak, hal-hal yang perlu dianalisis antara lain mengamati beberapa data yang dihasilkan generator sinkron, daya reaktif di data *logsheet*, eksitasi terhadap daya reaktif generator dan pengaruh eksitasi terhadap tegangan keluaran generator.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya reaktif merupakan daya listrik yang dibutuhkan untuk beban-beban listrik yang bersifat induktif. Daya reaktif diperlukan untuk pembangkitan medan magnet pada motor motor listrik. Satuan dari daya reaktif dinyatakan oleh VAR (Volt Ampere Reactive). (Savira.R, 2020). Perhitungan daya reaktif dilakukan untuk membandingkan hasil dari pengukuran keluaran generator dengan hasil perhitungan apakah hasilnya mendekati dengan menggunakan prinsip segitiga daya, perhitungan ini menggunakan persamaan yaitu:

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \dots\dots\dots (1)$$

$$\sin \theta = \frac{\text{Output daya aktif}}{\text{Output daya semu}} \dots\dots\dots (2)$$

Data yang diambil merupakan data daya aktif dan daya semu yaitu sebagai berikut,

1. Data operasi generator unit 2, diperoleh hasil,

Daya aktif (P) : 0,58 MW

Daya semu (S) : 0,9143 MVA

$$\sin \theta = \frac{\text{Output daya aktif}}{\text{Output daya semu}} = \frac{0,58 \text{ MW}}{0,9143 \text{ MVA}} = 0,6343$$

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}(0,6343) = 32,3869 \\ \cos \theta &= 0,8444 \\ \sin \theta &= 0,5356 \\ Q &= V \times I \times \sin \theta \times \sqrt{3} = S \times \sin \theta \times \sqrt{3} = 0,9143 \times 0,5356 \times \sqrt{3} = 0,8481 \text{ MVAR}\end{aligned}$$

2. Data operasi generator unit 2, diperoleh hasil,

$$\begin{aligned}\text{Daya aktif (P)} &: 0,64 \text{ MW} \\ \text{Daya semu (Q)} &: 0,9151 \text{ MVA} \\ \sin \theta &= \frac{\text{Output daya aktif}}{\text{Output daya semu}} = \frac{0,64 \text{ MW}}{0,9151 \text{ MVA}} = 0,6993 \\ \theta &= \tan^{-1}(0,6993) = 34,965 \\ \cos \theta &= 0,8195 \\ \sin \theta &= 0,573 \\ Q &= V \times I \times \sin \theta \times \sqrt{3} = S \times \sin \theta \times \sqrt{3} = 0,9151 \times 0,573 \times \sqrt{3} = 0,9082 \text{ MVAR}\end{aligned}$$

3. Data operasi generator unit 2, diperoleh hasil,

$$\begin{aligned}\text{Daya aktif (P)} &: 0,82 \text{ MW} \\ \text{Daya semu (S)} &: 0,918 \text{ MVA} \\ \sin \theta &= \frac{\text{Output daya aktif}}{\text{Output daya semu}} = \frac{0,82 \text{ MW}}{0,918 \text{ MVA}} = 0,8932 \\ \theta &= \tan^{-1}(0,8932) = 41,7712 \\ \cos \theta &= 0,7458 \\ \sin \theta &= 0,6661 \\ Q &= V \times I \times \sin \theta \times \sqrt{3} = S \times \sin \theta = 0,918 \times 0,6661 \times \sqrt{3} = 1,0591 \text{ MVAR}\end{aligned}$$

4. Data operasi generator unit 2, diperoleh hasil,

$$\begin{aligned}\text{Daya aktif (P)} &: 0,83 \text{ MW} \\ \text{Daya semu (S)} &: 0,9181 \text{ MVA} \\ \sin \theta &= \frac{\text{Output daya aktif}}{\text{Output daya semu}} = \frac{0,83 \text{ MW}}{0,9181 \text{ MVA}} = 0,904 \\ \theta &= \tan^{-1}(0,904) = 42,1135 \\ \cos \theta &= 0,7418 \\ \sin \theta &= 0,6706 \\ Q &= V \times I \times \sin \theta \times \sqrt{3} = S \times \sin \theta \times \sqrt{3} = 0,9181 \times 0,6706 \times \sqrt{3} = 1,0663 \text{ MVAR}\end{aligned}$$

5. Data operasi generator unit 2, diperoleh hasil,

$$\begin{aligned}\text{Daya aktif (P)} &: 0,84 \text{ MW} \\ \text{Daya semu (S)} &: 0,9183 \text{ MVA} \\ \sin \theta &= \frac{\text{Output daya aktif}}{\text{Output daya semu}} = \frac{0,84 \text{ MW}}{0,9183 \text{ MVA}} = 0,9147 \\ \theta &= \tan^{-1}(0,9147) = 42,4491 \\ \cos \theta &= 0,7378 \\ \sin \theta &= 0,6749 \\ Q &= V \times I \times \sin \theta \times \sqrt{3} = S \times \sin \theta \times \sqrt{3} = 0,9183 \times 0,6749 \times \sqrt{3} = 1,0734 \text{ MVAR}\end{aligned}$$

6. Data operasi generator unit 2, diperoleh hasil,

$$\begin{aligned}\text{Daya aktif (P)} &: 0,81 \text{ MW} \\ \text{Daya semu (S)} &: 0,9177 \text{ MVA} \\ \sin \theta &= \frac{\text{Output daya aktif}}{\text{Output daya semu}} = \frac{0,81 \text{ MW}}{0,9177 \text{ MVA}} = 0,8826 \\ \theta &= \tan^{-1}(0,8826) = 41,4316 \\ \cos \theta &= 0,7497 \\ \sin \theta &= 0,6617\end{aligned}$$

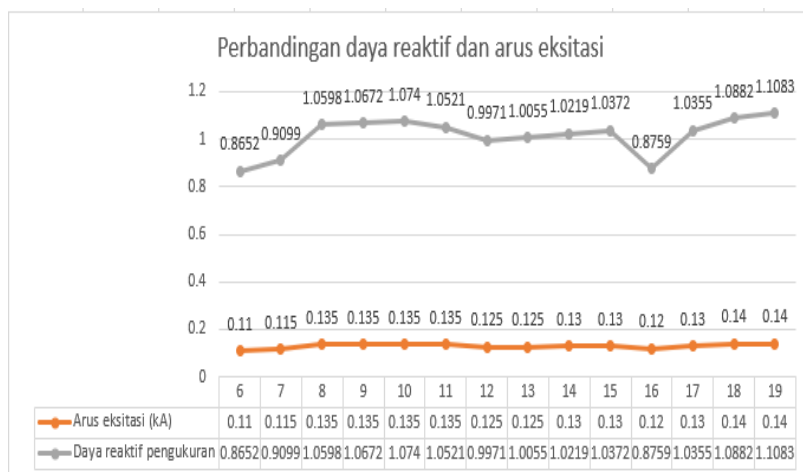
$$Q = V \times I \times \sin \theta \times \sqrt{3} = S \times \sin \theta \times \sqrt{3} = 0,9177 \times 0,6617 \times \sqrt{3} = 1,0517 \text{ MVAR}$$

Hasil analisis pengukuran daya reaktif (MVAR) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis pengukuran daya reaktif (MVAR)

Jam	Arus eksitasi (kA)	Daya reaktif (MVAR)
6.00	0.11	0.8652
7.00	0.115	0.9099
8.00	0.135	1.0598
9.00	0.135	1.0672
10.00	0.135	1.0740
11.00	0.135	1.0521
12.00	125	0.9971
13.00	125	1.0055
14.00	130	1.0219
15.00	130	1.0372
16.00	120	0.8759
17.00	130	1.0355
18.00	140	1.0882
19.00	140	1.1083

Dari grafik perbandingan arus eksitasi terhadap daya reaktif, yang ditampilkan pada gambar 2 memperlihatkan besarnya arus eksitasi yang diberikan pada generator unit 2 mempunyai pengaruh terhadap daya reaktif yang dihasilkan, sehingga wajib dilakukan pengendalian agar tetap berada pada batasan nominalnya.



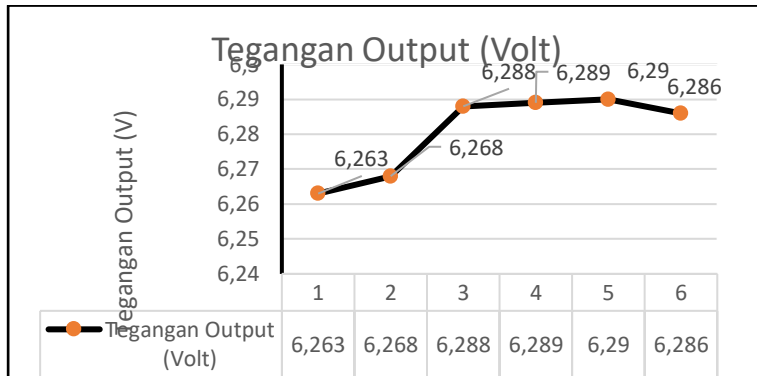
Gambar 2. Grafik perbandingan arus eksitasi terhadap daya reaktif

Pada saat beban puncak, tegangan yang terukur pada sistem relatif lebih rendah, hal tersebut disebabkan pengaruh dari nilai beban induktif yang harus di kendalikan oleh sistem, sehingga menimbulkan tegangan output generator terlihat lebih rendah dari batasan nominal. Penyelesaian yang dapat dicoba untuk mengatasi hal tersebut, maka daya reaktif pada generator tersebut dinaikkan dengan tujuan agar tetap dapat mengirimkan daya reaktif ke sistem. Dengan demikian, perbandingan arus eksitasi dengan tegangan keluaran generator yang di perlihatkan pada tabel 2 terlihat peningatakan terhadap tegangan generator sesuai dengan nilai nominalnya.

Tabel 2. Hasil analisis perbandingan arus eksitasi terhadap tegangan keluaran generator

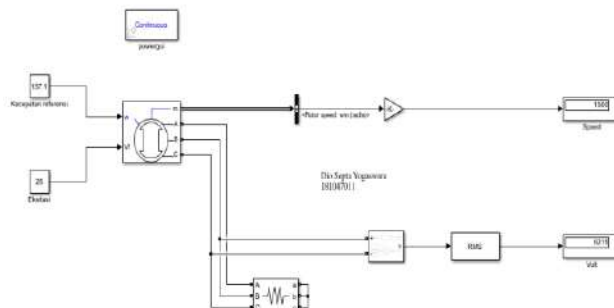
Arus Eksitasi	Tegangan Keluaran Generator
0.11	6.263
0.115	6.268
0.135	6.288
0.135	6.289
0.135	6.290
0.135	6.286

Untuk menaikkan ataupun mengurangi daya reaktif generator, arus eksitasi yang diberikan wajib sebanding, maka tugas AVR yaitu mengendalikan besar arus eksitasi sesuai dengan yang diperlukan oleh generator. Kebalikannya, disaat keadaan tidak dalam beban paling tinggi, kebutuhan beban induktif dari sistem menjadi rendah, sehingga nilai daya reaktif generator relatif lebih kecil serta tidak melebihi dari tegangan nominalnya, sehingga arus eksitasi yang dialirkan ke rotor generator wajib diturunkan supaya bisa mengurangi daya reaktif yang dihasilkan oleh generator. Terlihat dari bentuk grafik pada gambar 3, besar nilai daya reaktif yang dihasilkan oleh generator berbanding lurus dengan arus eksitasi yang diberikan. Nilai daya reaktif paling tinggi ialah sebesar 1.1083 MVAR dengan nilai arus eksitasi sebesar 0,140 kA. Serta nilai daya reaktif terendah 0,8652 kV dengan nilai arus eksitasi 0,11 kA.



Gambar 3. Grafik perbandingan arus eksitasi terhadap tegangan keluaran generator

Untuk grafik perbandingan antara arus eksitasi dengan tegangan keluaran generator, tampak jika tegangan keluaran generator cenderung normal. Peningkatan beban yang dihubungkan dengan sistem akan menimbulkan penurunan tegangan. Hal ini diatasi dengan mengendalikan arus eksitasi yang diberikan sehingga tegangan terminal bisa bertahan stabil. Sehingga dari grafik di atas bisa dilihat bahwa pengaturan tegangan lumayan baik terindikasi dari stabilnya tegangan keluaran. Pada gambar 4, bisa dilihat perbandingan antara arus eksitasi (I_f) terhadap tegangan keluaran generator (V_t), di mana semakin besar arus eksitasi yang diberikan maka tegangan keluaran generator akan semakin besar. Sehingga tegangan keluaran generator berbanding lurus terhadap arus eksitasinya. Besar- kecilnya tegangan keluaran generator sangat dipengaruhi oleh besarnya arus eksitasi. Nilai tegangan paling tinggi di pengukuran ialah sebesar 6, 292 kV dengan nilai arus eksitasi sebesar 0,135 kA. Serta nilai tegangan terendah terendah 6, 263 kV dengan nilai arus eksitasi 0,11 kA. Simulasi pengaruh tegangan ekstiasi terhadap generator (tanpa beban) dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Simulasi Pengaruh Tegangan Ekstiasi Terhadap Generator

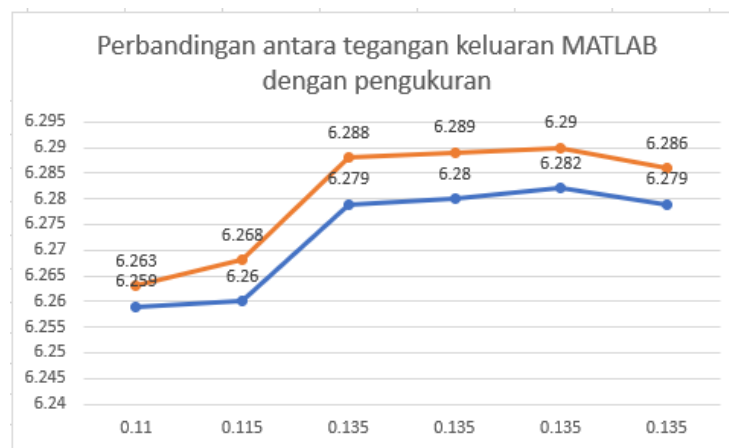
Dari tabel 3 hasil simulasi tegangan eksitasi terhadap generator tanpa beban menghasilkan, grafik perbandingan antara tegangan eksitasi dengan tegangan keluaran generator gambar 5, tampak jika tegangan keluaran generator cenderung normal. Peningkatan beban yang dihubungkan dengan sistem akan menimbulkan penurunan tegangan. Hal ini diatasi dengan mengendalikan tegangan eksitasi yang diberikan sehingga keluaran arus dari eksitasi dapat membuat tegangan

terminal bisa bertahan stabil. Dari grafik di atas bisa dilihat bahwa pengaturan tegangan lumayan baik terindikasi dari stabilnya tegangan keluaran.

Tabel 3. Hasil simulasi tegangan eksitasi terhadap generator (tanpa beban)

Arus Eksitasi _i	Tegangan Eksitasi	Tegangan keluaran generator pengukuran	Tegangan keluaran generator (MATLAB)	Selisih	KR %
0.110	23	6.263	6.259	0.004	0.0639
0.115	24	6.268	6.260	0.008	0.1277
0.135	24	6.288	6.279	0.009	0.1433
0.135	24	6.289	6.280	0.009	0.1433
0.135	24	6.290	6.282	0.008	0.1273
0.135	24	6.286	6.279	0.007	0.1114
0.125	23	6.276	6.271	0.005	0.0797
0.125	23	6.278	6.272	0.006	0.0956
0.130	23	6.283	6.279	0.004	0.0637
0.130	24	6.285	6.280	0.005	0.0796
0.120	23	6.272	6.267	0.005	0.0797
0.130	24	6.284	6.280	0.004	0.0636
0.140	25	6.292	6.288	0.004	0.0636
0.140	25	6.298	6.290	0.008	0.1271

Pada gambar, bisa dilihat perbandingan antara tegangan eksitasi (V_f) terhadap tegangan keluaran generator (V_t), di mana semakin besar tegangan eksitasi yang diberikan maka tegangan keluaran generator akan semakin besar. Sehingga tegangan keluaran generator berbanding lurus terhadap tegangan eksitasinya. Besar- kecilnya tegangan keluaran generator sangat dipengaruhi oleh besarnya tegangan eksitasi. Nilai tegangan paling tinggi pada pengukuran ialah sebesar 6,298 kV dengan nilai tegangan eksitasi sebesar 0,025 kV dan arus eksitasi sebesar 0.140 kA. Serta nilai tegangan terendah ialah 6,263 kV dengan nilai tegangan 0.23 kV dan arus eksitasi 0,011 kA. Dan pada simulasi Matlab nilai tegangan paling tinggi pada pengukuran ialah sebesar 6,290 kV dengan nilai tegangan eksitasi sebesar 0,025 kV dan arus eksitasi sebesar 0.140 kA. Serta nilai tegangan terendah ialah 6,259 kV dengan nilai tegangan 0.23 kV dan arus eksitasi 0,011 kA



Gambar 5. Grafik perbandingan tegangan eksitasi terhadap tegangan keluaran generator

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pengaruh system eksitasi terhadap daya reaktif dan tegangan keluaran generator unit 2 PT. Madubaru, dapat disimpulkan dapat diambil kesimpulan bahwa daya reaktif berbanding lurus dengan arus eksitasi. Daya reaktif biasanya mengalami kenaikan ketika arus eksitasi mengalami kenaikan juga. Hal ini ditunjukkan dengan daya reaktif tertinggi yaitu sebesar 1.083 MVAR dengan nilai arus eksitasi sebesar 0,140 kA. Serta nilai daya reaktif terendah 0,8652 kV dengan nilai arus eksitasi 0,11 kA. Tegangan terminal cenderung stabil pada angka nominal yaitu 6,2-6,3 kV. Kestabilan tegangan terminal ini dipengaruhi oleh pengaturan eksitasinya. Ketika tegangan terminal mengalami penurunan akibat penambahan beban-beban listrik, arus eksitasi dinaikkan sehingga tegangan tetap stabil. Dari data-data, grafik, dan hasil simulasi yang telah ditunjukkan, bisa dilihat bahwa tegangan eksitasi berbanding lurus dengan

tegangan output generator. Hal ini ditunjukkan dengan nilai tegangan paling tinggi pada pengukuran ialah sebesar 6,298 kV dengan nilai tegangan eksitasi sebesar 0,025 kV dan arus eksitasi sebesar 0.140 kA. Serta nilai tegangan terendah ialah 6,263 kV dengan nilai tegangan 0.23 kV dan arus eksitasi 0,011 kA. Dan pada simulasi Matlab nilai tegangan paling tinggi pada pengukuran ialah sebesar 6,290 kV dengan nilai tegangan eksitasi sebesar 0,025 kV dan arus eksitasi sebesar 0.140 kA. Serta nilai tegangan terendah ialah 6,259 kV dengan nilai tegangan 0.23 kV dan arus eksitasi 0,011 kA

DAFTAR PUSTAKA

- A. K. Datta,(2014), Modelling and Simulation of Static Excitation System in Synchronous Machine Operation.
- F. Sari, A. Darmanto, (2021), Analisis Sistem Eksitasi Pada Generator Pararel Terhadap Daya Reaktif, jurnal Teknik, pp.10-19.
- Chapman, S. J. (2005). Electric Machinery Fundamental. New York: McGraw
- Habibi, P. H. (2019). Pengaruh Sistem Eksitasi terhadap Tegangan Keluaran Generator pada Unit 3 PLTU Banten 3 Lontar. Jakarta: STT-PLN.
- Savira R, (2020), Analisis Pengaruh Arus Eksitasi Terhadap Daya Reaktif dan Tegangan Terminal Generator Unit 3 PLTP Gunung Salak.
- Sugiyono. (2012). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Ismail, A. F., Taqiyyuddin, H. M., & Sulo, B. D. (2021). Analisis Sistem Eksitasi Terhadap Kondisi Jenis Beban Pada Generator 11 Kv Di Pt. Pupuk Indonesia Energi. *Science Electro*.
- Suyanto, M., Santoso, G., & Permadi, A. L. (2021). Penerapan Pembangkit Listrik Piko hidro Model Kanal Terbuka Menggunakan Generator Magnet Permanen, Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2021 Yogyakarta, ISSN: 1979-911X,

Optimasi Kondisi Proses Maserasi Daun *Strobilantes Cusia*

Murni Yuniwati¹, Diny Fitri Lestari², Bambang Kusmartono³, Paramita Dwi Sukmawati⁴,
Muhammad Yusuf⁵

¹²³⁴⁵Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: murni@akprind.ac.id

ABSTRACT

The process of taking natural dyes from strobilanthes cusia leaves in a very simple way is carried out at UMK Shiungu Temanggung. The process was carried out by soaking the leaves and twigs of the cusia strobilantes in water, with a time of 3 days, and a solvent-to-material ratio of 6:1. The raw materials in the form of intact leaves and twigs cause the maceration results to be less than optimal and cause waste in the form of leaves and twigs which are increasingly stinking. Starting from this problem, it is necessary to carry out research to be able to determine the best conditions for the dye collection process. The maceration process, which was carried out using intact leaves and twigs of Cusia strobilantes that were not chopped, with a maceration time of three days and a solvent-to-material ratio of 6:1, resulted in a solution with a very small absorbance value. For red color with a wavelength of 678 nm the solution has an absorbance value of 2.375. Whereas for the purple color with a wavelength of 409 nm the solution has an absorbance value of 5.275. In addition, the waste obtained is difficult to process because it is large and interlocking and smells bad so it disturbs the environment. Research on the process of maceration of Cusia strobilantes leaves with variations in leaf size, a ratio of solvent to material, and maceration time, shows that the smaller the size of the material and the greater the time used, the greater the absorbance value of the macerated solution, while the ratio of solvent to material indicates an optimal point. The best conditions chosen are process conditions that produce maximum maceration results and facilitate the waste treatment process

Keywords: absorbance, dye, natural.

INTISARI

Proses pengambilan zat warna alami dari daun *strobilanthes cusia* dengan cara yang masih sangat sederhana dilakukan di UMK Shiungu Temanggung. Proses dilakukan dengan perendaman daun dan ranting *strobilantes cusia* dalam air, dengan waktu 3 hari, dan perbandingan pelarut dengan bahan 6:1. Bahan baku berupa daun dan ranting yang utuh menyebabkan hasil maserasi kurang optimal dan menimbulkan limbah berupa daun dan ranting yang semakin berbau busuk. Berawal dari masalah tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk bisa menentukan kondisi yang terbaik pada proses pengambilan zat warna. Proses maserasi yang dilakukan dengan bahan berupa daun dan ranting *strobilantes cusia* yang utuh tidak dicacah dengan waktu maserasi tiga hari serta perbandingan pelarut dengan bahan 6:1, menghasilkan larutan dengan nilai absorbansi yang sangat kecil. Untuk Warna merah dengan panjang gelombang 678 nm larutan memiliki nilai absorbansi 2,375. Sedangkan untuk warna ungu dengan panjang gelombang 409 nm larutan memiliki nilai absorbansi 5,275. Selain itu limbah yang diperoleh sulit untuk diolah karena berukuran besar dan saling mengait serta berbau busuk sehingga mengganggu lingkungan. Penelitian proses maserasi daun *strobilantes cusia* dengan variasi ukuran daun, rasio pelarut dengan bahan serta waktu maserasi, menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran bahan dan semakin besar waktu yang digunakan maka semakin besar nilai absorbansi larutan hasil maserasi, Sedangkan rasio pelarut dengan bahan menunjukkan adanya titik optimal. Kondisi terbaik yang dipilih adalah kondisi proses yang menghasilkan hasil maserasi yang maksimal, dan memudahkan proses pengolahan limbah.

Kata Kunci: absorbansi, alami, pewarna.

PENDAHULUAN

Usaha kecil UMK Shiungu di daerah Temanggung, melakukan proses pengambilan zat warna dari daun *strobilanthes cusia* dengan cara yang masih sangat sederhana yaitu dengan proses perendaman daun dan ranting *strobilantes cusia* dalam air, dengan waktu 3 hari, dan perbandingan pelarut dengan bahan 6:1. Bahan baku berupa daun dan ranting yang utuh menyebabkan hasil maserasi kurang optimal dan menimbulkan limbah berupa daun dan ranting yang semakin berbau busuk. Bermula dari masalah tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk bisa menentukan kondisi yang terbaik pada proses pengambilan zat warna. Penelitian proses

maserasi dengan variasi ukuran daun pada berbagai waktu sudah diteliti dan dilaporkan oleh Yuniwati dkk, 2022. Selanjutnya diteliti proses maserasi dengan variable rasio pelarut dengan bahan pada berbagai waktu. Diharapka dari dua penelitian tersebut dapat diinformasikan kondisi terbaik yang bisa digunakan agar diperoleh hasil maksimal serta penanganan limbah yang lebih mudah.

Proses pengambilan zat warna dalam daun dapat dilakukan dengan menggunakan ekstraksi dengan pelarut air pada suhu kamar atau disebut juga maserasi (Saidi, 2018).. Untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam proses pengambilan warna dengan metode maserasi harus diperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses maserasi (lihat gambar 1). Faktor-faktor tersebut antara lain waktu maserasi, semakin besar waktu kontak antara daun dengan pelarutnya maka semakin besar kesempatan untuk kontak antara daun (Treybal, 1980), jika waktu yang digunakan tidak maksimum maka proses maserasi tidak berjalan secara sempurna. Metode maserasi yang lama dan dalam keadaan diam memungkinkan banyak senyawa yang terekstrak (Istiqomah, 2013). namun waktu yang terlalu lama akan tidak efektif karena terjadi pembusukan daun yang dapat menimbulkan bau yang tidak sedap dan menyebabkan kondisi larutan menjadi asam yang memungkinkan terjadinya penggumpalan bahan sehingga zat warna dalam larutan berkurang.



Gambar 1. Proses pengambilan zat warna dengan perendaman

Ukuran bahan akan memperluas permukaan kontak antara bahan dan pelarutnya, semakin kecil ukuran partikel, maka pelarut akan lebih mudah berdifusi ke dalam jaringan bahan sehingga proses penarikan senyawa dari bahan lebih efektif (Chairunnisa et al. 2019), namun ukuran yang semakin kecil bisa menyebabkan partikel bahan terikut ke pelarut dan sulit dipisahkan.

Jumlah pelarut yang semakin banyak atau semakin besar perbandingan pelarut dengan bahan menyebabkan zat warna semakin banyak yang melarut, namun terlalu banyak pelarut akan menyebabkan hasil yang diperoleh semakin encer yang akan merepotkan proses selanjutnya yaitu proses pemisahan atau proses pengikatan zat warna.

Pengadukan pada dasarnya akan mempercepat proses maserasi karena kontak dan tumbukan antara bahan dengan pelarut lebih baik dan proses transfer massa dalam larutan semakin cepat, namun untuk pengadukan secara kontinyu memerlukan tenaga atau energi yang cukup besar, maka pada umumnya untuk maserasi pengadukan hanya dilakukan kadang kadang tidak secara terus menerus, dan dilakukan secara manual.

Untuk zat pewarna alam yaitu zat warna yang berasal dari bahan-bahan alam. untuk bahan tekstil pada umumnya diperoleh dari hasil ekstrak berbagai bagian tumbuhan seperti akar, kayu, daun, biji ataupun bunga. Perajin batik telah banyak mengenal tumbuhan yang dapat mewarnai bahan tekstil beberapa diantaranya adalah: daun pohon nila (*indigofera*), kulit pohon soga tingi (*Ceriops candolleana* arn), kayu tegeran (*Cudraina javanensis*), kunyit (*Curcuma*), teh (*Tea*), akar mengkudu (*Morinda citrifolia*), kulit soga jambal (*Pelthophorum ferruginum*), kesumba (*Bixa orellana*), daun jambu biji (*Psidium guajava*) (Susanto, 1973).

Menurut R.H.M.J. Lemmens dan N Wulijarni-Soetjipto (1999) sebagian besar warna dapat diperoleh dari produk tumbuhan, pada jaringan tumbuhan terdapat pigmen tumbuhan penimbul warna yang berbeda tergantung menurut struktur kimianya. Golongan pigmen tumbuhan dapat berbentuk klorofil, karotenoid, flavonoid dan kuinon. Untuk itu pigmen-pigmen alam tersebut perlu dieksplorasi dari jaringan atau organ tumbuhan dan dijadikan larutan zat warna alam untuk pencelupan bahan tekstil. Proses eksplorasi dilakukan dengan teknik ekstraksi dengan pelarut air.

Strobilanthes cusia (assam indigo atau lonceng hujan cina) termasuk dalam familia *acanthaceae* adalah tanaman semak berbatang tegak tumbuh mencapai 5-6 kaki. Banyak ditemukan di India utara-timur dan cina selatan (gambar 2). Tanaman ini tumbuh relatif cepat dengan batang yang lembut daan banyak menggantung bunga magenta berbentuk lonceng. Daunnya berbentuk

bulat telur dan sering terkulai. *Strobilanthes cusia* berbunga pada musim dingin dan mekar di musim semi (Ul-Islam, 2017). *Strobilanthes cusia* berkembang biak dengan biji, pemotongan, tetapi biasanya dan mudah dengan pembagian. Termasuk spesies yang mudah dibudidayakan, membutuhkan iklim tropis atau subtropis yang lembab, sinar matahari penuh atau teduh parsial dan tanah yang kering, sedikit asam hingga netral, dipertahankan hampir selalu lembab, bahkan jika dapat bertahan dalam periode kering yang singkat. Tanaman *Strobilanthes cusia* banyak dimanfaatkan sejak zaman dahulu di Cina selatan dan India sebagai pewarna alami indigo. Pewarna diperoleh dari daunnya dimana terdapat prekursor, indium, senyawa organik tidak berwarna yang larut dalam air, setelah fermentasi dan oksidasi di udara, kalsinasi dan pencampuran dengan berbagai spesies tanaman yang memungkinkan untuk mendapatkan warna yang berbeda dan bahkan warna lain.



Gambar 2. Tanaman *Strobilantes Cusia*

Tanaman ini tumbuh sangat baik di lingkungan tanah berkarakter basah. Selain dimanfaatkan sebagai bahan pewarna alami, tanaman *Strobilanthes cusia* juga dimanfaatkan sebagai tanaman herbal. Beberapa kegunaan lainnya dari tanaman ini diantaranya lain digunakan untuk mengobati peradangan, penyakit kulit, melepuh dan pendarahan di Semenanjung Malaysia daun yang ditumbuk digunakan sebagai tapal untuk mengobati sakit maag, di negara Vietnam daunnya biasa diekstrak untuk mengobati menstruasi tidak teratur, demam, muntah, tonsilitis dan hemoptisis, gigitan ular dan serangga. Di Cina daun dan akar digunakan dalam kasus penyakit epidemik seperti influenza, meningitis, erisipelas. (Yu dkk, 2021). Pengukuran absorbansi dilakukan dengan bantuan Spektrofotometri caranya melewati cahaya dengan panjang gelombang tertentu pada suatu objek kaca atau kuarsa yang disebut kuvet. Sebagian dari cahaya tersebut akan diserap dan sisanya akan dilewatkan. Nilai absorbansi dari cahaya yang diserap sebanding dengan konsentrasi larutan dalam kuvet (Sastrohamidjojo, 2007).

Spektrofotometri UV-Vis adalah pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet dan cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel. Sinar ultraviolet dan cahaya tampak memiliki energi yang cukup untuk mempromosikan elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Spektrum UV-Vis mempunyai bentuk yang lebar dan hanya sedikit informasi tentang struktur yang bisa didapatkan dari spektrum ini. Tetapi spektrum ini sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer (Dachriyanus, 2004). Pada spektrofotometri UV-Vis ada beberapa istilah yang digunakan terkait dengan molekul yaitu kromofor, auksokrom, efek batokromik atau pergeseran merah, hipokromik atau pergeseran ungu, hipsokromik, dan hipokromik. Kromofor adalah molekul atau bagian molekul yang mengabsorpsi sinar dengan kuat di daerah UV-Vis, misalnya heksana, aseton, asetilen, dan benzene. Auksokrom adalah gugus fungsi yang mengandung pasangan elektron bebas berikatan kovalen tunggal, yang terikat pada kromofor yang mengintensifkan absorpsi sinar UV-Vis pada kromofor tersebut, baik panjang gelombang maupun intensitasnya, misalnya gugus hidroksi, amina, halide, dan alkoksi (Suhartati, 2013). Sinar Ultraviolet mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, sementara sinar tampak mempunyai panjang gelombang 400-800 nm (Dachriyanus, 2004). Warna sinar tampak dapat dihubungkan dengan panjang gelombangnya. Warna-warna tersebut dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Hubungan Antara Warna dengan Panjang Gelombang Sinar Tampak (Owen, 1996)

METODE

Tanaman strobilantes dipanen dengan kisaran umur 3 bulan. Daun *Strobilanthes* usia diiris memanjang dengan lebar 0,5 cm. Kemudian ditimbang sebanyak 15 gram lalu dimasukkan ke dalam gelas plastik diberi pelarut air dengan berbagai perbandingan bahan dan pelarut (5:1, 6:1, 7:1, 8:1, 9:1, 10:1, 11:1). Kemudian didiamkan agar proses maserasi atau pengambilan warna berlangsung selama waktu yang bervariasi (2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam). Setelah proses maserasi selesai, ekstrak yang didapatkan dipisahkan dengan cara disaring. Hasil ekstrak diambil kemudian dilakukan analisis absorbansi menggunakan Spektrofotometer UV-Vish.

HASIL DAN PEMBAHASAN

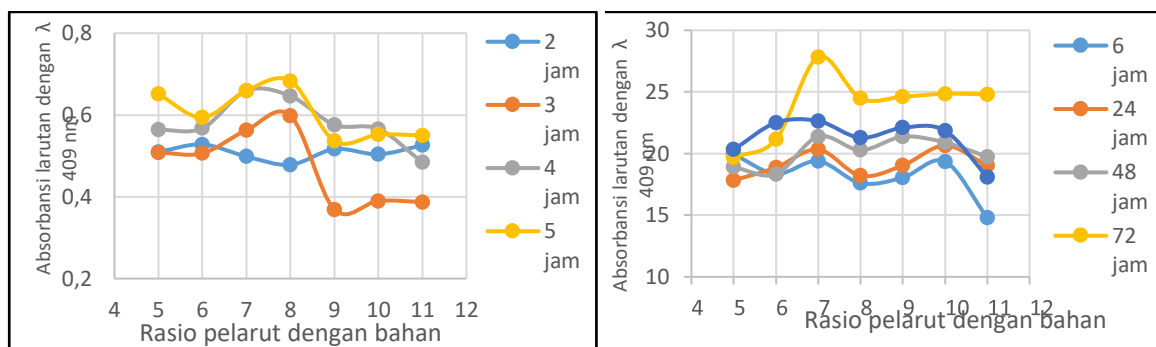
Hasil analisis menggunakan Spektrophotometer UV-Vish diketahui bahwa larutan hasil maserasi memiliki dua panjang gelombang yaitu pada panjang gelombang 409 nm dan 678 nm. Seperti terlihat pada Gambar 5 panjang gelombang 409 nm terdapat pada warna cenderung ungu sedangkan panjang gelombang 678 nm terdapat pada warna cenderung merah. Dapat disimpulkan bahwa larutan hasil maserasi memiliki dua warna sinar tampak yaitu ungu dan merah akan tetapi dengan pengamatan absorbansi larutan hasil maserasi dapat disimpulkan bahwa warna merah yang terkandung lebih sedikit dibanding warna ungu.

Pengaruh perbandingan pelarut dengan bahan dan waktu terhadap absorbansi

Untuk mengetahui pengaruh perbandingan pelarut dengan bahan dan waktu dilakukan percobaan proses maserasi terhadap daun dengan berbagai perbandingan pelarut dengan bahan dan dilakukan pada berbagai waktu, kemudian dilakukan pengukuran absorbansi ekstrak pewarna dengan panjang gelombang 409 nm, maupun dengan panjang gelombang 678 nm. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa ada dua warna yang terdeteksi dalam larutan hasil maserasi yaitu pada panjang gelombang 409 yang menunjukkan warna ungu. Hasil percobaan dengan panjang gelombang 409 nm dapat dilihat pada tabel 1 dan disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.

Tabel 1. Absorbansi larutan hasil maserasi pada panjang gelombang 409 nm

Rasio Pelarut: Bahan	Waktu (jam)								
	2	3	4	5	6	24	48	72	96
5:1	0,51	0,508	0,564	0,651	19,95	17,825	18,9	19,7	20,325
6:1	0,528	0,5064	0,5676	0,594	18,36	18,87	18,33	21,15	22,5
7:1	0,4984	0,5628	0,6594	0,6594	19,39	20,335	21,385	27,825	22,645
8:1	0,4784	0,5984	0,6464	0,6832	17,6	18,2	20,28	24,48	21,28
9:1	0,5166	0,369	0,576	0,5364	18,045	19,035	21,375	24,615	22,095
10:1	0,504	0,39	0,566	0,552	19,35	20,65	20,9	24,85	21,85
11:1	0,5258	0,3872	0,484	0,55	14,795	19,03	19,745	24,805	18,095

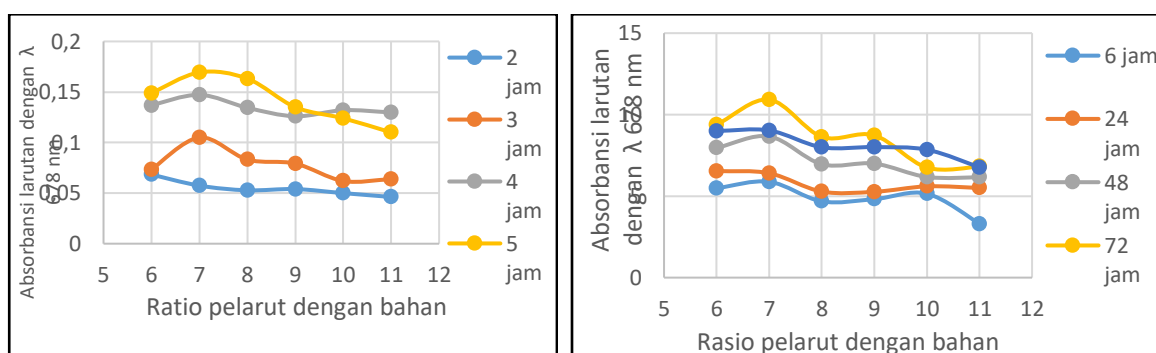


Gambar 4. Pengaruh waktu dan perbandingan pelarut dan bahan terhadap absorbansi larutan hasil maserasi dengan panjang gelombang 409 nm

Pada pengamatan nilai absorbansi larutan hasil maserasi, menunjukkan bahwa konsentrasi warna ungu lebih tinggi dari pada warna merah. Semakin besar waktu maserasi yang digunakan semakin besar nilai absorbansi larutan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar waktu yang digunakan semakin banyak zat pewarna terekstrak, baik warna dengan panjang gelombang 409nm maupun warna dengan panjang gelombang 678 nm. Hal ini disebabkan semakin besar kesempatan zat warna melarut ke dalam pelarutnya sehingga perolehan zat terekstrak akan semakin besar. Namun dengan waktu di atas 3 hari hasil akan menurun, hal ini mungkin disebabkan mulai terjadi pembusukan yang akan menurunkan pH larutan sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan bahan pewarna, yang mengakibatkan pada saat proses penyaringan bahan pewarna tidak ikut dalam pelarutnya tetapi menempel pada daun, hasil percobaan dengan panjang gelombang 678 nm dapat dilihat pada tabel 2 dan disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 5.

Tabel 2. Absorbansi larutan hasil maserasi pada panjang gelombang 678 nm

Rasio Pelarut: Bahan	Waktu (jam)									
	2	3	4	5	6	24	48	72	96	
6:1	0,0684	0,0732	0,1368	0,1488	5,49	6,54	7,965	9,39	9	
7:1	0,0574	0,105	0,1472	0,1694	5,88	6,405	8,6625	10,92	9,03	
8:1	0,0528	0,0832	0,1344	0,1632	4,68	5,28	6,96	8,64	8	
9:1	0,054	0,0792	0,126	0,135	4,815	5,265	6,9975	8,73	8,01	
10:1	0,05	0,062	0,132	0,124	5,15	5,6	6,175	6,75	7,85	
11:1	0,0462	0,0638	0,1298	0,11	3,3	5,5	6,16	6,82	6,765	



Gambar 5. Pengaruh waktu dan perbandingan pelarut dan bahan terhadap absorbansi larutan hasil maserasi dengan panjang gelombang 678 nm

Semakin besar perbandingan pelarut dengan bahan maka semakin banyak zat warna terekstrak karena perbedaan konsentrasi pewarna dalam daun dan pelarut yang besar akan mendorong kecepatan perpindahan massa pewarna ke dalam pelarut menjadi semakin tinggi, namun setelah perbandingan pelarut 7:1 akan terjadi penurunan jumlah bahan terekstrak, hal ini mungkin disebabkan, proses ekstraksi sudah mencapai kondisi keseimbangan, selain itu untuk proses maserasi dilakukan tanpa pengadukan sehingga homogenitas ekstrak dalam pelarut kurang merata, dan kecepatan transfer massa dalam pelarut kecil. Hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan proses yang telah dilakukan di UMK Shiungu yang menggunakan bahan baku daun *strobilantes cusia* yang dapat dilihat dalam tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Perbandingan Kondisi dan hasil Proses dari UMK Shibiiru dengan hasil penelitian

Kondisi proses	UMK Shiungu	Hasil optimasi
Ukuran bahan	Utuh (tanpa dicacah)	0,5 cm
Waktu proses	3 hari	3 hari
Perbandingan pelarut dengan bahan	6:1	7:1
Hasil Proses	UMK Shiungu	Hasil optimasi
Nilai Absorbansi warna merah (Panjang gelombang 678 nm)	2,375	10,92
Nilai absorbansi warna ungu (Panjang gelombang 409 nm)	5,275	27,825

Bahan berupa daun dan ranting yang utuh tidak dipotong-potong dengan waktu maserasi tiga hari serta perbandingan pelarut dengan bahan 6:1, akan menghasilkan larutan dengan nilai absorbansi yang sangat kecil. Untuk warna merah dengan panjang gelombang 678 nm larutan memiliki nilai absorbansi 2,375, apabila dilakukan pemotongan hingga berukuran 0,5 cm dalam waktu tiga hari serta perbandingan pelarut dengan bahan 7:1 akan dihasilkan larutan dengan nilai absorbansi 10,92. Sedangkan untuk warna ungu dengan panjang gelombang 409 nm larutan memiliki nilai absorbansi 5,275, apabila dilakukan pemotongan hingga berukuran 0,5 cm dalam waktu tiga hari dan perbandingan pelarut dan bahan 7:1 akan dihasilkan larutan dengan nilai absorbansi 27,825. Hal ini menunjukkan bahwa ditinjau dari segi proses, maka maserasi akan lebih optimal bila bahan baku dipotong dengan ukuran yang semakin kecil dan waktu proses selama 3 hari serta perbandingan pelarut dengan bahan yang optimal yaitu 7:1.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pengamatan hasil proses maserasi daun *strobilantes cusia*, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut: ada dua warna yang terdeteksi dalam larutan hasil maserasi daun *strobilantes cusia* yaitu pada panjang gelombang 409 yang menunjukkan warna ungu dan panjang gelombang 678 nm yang menunjukkan warna merah, dengan warna ungu yang lebih dominan. Ukuran daun, waktu proses serta perbandingan pelarut dengan bahan sangat berpengaruh terhadap hasil maserasi pewarna dari daun *strobilantes cusia*, semakin kecil ukuran bahan maka semakin banyak warna terekstrak yang ditunjukkan dengan semakin besarnya nilai absorbansi larutan hasil maserasi dan semakin lama waktu yang digunakan untuk proses maserasi hingga 3 hari maka semakin banyak pewarna terekstrak, namun setelah tiga hari akan terjadi penurunan. Semakin besar perbandingan pelarut dengan bahan hingga 7:1 semakin banyak bahan terekstrak, namun di atas 7:1 tidak ada lagi kenaikan jumlah bahan terekstrak bahkan terjadi penurunan. Dalam penelitian ini diperoleh hasil terbaik pada ukuran daun 0,5 cm dan waktu maserasi selama 3 hari, perbandingan pelarut dengan bahan 7:1 menghasilkan larutan hasil maserasi dengan panjang gelombang 409 nm (warna ungu) memiliki absorbansi 27,825 dan untuk panjang gelombang 678 nm (warna merah) memiliki absorbansi 10,92

DAFTAR PUSTAKA

- Chairunnisa, S., Wartini, N. M., & Suhendra, L. (2019). Pengaruh Suhu dan Waktu Maserasi terhadap Karakteristik Ekstrak Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana* L.) sebagai Sumber Saponin. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri* ISSN, 2503, 488X.
- Dachriyanus, 2004, *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektrofotometri*, hal 1- 37, Andalas University Press, Padang.
- Lemmens, H. MJ dan N Wulijarni-Soetjipto. 1999. *Sumber Daya Nabati Asia Tenggara Nomor 3 Tumbuhan Penghasil Pewarna dan Tanin*. Jakarta: Balai Pustaka
- Owen, Tony. (1996). *Fundamental of Uv-Visible Spectroscopy*. Germany: Hewlett Packard Company.
- Sastrohamidjojo, H. (2007). *Spektroskopi*. Yogyakarta: UGM Press.
- Suhartati, Tati. (2013). *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Lampung: AURA
- Susanto, Sewan. 1973. *Seni Kerajinan Batik Indonesia*. Yogyakarta: BPKB.
- Treybal. 1980. *Mass-Transfer Operations*. 3rd ed. McGraw-Hill International, Singapore.
- Ul-Islam, Shahid. (Eds). (2017). *Plant-Based Natural Products Derivative and Applications*. Hoboken: Wiley

- Voigt R. 1994. *Buku Pelajaran Teknologi Farmasi*. Edisi ke-5. diterjemahkan oleh: Soendani Noerono. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Yu, H. *dkk.* (2021) 'Strobilanthes cusia (Nees) Kuntze, A Multifunctional Traditional Chinese Medicinal Plant, And Its Herbal Medicines: A Comprehensive Review', *Journal of Ethnopharmacology*. Elsevier B.V., 265 (1166)
- Yuniwati, M., Pratiwi, W., Kusmartono, B., Sunarsih, S., 2022, *Pengaruh Waktu Proses dan Ukuran Bahan terhadap Efektivitas Proses Maserasi Daun Strobilantes Cusia*, Jurnal Teknologi, Volume 15, Nomor 1.

Analisis Kualitas Udara Pada Rumah Warga Terhadap Parameter Bakteri dan Jamur

Novia Dwi Astuti¹, Sri Hastutiningrum^{*2}, Sudarsono³

¹²³Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains Terapan, IST AKPRIND Yogyakarta
Email: srihastutiningrum@akprind.ac.id

ABSTRACT

The final processing and disposal the waste occurs at the Final Disposal Facility (TPA). Because the rubbish heaps include a variety of contaminants and produce air pollution, landfills can have an impact on the environment's quality. This study intends to identify and contrast the outcomes of the analysis of the air quality in residents' homes near the Piyungan TPA location, which is 50 m, 350 m, 650 m, and 1000 m from the TPA, with quality standards according to the Decision of the Minister of Health No. 1077 of 2011 based on bacterial and fungal parameters. The ideal distance between residential areas and the TPA location is another goal of this study. Air sampling at each location used the air sampling method directly with NA media and PDA media in petri dishes. The results showed that the number of bacterial colonies at a distance of 50 m was 4,485.6 CFU m⁻³ and the fungal colonies were 2,306.4 CFU m⁻³. At a distance of 350 m, the number of bacterial colonies was 3,355.4 CFU m⁻³ and fungal colonies were 2,130.9 CFU m⁻³. The number of bacterial colonies at a distance of 650 m was 2,919.7 CFU m⁻³ and the number of fungal colonies was 2,001.3 CFU m⁻³. The number of bacterial colonies at a distance of 1000 m was 1,353.2 CFU m⁻³ and the number of fungal colonies was 765.2 CFU m⁻³. Air quality in residents' homes with a distance of 50 m to 1000 m does not meet the healthy air quality requirements based on Minister of Health Regulation No. 1077 of 2011 concerning Indoor Air Conditioning at Home with maximum levels of airborne microbes <700 CFU m⁻³.

Keywords: *bacteria and fungi, indoor air quality, final disposal site.*

INTISARI

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) adalah tempat untuk menimbun sampah dan merupakan tempat akhir untuk memperlakukan sampah. Dampak dari adanya TPA yaitu adanya pencemaran lingkungan, limbah cair mengontaminasi sumur-sumur warga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui serta membandingkan hasil analisis kualitas udara pada rumah warga di sekitar lokasi TPA Piyungan yang berjarak 50 m, 350 m, 650 m dan 1000 m dari TPA dengan baku mutu menurut Keputusan Menteri Kesehatan No. 1077 Tahun 2011 berdasarkan parameter bakteri dan jamur. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui jarak ideal permukiman warga dari lokasi TPA. Pengambilan sampel udara di setiap lokasi menggunakan metode pengambilan sampel udara secara langsung dengan media NA dan media PDA dalam cawan petri. Hasil penelitian menunjukkan jumlah koloni bakteri pada jarak 50 m sebanyak 4.485,6 CFU m⁻³ dan koloni jamur sebanyak 2.306,4 CFU m⁻³. Jarak 350 m jumlah koloni bakteri sebanyak 3.355,4 CFU m⁻³ dan koloni jamur sebanyak 2.130,9 CFU m⁻³. Jumlah koloni bakteri pada jarak 650 m sebanyak 2.919,7 CFU m⁻³ dan jumlah koloni jamur sebanyak 2.001,3 CFU m⁻³. Jumlah koloni bakteri pada jarak 1000 m sebanyak 1.353,2 CFU m⁻³ dan jumlah koloni jamur sebanyak 765,2 CFU m⁻³. Kualitas udara pada rumah warga dengan jarak 50 m s/d 1000 m tidak memenuhi syarat kualitas udara sehat berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 1077 Tahun 2011 Tentang Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah dengan kadar maksimum mikroba udara <700 CFU m⁻³.

Kata kunci: bakteri dan jamur, kualitas udara dalam ruangan, tempat pembuangan akhir

PENDAHULUAN

Tempat pengolahan akhir Piyungan yang berada di daerah permukiman warga tentu saja memberikan dampak yaitu adanya pencemaran lingkungan, limbah cair mengontaminasi sumur-sumur warga dan udara menjadi rusak dan terkontaminasi oleh zat-zat, baik yang tidak berbahaya maupun yang membahayakan kesehatan tubuh manusia. Pencemaran udara biasanya terjadi di kota-kota besar dan juga daerah padat industri yang menghasilkan gas-gas yang mengandung zat di atas batas kewajaran (Tampubolon, 2016). Sedangkan pencemaran udara dari kegiatan manusia seperti banyaknya pabrik-pabrik industri, transportasi, pembangkit listrik, asap rokok, ledakan yang ditimbulkan oleh bahan peledak, pembakaran sampah (Cahyani, 2016). Peraturan terkait udara

dalam ruangan tercantum dalam (Pemerintah Republik Indonesia, 2011) tentang Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah. Dalam peraturan ini terdapat persyaratan udara dalam ruangan seperti: Suhu: 18-30 °C, Kelembaban: 40-60% RH serta Bakteri dan Jamur: <700 CFU m⁻³. Tingkat pencemaran udara di dalam ruangan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti laju ventilasi, padatnya orang, dan sifat serta taraf kegiatan orang-orang yang menempati ruangan tersebut. Mikroorganisme udara dalam ruangan juga banyak dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satu diantaranya adalah kondisi suhu dan kelembaban udara dalam ruangan.

Secara umum, pertumbuhan bakteri dan jamur akan lebih sulit pada kondisi evaporasi/penguapan lingkungan yang meningkat, hal tersebut akan ditemukan pada kondisi kelembaban udara yang tinggi dan suhu udara yang rendah (Pepper, Gerba, Gentry, & Maier, 2011). Suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri berkisar 20 °C-37 °C sedangkan suhu optimum untuk pertumbuhan jamur berkisar 18-30 °C atau setara dengan suhu kamar yang normal (Gutarowska & Piotrowska, 2007). Mikroorganisme juga memerlukan lingkungan yang memadai, untuk pertumbuhan yang optimal. Ruangan yang tidak menggunakan pengontrol udara maka pengaruh udara luar sangat berperan, seperti temperatur dan kelembaban udara luar. Mikroba membutuhkan kelembaban tinggi, pada umumnya untuk pertumbuhan mikroba yang baik dibutuhkan kelembaban diatas 85%. Udara yang sangat kering dapat membunuh bakteri, tetapi kadar kelembaban minimum yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan bakteri bukanlah merupakan nilai pasti (Dillon, Heinsohn, & Miller, 2005). Mikroorganisme yang terbawa oleh partikel debu masuk ke udara dapat tersangkut sejauh beberapa meter atau beberapa kilometer, sebagian akan mati dalam beberapa detik sedangkan yang lain akan bertahan selama berminggu-minggu, berbulan-bulan, atau lebih lama lagi, nasib mikroorganisme asal udara ditentukan oleh seperangkat rumit keadaan sekelilingnya, termasuk keadaan atmosfer, kelembaban, suhu, dan cahaya matahari, serta ukuran partikel yang membawa mikroorganisme (Cahyani, 2016).

Daerah yang berdebu hampir selalu mempunyai populasi mikroorganisme atmosfer yang tinggi (Suharti, 2020). Keadaan yang lembab pada tumpukan sampah akan memicu munculnya jamur. Selain itu sampah akan mengalami pembusukan secara anaerobik. Hal yang mengindikasikan adanya bakteri ialah munculnya bau tidak sedap. Bau ini pertanda bakteri pengurai sedang bekerja sehingga mengeluarkan bau busuk. Menurut (Pepper et al., 2011), faktor yang mempengaruhi kelangsungan hidup mikroba di udara adalah kelembaban, suhu, oksigen, faktor udara terbuka, karakteristik sumber, jarak yang ditempuh oleh hembusan angin, kecepatan dan arah angin. Oleh karena itu, perlu dilakukan adanya suatu penelitian untuk mengetahui kualitas udara pada rumah warga di sekitar lokasi TPA serta mengetahui jumlah koloni bakteri dan jamur yang ada di rumah warga sekitar lokasi TPA Piyungan. Berdasarkan fakta bahwa setiap manusia pastinya akan tinggal lama di dalam rumah, maka dari hasil penelitian ini nantinya akan disesuaikan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan no. 1077 Tahun 2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah. Penelitian ini akan difokuskan pada analisis konsentrasi mikroorganisme di udara dengan parameter bakteri dan jamur serta jarak TPA dengan rumah warga di sekitar lokasi TPA.

METODE

Penelitian ini dilakukan di rumah warga sekitar lokasi TPA Piyungan, Bantul. Pengambilan sampel udara dalam ruang rumah dilakukan di 4 (empat) lokasi. Lokasi I berjarak 50 meter, lokasi II berjarak 350 meter, lokasi III berjarak 650 meter dan lokasi IV berjarak 1000 meter dari TPA. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Maret 2022. Teknik pengambilan sampel udara dilakukan secara langsung (*direct methods*) menggunakan media Nutrient Agar (NA) untuk bakteri dan Potato Dextore Agar (PDA) untuk jamur. Sampel diambil pada masing-masing lokasi selama 30 menit di 3 titik (ruang depan, ruang tengah dan ruang belakang) dalam rumah.

Perhitungan jumlah koloni bakteri dan jamur yang terbentuk dalam cawan petri dibaca menggunakan *colony counter* dan dilakukan perhitungan (Cahyani, 2016) menggunakan rumus:

Konversi: 1 koloni (CFU) m⁻³ = 35,32 CFU m⁻³

Rumus: $X = (\sum fx) / (\sum f)$

$\sum y = \text{CFU m}^{-3} \times X$

dengan, X = Hasil rata-rata pada koloni

$\sum fx$ = Jumlah koloni dalam cawan petri

$\sum f$ = Banyaknya cawan petri

$\sum y$ = Jumlah koloni dalam ruangan (CFU m⁻³)

Pengembangbiakan sampel dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan I IST AKPRIND Yogyakarta. Pengembangbiakan bakteri dilakukan dengan bantuan incubator, karena pertumbuhan bakteri tidak akan maksimal jika suhu yang diperlukan bakteri untuk tumbuh tidak stabil. Pertumbuhan bakteri dilakukan dalam inkubator selama 2x24 jam dengan suhu 37 °C. Pengembangbiakan jamur

dilakukan di ruangan biasa dengan suhu ruang selama 2x24 jam. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus kemudian disesuaikan dengan standar baku mutu (Kesehatan, 2011) Tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah serta dilakukan analisis korelasi sederhana menggunakan aplikasi SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rata-rata dari pengukuran sampel lingkungan fisik dan kualitas mikrobiologi udara pada setiap lokasi melebihi standar baku mutu yang dipersyaratkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan no. 1077/MENKES/PER/V/2011 Tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah, didapatkan hasil dari pengukuran sampel di lapangan dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Hasil Pengukuran Lingkungan Fisik dan Mikrobiologi Udara

Lokasi	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Jumlah Koloni Bakteri		Jumlah Koloni Jamur	
			Hasil Pengukuran (CFU)	Hasil Perhitungan CFU/m ³	Hasil Pengukuran (CFU)	Hasil Perhitungan CFU/m ³
Lokasi I	31	77,2	127	4.485,6	65,3	2.306,4
Lokasi II	32,4	79,3	95	3.355,4	60,33	2.130,9
Lokasi III	31,9	79,6	82,67	2.919,7	56,67	2.001,3
Lokasi IV	32	80,4	38,33	1.353,8	21,67	765,2
Baku Mutu	18-30 °C	40-60%		<700CFU/m ³	Baku Mutu	<700 CFU/m ³

Menurut (Gutarowska & Piotrowska, 2007), suhu optimum yang baik untuk pertumbuhan bakteri berkisar 20°C-37°C sedangkan suhu optimum yang baik untuk pertumbuhan jamur berkisar 18°C-30°C atau setara dengan suhu kamar yang normal. Faktor utama dalam pertumbuhan jamur adalah kelembaban udara. Menurut (Mukono, Prasasti, & Sudarmaji, 2005) kelembaban yang tinggi akan meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme. Artinya hasil rata-rata lingkungan fisik pada setiap lokasi merupakan kondisi lingkungan yang pas untuk berkembangnya mikroba. Tingginya nilai suhu ruangan pada masing-masing lokasi disebabkan karena pengambilan sampel dilakukan pada siang hari sehingga suhu udara relatif lebih panas. Dan kelembaban pada masing-masing lokasi relatif lebih tinggi karena pada saat pengambilan sampel kondisi cuaca sedang mendung. Sehingga dengan suhu yang relatif tinggi dan kondisi cuaca yang mendung menyebabkan kelembaban relatif lebih tinggi. Banyaknya nilai koloni bakteri dan koloni jamur pada lokasi I dan II disebabkan karena dekat dengan sumber pencemar. Dapat dilihat bahwa rumah warga yang semakin dekat dengan TPA Piyungan maka jumlah koloni bakteri dan jumlah koloni jamur yaitu semakin banyak. Rumah warga yang semakin jauh dari lokasi TPA Piyungan maka semakin sedikit nilai koloni bakteri dan koloni jamur.

Perbedaan jumlah koloni bakteri dan jumlah koloni jamur pada setiap lokasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kondisi lingkungan rumah setiap lokasi pengambilan sampel berbeda-beda, baik dari material bangunan, luas bangunan, kebersihan pada setiap rumah. Selain itu jarak tempuh polutan udara yang berasal dari TPA Piyungan juga akan terbawa oleh hembusan angin, kemudian kondisi lingkungan pada beberapa lokasi memiliki bau kurang sedap dampak dari keberadaan TPA yang dekat dengan rumah warga. Jumlah koloni bakteri dan jumlah koloni jamur pada setiap lokasi relatif turun. Hal ini disebabkan karena semakin jauh jarak yang ditempuh oleh mikroba (yang berasal dari TPA Piyungan).

Semakin jauh dari TPA maka jumlah koloni mikroba semakin sedikit, karena tidak terdapat faktor pendukung untuk bakteri dan jamur berkembang di udara. Selain itu kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri dan jumlah koloni jamur pada setiap lokasi yaitu terdapatnya sumber pencemar yang dihasilkan oleh kegiatan sehari-hari. Seperti kebiasaan merokok, tidak menjaga kebersihan pada setiap rumah serta terdapatnya kandang peternakan. Dilihat pada tabel 2 nilai korelasi antara jumlah koloni bakteri dengan suhu ruangan lokasi I yaitu sebesar 0,961. Hubungan antara kedua variabel (x dan y) memiliki hubungan yang sangat besar dengan korelasi positif. Dengan nilai signifikansi 0,089, artinya karena nilai probabilitasnya >0.05 korelasi antara variabel jumlah koloni bakteri dan suhu tidak signifikan. Sehingga terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri diluar suhu ruangan yang tidak diteliti pada penelitian ini. Faktor lain yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri diluar suhu dan kelembaban pada lokasi I ini yaitu rumah pada lokasi ini berjarak 50 m dari TPA, selain itu berdekatan dengan Instalasi Pengolahan Lindi (IPL). TPA merupakan tempat berkembangbiak mikroorganisme. Menurut (Suharti, 2020), mikroorganisme tersebut memperoleh makanan berupa zat organik dari lingkungannya. Hasil analisis data korelasi sederhana menggunakan SPSS dapat dilihat di tabel 2.

Tabel 2 Korelasi Jumlah Koloni Bakteri dengan Suhu Ruangan

		Jumlah_Koloni_Bakteri_1	Suhu_Ruangan_1
Pearson Correlations	Jumlah_Koloni_Bakteri_1 Suhu_Ruangan_1	1.000 .961	.961 1.000
Sig. (1-tailed)	Jumlah_Koloni_Bakteri_1 Suhu_Ruangan_1		.089
N	Jumlah_Koloni_Bakteri_1 Suhu_Ruangan_1	3 3	3 3

Dari penjelasan tersebut, bakteri memperoleh makanannya dari sampah yang menumpuk di TPA, kemudian bakteri yang menguraikan sampah tersebut akan terbawa oleh angin. Pada pengambilan sampel dilakukan pada pukul 13.00 WIB karena pada waktu tersebut data dari arah angin menunjukkan angin mengarah ke rumah masyarakat yang ada di TPA. Sehingga hal tersebut dapat mempengaruhi tingginya jumlah koloni bakteri pada lokasi I, hasil analisis data korelasi sederhana menggunakan SPSS dapat dilihat di tabel 3

Tabel 3 Korelasi Jumlah Koloni Bakteri dengan Kelembaban Ruangan

		Jumlah Koloni Bakteri 1	Kelembaban Ruangan 1
Pearson Correlations	Jumlah_Koloni_Bakteri_1 Kelembaban_Ruangan_1	1.000 .974	.974 1.000
Sig. (1-tailed)	Jumlah_Koloni_Bakteri_1 Kelembaban_Ruangan_1		.072
N	Jumlah_Koloni_Bakteri_1 Kelembaban_Ruangan_1	3 3	3 3

Nilai korelasi antara jumlah koloni bakteri dengan kelembaban ruangan lokasi I pada tabel 3 yaitu sebesar 0,974. Hubungan antara kedua variabel (x dan y) memiliki hubungan yang sangat besar dengan korelasi positif. Dengan nilai signifikansi 0,072, artinya korelasi antara variabel jumlah koloni bakteri dan kelembaban ruangan tidak signifikan. Sehingga terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri diluar kelembaban ruangan yang tidak diteliti pada penelitian ini. Hasil analisis data korelasi sederhana menggunakan SPSS dapat dilihat di tabel 4

Tabel 4 Korelasi Jumlah Koloni Jamur dengan Suhu Ruangan

		Jumlah_Koloni_Jamur_1	Suhu_Ruangan_1
Pearson Correlations	Jumlah_Koloni_Jamur_1 Suhu_Ruangan_1	1.000 1.000	1.000 1.000
Sig. (1-tailed)	Jumlah_Koloni_Jamur_1 Suhu_Ruangan_1		.008
N	Jumlah_Koloni_Jamur_1 Suhu_Ruangan_1	3 3	3 3

Berdasarkan tabel 4 diatas, nilai korelasi suhu ruangan dengan jumlah koloni jamur pada lokasi I yaitu sebesar 1.0. Hubungan antara jumlah koloni jamur dengan suhu memiliki hubungan yang sempurna, hal ini dikarenakan nilai korelasi sebesar 1.0 dengan hubungan positif yang artinya semakin besar suhu ruangan, semakin besar pula jumlah koloni jamur pada ruangan tersebut. Nilai signifikansi atau Sig. (1-tailed) koefisien korelasi satu sisi dari output korelasi antara pertumbuhan jamur dengan suhu ruangan pada lokasi I didapatkan nilai 0.008. Karena nilai probabilitasnya < 0.05 maka korelasi antara suhu ruangan dengan jumlah koloni jamur signifikan atau sangat nyata. Untuk hasil analisis data korelasi sederhana menggunakan SPSS dapat dilihat di tabel 5

Tabel 5 Korelasi Jumlah Koloni Jamur dengan Kelembaban Ruang

		Jumlah_Koloni_Jamur_1	Kelembaban_Ruangan_1
Pearson Correlations	Jumlah_Koloni_Jamur_1	1.000	.997
	Kelembaban_Ruangan_1	.997	1.000
Sig. (1-tailed)	Jumlah_Koloni_Jamur_1		.025
	Kelembaban_Ruangan_1	.025	
N	Jumlah_Koloni_Jamur_1	3	3
	Kelembaban_Ruangan_1	3	3

Nilai korelasi kelembaban ruangan dengan jumlah koloni jamur pada lokasi I pada tabel 5 yaitu sebesar 0,997. Hubungan antara jumlah koloni jamur dengan kelembaban ruangan memiliki hubungan yang sangat kuat karena nilai korelasi mendekati 1.0 dengan hubungan positif yang artinya semakin besar kelembaban ruangan maka semakin besar pula jumlah koloni jamur pada ruangan tersebut. Nilai signifikansi atau Sig. (1-tailed) koefisien korelasi satu sisi dari output korelasi antara pertumbuhan jamur dengan suhu ruangan pada lokasi I didapatkan nilai 0,025. Karena nilai probabilitasnya < 0,05 maka korelasi antara kelembaban ruangan dengan jumlah koloni jamur signifikan atau sangat nyata.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian analisis kualitas udara pada rumah warga di sekitar lokasi TPA Piyungan terhadap parameter bakteri dan jamur dengan jarak 50 m, 350 m, 650 m dan 1000 m yaitu tidak memenuhi syarat kualitas udara sehat berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan 1077/MENKES/PER/V/2011 Tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah dengan kadar maksimum mikroba udara <700 CFU m⁻³. Pada jarak 1000 m dari lokasi TPA jumlah koloni mikroba belum memenuhi standar baku mutu. Sehingga jarak ideal untuk warga mendirikan rumah mengacu pada PERMENPU No.03/Prt/M/2013 dimana jarak terdekat dari Lokasi TPA untuk permukiman yaitu lebih dari 1 km (satu kilometer) dengan mempertimbangkan pencemaran lindi, kebauan, penyebaran vektor penyakit, dan aspek social.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyani, V. D. (2016). *Kualitas Bakteriologis Udara Dalam Ruang Perawatan Inap RSUD H. Padjonga Dg. Ngalle Kab. Takalar*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Dillon, H. K., Heinsohn, P. A., & Miller, J. D. (2005). *Field Guide For The Determination Of Biological Contaminants In Environmental Samples*. Aiha.
- Gutarowska, B., & Piotrowska, M. (2007). Methods Of Mycological Analysis In Buildings. *Building And Environment*, 42(4), 1843–1850.
- Kesehatan, M. (2011). *Permenkes Nomor 1077*.
- Kusuma, R. A. (2012). *Kualitas Udara Mikrobiologis Daerah Sekitar Tempat Pemrosesan Akhir (Tpa) Dengan Parameter Jamur Dan Bakteri Studi Kasus: Tempat Pemrosesan Akhir (Tpa) Cipayung, Depok*. Depok: Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
- Mukono, J., Prasasti, C. I., & Sudarmaji, S. (2005). Pengaruh Kualitas Udara Dalam Ruang Ber-Ac Terhadap Gangguan Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Unair*, 1(2), 3941.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.1077*.
- Pepper, I. L., Gerba, C. P., Gentry, T. J., & Maier, R. M. (2011). *Environmental Microbiology*. Academic Press.
- Suharti, N. (2020). *Pemeriksaan Jumlah Koloni Mikroorganisme Di Udara Pada Pemukiman Warga Disekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Terjun*.
- Tampubolon, J. (2016). *Alat uji kualitas udara portable berbasis Mikrokontroler Atmega8535*.

Analisis Perbandingan Optimizer pada Arsitektur NASNetMobile Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Ras Kucing

D. Diffran Nur Cahyo¹, Muhammad Anwar Fauzi², Jangkung Tri Nugroho³, Kusri⁴

¹²³⁴Magister Teknik Informatika - Universitas Amikom Yogyakarta

Email: difffran@students.amikom.ac.id¹, anwarfauzi1999@students.amikom.ac.id²,
jan.nugroho@students.amikom.ac.id³, kusrini@amikom.ac.id⁴

ABSTRACT

Searching for research titles and abstracts is made easy with these keywords. Artificial Intelligence (AI) technology is currently developing very rapidly, there are various applications of AI that we can find in everyday life around us without realizing it. AI technology now allows us to work with computers more easily, just as we can know the type of cat breed and other information. There is deep learning that works by imitating the human brain or artificial neural networks to enhance current machine-learning capabilities. Deep learning can recognize and classify image categories. This study aims to determine the optimal optimizer in the classification of cat breeds. With the classification of cat breeds, cat keepers can find out the type of cat breed so they can find out how to care for it, the activities, and the personality possessed by the cat. The use of algorithm method used in this study uses the CNN algorithm with the NASNetMobile architecture. The dataset contains 840 images which are divided into 4 classes and divided into 588 training data, 168 testing data, and 84 validation data. for the RMSprop optimizer with a learning rate of 0.0001 to get an accuracy of 89.88%, this result is the highest among the others. Meanwhile, the SGD optimizer gets an accuracy of 78.57 & this result is the lowest. So it can be concluded that the architecture and optimizer are very important and influential in improving the performance of the model.

Keywords: cat breed classification, convolutional neural network, deep learning, NASNetMobile, optimizer.

INTISARI

Pencarian judul penelitian dan abstraknya dipermudah dengan kata-kata kunci tersebut. Teknologi Artificial Intelligence (AI) saat ini sudah berkembang sangat pesat, terdapat berbagai penerapan AI yang bisa kita temukan di kehidupan sehari-hari disekitar kita tanpa kita sadari. Teknologi AI saat ini memungkinkan kita untuk berkegiatan dengan komputer menjadi lebih mudah, seperti halnya kita bisa tahu jenis ras kucing dan informasi lainnya. Adanya deep learning yang bekerja meniru otak manusia atau jaringan saraf tiruan untuk meningkatkan kemampuan machine learning saat ini. Deep learning dapat mengenali dan mengklasifikasikan kategori citra. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan optimizer yang optimal pada klasifikasi ras kucing. Dengan adanya klasifikasi ras kucing, pemelihara kucing dapat mengetahui jenis ras kucing agar dapat mengetahui cara pemeliharaannya, aktivitas, dan kepribadian yang dimiliki oleh kucing tersebut. Penggunaan metode algoritma yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan algoritma CNN dengan arsitektur NASNetMobile. Dataset berisi 840 gambar yang dibagi menjadi 4 kelas dan dibagi menjadi 588 data training, 168 data testing, dan 84 data validasi. untuk optimizer RMSprop dengan learning rate 0.0001 mendapatkan akurasi 89.88% hasil ini merupakan yang tertinggi diantara yang lainnya. Sedangkan untuk optimizer SGD mendapatkan akurasi 78.57& hasil ini merupakan yang terendah. Sehingga dapat disimpulkan arsitektur dan optimizer sangat penting dan berpengaruh untuk meningkatkan kinerja model.

Kata kunci: convolutional neural network, deep learning, klasifikasi ras kucing, NASNetMobile, optimizer.

PENDAHULUAN

Kucing (*Felis catus*) merupakan mamalia *karnivora* dari keluarga *Felidae* (Menotti-Raymond & O'Brien, 1995). Pada 6000 SM, kucing diketahui telah berbaur dengan manusia dan menyebar ke berbagai belahan dunia. Jumlah kucing ras di dunia hanya sekitar 1%, sehingga sebagian besar didominasi oleh kucing hibrida atau domestik (Lipinski et al., 2008). Kurangnya kucing ras membuat kucing ras jauh lebih mahal. Setiap ras kucing memiliki karakteristiknya sendiri, tetapi karena banyaknya persilangan, menjadi lebih sulit untuk mengidentifikasi ras kucing (Karlita et al., 2022), namun terkadang tidak semua pemilik kucing mengetahui jenis kucingnya. Perawatan kucing perlu dilakukan dengan perawatan khusus untuk menjamin kesehatan kucing tersebut, tergantung dari

rasnya karena setiap ras kucing memiliki karakteristik yang berbeda sehingga diperlukan perawatan yang berbeda (Lipinski et al., 2008). Ada berbagai ras kucing di seluruh dunia dan setiap ras memiliki ciri, penampilan, dan kepribadian yang berbeda. Mereka juga tidak mirip dengan satu sama lain dalam segala hal. Faktor-faktor yang mempengaruhi ras kucing diantaranya yaitu ukuran, pemeliharaan, aktivitas, bulu, dan kepribadian atau temperamen (O'Brien et al., 2008).

Munculnya era kecerdasan buatan melalui pengenalan gambar berkembang sangat pesat (Zhang et al., 2019). Seringkali koleksi gambar yang digunakan pada beberapa tahap sistem klasifikasi memiliki kekurangan, seperti banyak *noise*, *shading*, kontras rendah, dan gambar buram. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah teknik deep learning yang dapat menangkap dan memukul suatu item dalam sebuah citra virtual. Salah satu teknik deep learning yang dapat mengenali dan mengklasifikasikan kategori citra adalah *Convolutional Neural Networks* (CNN) (Purnama, 2020).

Pada penelitian sebelumnya dilakukan klasifikasi ras kucing (Jaka et al., 2022) dengan membandingkan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dan Naive Bayes (NB) dalam klasifikasi citra ras kucing menggunakan model *Deep Learning SqueezeNet* sebagai proses ekstraksi ciri pada citra. Hasil dari penelitian ini secara eksperimental akan mendemonstrasikan perbedaan antara akurasi, presisi dan recall dari masing-masing algoritma. Hasil yang diperoleh menunjukkan *classifier* terbaik adalah algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dengan nilai akurasi 88,4%, precision 88,5% dan memori 88,4% sedangkan yang terendah adalah algoritma *Naive Bayes* (NB) dengan akurasi sebesar 79,5%, precision 79,9%, dan recall 79,5%.

Pada penelitian (Imanuel & Setiabudi, n.d.) menggunakan metode transfer *learning* pada Arsitektur *Xception*, model CNN yang terinspirasi oleh model CNN Inception. Model *Xception* adalah model Inception di mana modul Inception diganti dengan *depthwise separable convolutions*. Model CNN *Xception* digunakan dalam tugas akhir ini untuk meningkatkan akurasi dalam mendeteksi ras kucing. Hasil sistem menunjukkan bahwa akurasi tertinggi yang dihasilkan saat mendeteksi ras kucing pada Oxford-IIIT Pet Dataset adalah sebesar 89,58% atau 0,8958. Dibandingkan dengan metode *Mobilenet_v1 FPN SSD* yang memiliki akurasi sebesar 81,74%, implementasi metode *Xception* meningkatkan akurasi menjadi 7,84%, selain itu juga menemukan bahwa kualitas kumpulan data mempengaruhi keakuratan model.

Berbeda dengan penelitian (Wikarta et al., 2020) melalui pendeteksian penggunaan masker oleh pengemudi dan penumpang pada kendaraan akan dilakukan secara otomatis dengan menggunakan *convolutional neural network* (CNN) atau *Convnet*. Ada 3 jenis pengoptimal yang dianalisis, yaitu SGD, RMSprop dan ADAM. Hasil pelatihan CNN menunjukkan bahwa pemilihan jenis pengoptimal akan memberikan tingkat akurasi dan kerugian yang berbeda. Nilai akurasi CNN dengan pengoptimal SGD, RMSprop dan ADAM adalah sebagai berikut: 0,7577, 0,9577 dan 0,9654. Nilai ini menunjukkan bahwa pengoptimal SGD memiliki akurasi terendah, sedangkan pengoptimal ADAM memiliki akurasi tertinggi.

Selanjutnya pada penelitian (Vani & Rao, 2019), *Deep Learning* adalah sub-disiplin dari *Machine Learning* dengan Layers digunakan di dalamnya untuk membuat *Artificial Neural Network* (ANN). *Convolutional Neural Network* (CNN), Arsitektur Deep Learning telah menjadi inovasi paling berpengaruh dalam *Computer Vision*. Pengoptimal terbentuk dan membentuk model menjadi bentuk yang paling akurat dengan menggunakan bobot. Dalam makalah ini, tujuh pengoptimal yaitu *Stochastic Gradient Descent* (SGD), *RMSProp*, *Adam*, *Adamax*, *Adagrad*, *Adadelta*, dan *Nadam* diimplementasikan di CNN pada *Dataset Indian Pines* dan hasil perbandingan akurasi ditampilkan secara grafis di mana *Adamax* mengungguli dengan akurasi 99,58%.

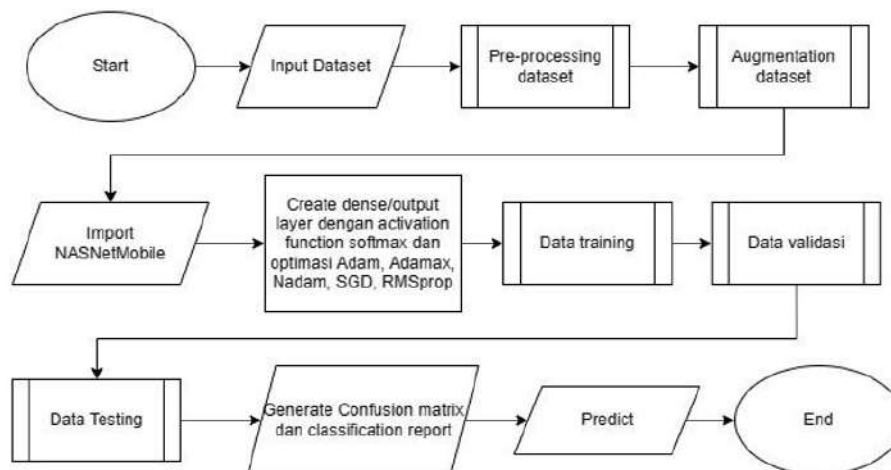
Penelitian lainnya (Amiruddin & Kadir, 2020) mengidentifikasi spesies atau genera nyamuk merupakan bagian penting dalam pengendalian penyebaran penyakit menular yang ditularkan oleh nyamuk. Dengan pesatnya perkembangan arsitektur *neural network*, jenis nyamuk dapat diidentifikasi tanpa menggunakan mikroskop melainkan langsung dari gambar yang ditangkap oleh kamera atau kamera smartphone. Dengan alat ini, jenis atau tipe nyamuk dapat diketahui dengan cepat. Dalam pekerjaan ini, evaluasi kinerja arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) dilakukan untuk menganalisis tugas klasifikasi citra nyamuk dengan mengklasifikasikan 200 data citra nyamuk dari mesin pencari Bing, dibagi menjadi empat kategori. Menurut hasil yang diperoleh, arsitektur *NASNetMobile* memberikan akurasi 73% dan arsitektur *MobileNetV2* memberikan performa terbaik pada metrik yang diuji. Model ini memberikan akurasi 80% pada set pengujian.

Selanjutnya pada penelitian (Adedoja et al., 2022) mengembangkan sistem diagnostik penyakit pohon bergerak cerdas yang bekerja pada telepon pintar. Sistem diagnostik didasarkan pada *NASNet-Mobile*, arsitektur *convolutional neural network* (CNN) ringan yang menggunakan

pencitraan daun untuk mendiagnosis penyakit tanaman. Aplikasi seluler telah dikembangkan untuk smartphone Android dan iOS untuk mengambil gambar daun. Sistem berjalan pada layanan web yang memperoleh diagnostik dari model CNN. Gambar daun yang diambil dengan aplikasi seluler yang dikembangkan dikirim melalui layanan web dan identifikasi penyakit dilakukan menggunakan model *NASNet-Mobile* CNN, sistem diagnosis penyakit pohon model CNN yang disediakan oleh *NASNet-Mobile* mencapai tingkat akurasi 99,31%.

METODE


Metode penelitian dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara lima Optimizer (Bera & Shrivastava, 2020) dengan menggunakan Arsitektur *NASNetMobile* (Radhika et al., 2020), sedangkan Algoritma CNN pada klasifikasi ras kucing yang akan dibuat memiliki beberapa tahapan pada gambar 1.




Gambar 1. Tahapan penelitian

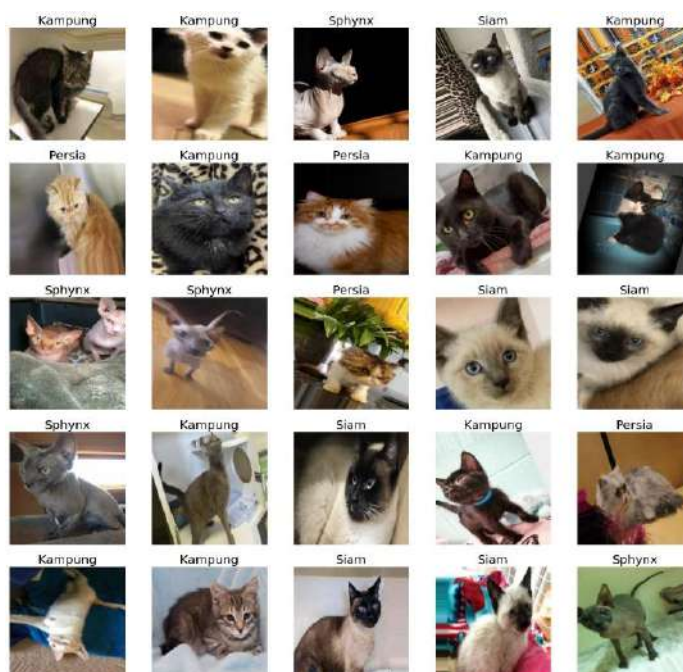
Tahapan tersebut adalah melakukan input database, pre-processing dataset, augmentation dataset, import *NASNetMobile*, membuat output/dense layer dengan activation function softmax dan optimizer menggunakan *Adam*, *Adamax*, *Nadam*, *SGD*, dan *RMSprop*, melakukan data training dan data testing, dan evaluasi dengan menggunakan confusion matrix dan *classification report*. Pada input dataset, dataset diambil dari *Kaggle* yaitu *Cat Breeds Dataset*. Keseluruhan dataset ras kucing sebanyak 840 gambar dengan 4 jenis ras kucing yaitu kucing kampung, persia, siam, dan sphynx. Pada tabel 1 menunjukkan dataset ras kucing yang akan digunakan untuk penelitian.

Tabel 1. Dataset

Class	Jumlah	Contoh Gambar
Kampung	210	
Persia	210	
Siam	210	

Sphynx	210	
Total	840	

Selanjutnya pada tahap *preprocessing* data, gambar-gambar dari dataset di *resize* menjadi 224x224. Setelah proses *resize* dilakukan *preprocessing* selanjutnya yaitu *rescale* 1/225, *rotation range* sebesar 30, *zoom range* sebesar 0.2, *width shift range* 0.1, *height shift range* 0.1, *horizontal flip*, dan *fill mode nearest*. Setelah tahap *preprocessing*, selanjutnya masuk ke tahap *augmentasi* dalam tahap ini hanya melakukan penggandaan agar gambar menjadi bervariasi. Pada gambar 2 menunjukkan hasil setelah *preprocessing* dan *augmentasi* data.



Gambar 2. Proses setelah *preprocessing* dan *augmentasi*

HASIL DAN PEMBAHASAN

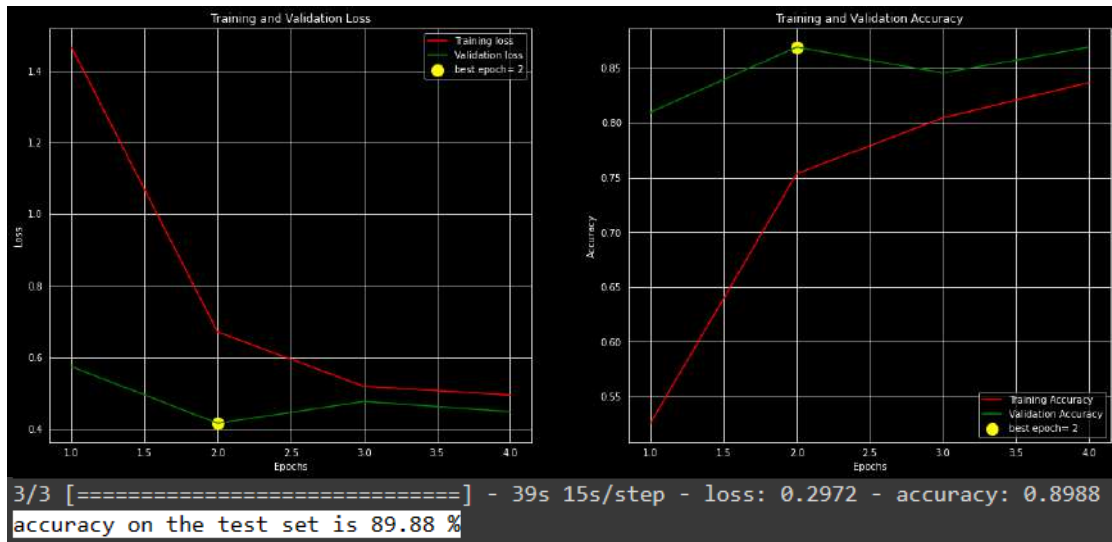
Proses data training terdapat lima skenario. Untuk kelima skenario ini menggunakan Arsitektur *NASNetMobile* dengan menggunakan *weights* dari *imagenet*. Kemudian untuk layer menggunakan 1 *max pooling* dengan size 2 dan *fully connection* dengan 1 *dropout* dengan nilai 0.5. Untuk skenario 1 menggunakan *optimizer Adam* dengan *learning rate* 0.0001. Skenario 2 menggunakan *optimizer Adamax* dengan *learning rate* 0.0001. Skenario 3 menggunakan *optimizer Nadam* dengan *learning rate* 0.0001. Skenario 4 menggunakan *optimizer SGD* dengan *learning rate* 0.0001. Dan skenario 5 menggunakan *optimizer RMSprop* dengan *learning rate* 0.0001. Pada tabel 2 menunjukkan hasil skenario yang telah dilatih.

Tabel 2. Hasil skenario

Skenario	Optimizer	Learning Rate	Akurasi	Validasi
1	Adam	0.0001	88.1%	88.1%
2	Adamax	0.0001	87.5%	90.48%
3	Nadam	0.0001	83.93%	86.9%
4	SGD	0.0001	78.57%	80.95%
5	RMSprop	0.0001	89.88%	86.9%

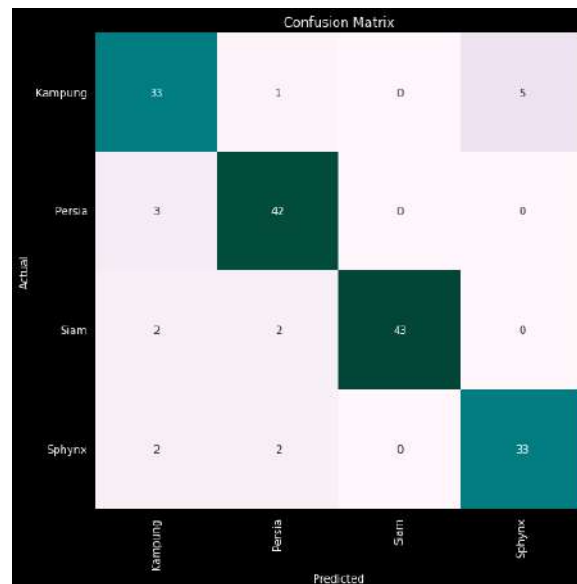
Pada tabel 2 menunjukkan *optimizer RMSprop* dengan *learning rate* 0.0001 mendapatkan akurasi 89.88% yang dimana hasil ini merupakan yang tertinggi diantara yang lainnya. Sedangkan

untuk *optimizer* SGD mendapatkan akurasi 78.57% dan hasil ini merupakan yang terendah. Pada gambar 3 menunjukkan grafik training dan validasi pada *optimizer RMSprop*.



Gambar 3. Grafik training dan validasi pada *optimizer RMSprop*

Setelah melakukan data training dari kelima skenario, selanjutnya masuk ke tahap testing atau pengujian dalam pengujian ini menggunakan *Optimizer RMSprop* karena mendapatkan nilai akurasi yang terbaik. Dalam pengujian ini akan melakukan proses evaluasi matrix dan classification report yang menggunakan confusion matrix. Pada gambar 4 menunjukkan hasil dari *confusion matrix* pada Algoritma CNN dengan Arsitektur *NASNetMobile* dengan optimasi *RMSprop*.



Gambar 4. Confusion Matrix pada *optimizer RMSprop*

Sesuai hasil confusion matrix pada Algoritma CNN dengan arsitektur *NASNetMobile* dan *Optimizer RMSprop* didapatkan bahwa:

1. Dari 40 gambar kucing kampung, terdapat 33 gambar dengan prediksi yang sesuai dengan aktual.
2. Dari 47 gambar kucing persia, terdapat 42 gambar dengan prediksi yang sesuai dengan aktual.
3. Dari 43 gambar kucing siam, terdapat 43 gambar dengan prediksi yang sesuai dengan aktual.
4. Dari 38 gambar kucing sphynx, terdapat 33 gambar dengan prediksi yang sesuai dengan aktual.

Setelah mengetahui hasil *confusion matrix*, selanjutnya memproses *classification report* yang meliputi *precision*, *recall*, dan *F1-Score*. Pada gambar 5 menunjukkan hasil *classification report*.

```

Classification Report:
-----

```

	precision	recall	f1-score	support
Kampung	0.82	0.85	0.84	39
Persia	0.89	0.93	0.91	45
Siam	1.00	0.91	0.96	47
Sphynx	0.87	0.89	0.88	37
accuracy			0.90	168
macro avg	0.90	0.90	0.90	168
weighted avg	0.90	0.90	0.90	168

Gambar 5. Classification Report pada optimizer RMSprop

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini berfokus pada perbandingan optimizer pada Algoritma CNN untuk mengklasifikasikan ras kucing. Penggunaan arsitektur *NASNetMobile* dengan dataset 840 gambar dari 4 ras kucing yang berbeda dengan 588 gambar digunakan untuk training, 168 untuk testing, dan 84 untuk validasi. Setelah melakukan proses pelatihan dengan 5 skenario, diperoleh hasil yang paling optimal pada *optimizer RMSprop* dengan nilai akurasi 89.88% dan validasi 86.9% sehingga arsitektur dan optimizer sangat penting dan berpengaruh untuk meningkatkan kinerja model. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan untuk memperbaiki model yang sudah ada, dengan alternatif tambahkan kelas dataset untuk ras kucing yang memiliki karakteristik yang cukup mirip. Dapat juga digunakan arsitektur dan pengoptimalan lain untuk hasil yang lebih baik, juga menambahkan lebih banyak gambar ras kucing untuk training, testing, dan validasi, serta menambahkan lebih banyak kategori ras kucing ke sistem.

Daftar Pustaka

- Adedoja, A. O., Owolawi, P. A., Mapayi, T., & Tu, C. (2022). Intelligent Mobile Plant Disease Diagnostic System Using NASNet-Mobile Deep Learning. *IAENG International Journal of Computer Science*, 49(1), 216–231.
- Amiruddin, B. P., & Kadir, R. E. A. (2020). CNN Architectures Performance Evaluation for Image Classification of Mosquito in Indonesia. *Proceedings - 2020 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application: Humanification of Reliable Intelligent Systems, ISITIA 2020*, 223–227. <https://doi.org/10.1109/ISITIA49792.2020.9163732>
- Bera, S., & Shrivastava, V. K. (2020). Analysis of various optimizers on deep convolutional neural network model in the application of hyperspectral remote sensing image classification. *International Journal of Remote Sensing*, 41(7), 2664–2683. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1694725>
- Crowell-Davis, S. L., Curtis, T. M., & Knowles, R. J. (2004). Social organization in the cat: A modern understanding. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 6(1), 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2003.09.013>
- Imanuel, A., & Setiabudi, D. H. (n.d.). *Penerapan Convolutional Neural Network dengan Pre-Trained Model Xception untuk Meningkatkan Akurasi dalam Mengidentifikasi Jenis Ras Kucing*. www.kaggle.com
- Jaka, K., Abwabul, J., Muhammad Zulkarnain, L., Rubianto, & Rika, R. (2022). Komparasi Algoritma Support Vector Machine Dan Naive Bayes Pada Klasifikasi Ras Kucing. *Jurnal Generic*, 14(1), 8–12. <http://generic.ilkom.unsri.ac.id/index.php/generic/article/view/122>
- Karlita, T., Choirunisa, N. A., Asmara, R., & Setyorini, F. (2022). Cat Breeds Classification Using Compound Model Scaling Convolutional Neural Networks. *Proceedings of the International Conference on Applied Science and Technology on Social Science 2021 (ICAST-SS 2021)*, 647, 909–914. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.220301.150>
- Lipinski, M. J., Froenicke, L., Baysac, K. C., Billings, N. C., Leutenegger, C. M., Levy, A. M., Longeri, M., Niini, T., Ozpinar, H., Slater, M. R., Pedersen, N. C., & Lyons, L. A. (2008). The ascent of cat breeds: Genetic evaluations of breeds and worldwide random-bred populations.

- Genomics*, 91(1), 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2007.10.009>
- Menotti-Raymond, M. A., & O'Brien, S. (1995). Evolutionary conservation of ten microsatellite loci in four species of felidae. *Journal of Heredity*, 86(4), 319–322. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a111594>
- O'Brien, S. J., Johnson, W., Driscoll, C., Pontius, J., Pecon-Slattery, J., & Menotti-Raymond, M. (2008). State of cat genomics. *Trends in Genetics*, 24(6), 268–279. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2008.03.004>
- Purnama, I. N. (2020). Herbal Plant Detection Based on Leaves Image Using Convolutional Neural Network With Mobile Net Architecture. *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer)*, 6(1), 27–32. <https://doi.org/10.33480/jitk.v6i1.1400>
- Radhika, K., Devika, K., Aswathi, T., Sreevidya, P., Sowmya, V., & Soman, K. P. (2020). Performance analysis of NASNet on unconstrained ear recognition. *Studies in Computational Intelligence, SCI 871*, 57–82. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33820-6_3
- Vani, S., & Rao, T. V. M. (2019). An experimental approach towards the performance assessment of various optimizers on convolutional neural network. *Proceedings of the International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2019, Icoei*, 331–336. <https://doi.org/10.1109/ICOEI.2019.8862686>
- Wikarta, A., Sigit Pramono, A., & Ariatedja, J. B. (2020). Analisa Berbagai Optimizer Pada Convolutional Neural Network Untuk Deteksi Pemakaian Masker Pengemudi Kendaraan. *Seminar Nasional Informatika, 2020(Semnasif)*, 69–72.
- Zhang, Q., Zhang, M., Chen, T., Sun, Z., Ma, Y., & Yu, B. (2019). Recent advances in convolutional neural network acceleration. *Neurocomputing*, 323, 37–51. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.09.038>

Karakteristik Lapisan Batubara pada Cekungan Bentarsari Terhadap Pola Sebaran Di Daerah Bentar Dan Sekitarnya Kecamatan Salem Kabupaten Brebes

Nur Widi Astanto Agus Tri Heriyadi¹, Fivry Wellda Maulana², Alfi Firhandika³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Geologi, FTM, Institut Sains & Teknologi AKPRIND

e-mail: nurwidi@akprind.ac.id

ABSTRACT

The Kaliglagah Formation in the Bentarsari area, Salem District, Brebes Regency, Central Java Province is included in the Bentarsari Basin. This formation is a coal-bearing formation in the Bentarsari Basin of Late Pliocene age and is composed of layers of claystone, sandstone and coal. The coal seams in this formation were analyzed megascopically to determine the type of characteristics based on taking outcrop profiles in the research area and analyzed using the Horne classification approach, 1978 so that the depositional environment and facies of the formation of the coal seams were found. The results of the two analyzes were then used to determine the characteristics and distribution patterns of the coal seams of the Kaliglagah Formation. Characteristics The coal seam in the study area was deposited in the Crevasse splay facies, in the transitional lower delta plain depositional environment according to Horne, 1978. The distribution pattern of coal with a northwest-southeast trend, the withdrawal of coal distribution obtained three seams, namely a seam with a thickness of 1.21 m at Lp 4, seam b with a thickness of 0.82 m on Lp 4, on Lp 2 the thickness of the coal seam is 0.03 m on seam b upper, 0.02 m on seam b middle and seam c lower 0.1 m, and 0.04 m on seam b upper and 0.03 m on seam b lower Lp 5 and seam c with a thickness of 1.65 m on seam b upper and seam c lower on Lp 1.

Keywords: Bentarsari, basin, characteristics, stratigraphy, pattern, distribution, coal.

INTISARI

Formasi Kaliglagah di daerah Bentarsari, Kecamatan Salem, Kabupaten Brebes, Provinsi Jawa Tengah termasuk ke dalam Cekungan Bentarsari. Formasi ini merupakan formasi pembawa batubara pada Cekungan Bentarsari yang berumur Pliosen Akhir dan tersusun atas lapisan batulempung, batupasir dan batubara. Lapisan batubara pada formasi ini di analisis secara megaskopis untuk mengetahui jenis karakteristik berdasarkan pengambilan profil singkapan di daerah penelitian dan di analisis dengan pendekatan klasifikasi Horne, 1978 sehingga ditemukan lingkungan pengendapan serta fasies pembentukan lapisan batubara tersebut. Hasil dari kedua analisis tersebut lalu digunakan untuk mendeterminasi karakteristik dan pola sebaran dari lapisan batubara Formasi Kaliglagah. Karakteristik Lapisan batubara didaerah penelitian terendapkan pada fasies *Crevasse splay*, di lingkungan pengendapan *transitional lower delta plain* menurut Horne, 1978. Pola sebaran batubara berarah Barat Laut-Tenggara, penarikan persebaran batubara didapatkan tiga *seam* yaitu *seam a* dengan tebal 1,21 m pada Lp 4, *seam b* dengan tebal 0,82 m pada Lp 4, pada Lp 2 tebal lapisan batubaranya yaitu 0,03 m pada *seam b upper*, 0,02 m pada *seam b middle* dan *seam c lower* 0,1 m, serta 0,04 m pada *seam b upper* dan 0,03 m pada *seam b lower* Lp 25 dan *seam c* dengan tebal 1,65 m yang terdapat di *seam b upper* dan *seam c lower* pada lp 1.

Katakunci: Bentarsari, cekungan, karakteristik, stratigrafi, pola, sebaran, batubara.

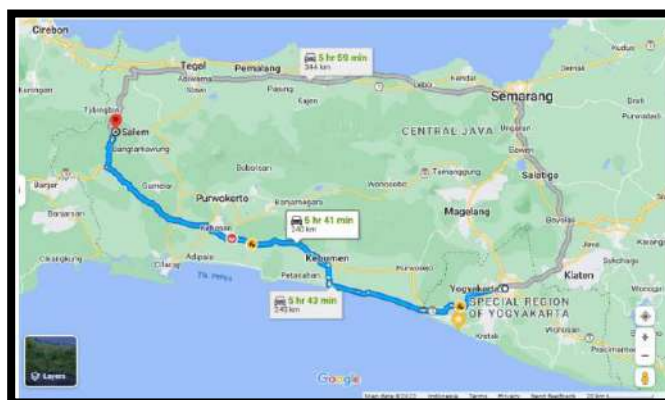
PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan tatanan geologi yang cukup kompleks, karena hal tersebut Indonesia menyimpan sumber daya alam yang melimpah. Salah satu sumber daya alam tersebut adalah batubara. Batubara merupakan bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari proses penggabutan dan pembatubaraan di dalam suatu cekungan (daerah rawa) dalam jangka waktu geologis yang meliputi aktivitas bio-geokimia terhadap akumulasi flora di alam yang mengandung selulosa dan lignin (Sukandarrumidi, 1995).

Endapan batubara di Indonesia paling banyak dijumpai di Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan dan Sumatera Selatan, yang saat ini penggunaan utamanya masih untuk memenuhi

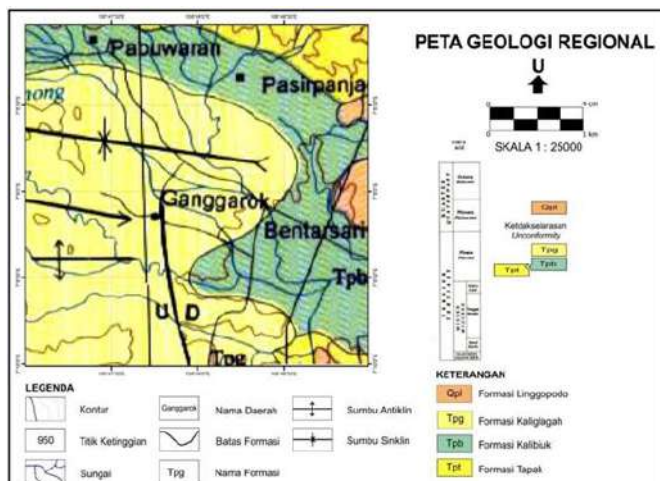
kebutuhan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Peran ahli geologi saat ini sangat dibutuhkan dalam memberikan sumbangan pemikiran, baik dalam bentuk data dan informasi kebumihmaupun aplikatif di lapangan, serta memberikan alternatif solusi pemecahan masalah lingkungan geologi yang ada. Studi analisis batubara dilakukan secara megaskopis dilapangan dengan mengamati langsung kondisi morfologi, lithologi dan struktur yang berkembang. Secara megaskopis dapat ditentukan dari kesamaan karakteristik lapisan batubara yang berada dilapangan dengan melihat profil batuan yang tersingkap baik berupa batubara maupun sedimen pengapit batubara. Pola sebaran lapisan batubara akan berpengaruh pada penentuan batas perhitungan cadangan dan pembagian blok penambangan (Hibatulloh, dkk., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik lapisan batubara cekungan Bentarsari terhadap pola sebaran pada saat pembentukan batubara di daerah penelitian. Daerah penelitian terletak di daerah Desa Bentar dan Sekitarnya Kecamatan Salem Kabupaten Brebes Provinsi Jawa Tengah (Lihat Gambar 1), terdapat sumberdaya alam berupa batubara sehingga menarik untuk menggali pengetahuan mengenai katakteristik lapisan batubara cekungan Bentarsari terhadap pola sebaran sebaran batubara beberapa faktor yang mempengaruhi pada didaerah penelitian.



Gambar 1 Peta Kesampaian Lokasi Penelitian

Secara regional daerah penelitian termasuk ke dalam lembar Majenang (Kastowo dan Suwarna, 1996). Dalam petageologi lembar Majenang (Gambar 2), daerah penelitian yang terdapat pada Cekungan Bentarsari tersusun atas tiga formasi dengan urutan stratigrafi dari tua kemuda pada daerah penelitian yaitu Formasi Tapak (Tpt), Formasi Kalibiuk (Tpb), Formasi Kaliglagah (Tpg). Formasi Kaliglagah merupakan formasi pembawa lapisan batubara yang terdapat di Cekungan Bentarsari.



Gambar 2. Peta geologi regional daerah penelitian lembar Majenang (Modifikasi dari Kastowo dan Suwarna, 1996).

METODE

Pengumpulan data dilakukan langsung di lapangan menggunakan pemetaan metode *measuring section* (MS) dan pengambilan data struktur batuan. Dari hasil pengukuran batubara dan litologi lain dalam lintasan dihasilkan penampang stratigrafi terukur dari litologi dari tua ke muda. Analisis laboratorium yang dilakukan yaitu dengan pembuatan peta sebaran batubara, *measuring section* (MS) dan korelasi lapisan batubara di lokasi penelitian yang dilakukan seperti deskripsi batuan pada umumnya dengan parameter atau karakteristik tertentu yang merupakan penciri fisik batubara serta struktur pada daerah penelitian.

Hasil analisis laboratorium tersebut selanjutnya dibandingkan dengan klasifikasi Horne, 1978, menunjukkan ciri-ciri fisik profil lapisan batubara sehingga dapat mempermudah dalam identifikasi korelasi dan penarikan sebaran batubara yang berupa peta sebaran batubara dan karakteristik lapisan batubara di daerah penelitian.

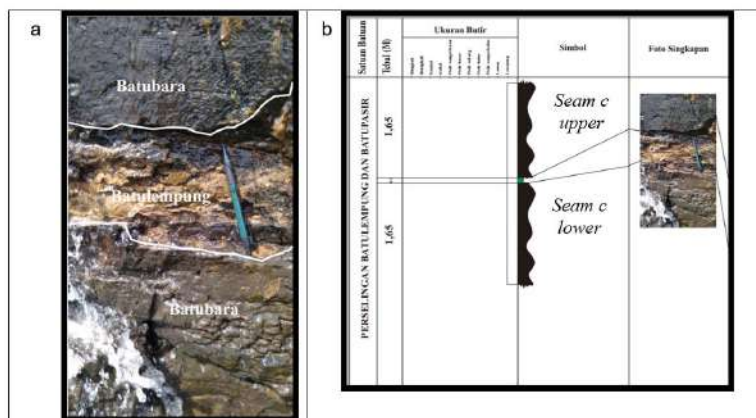
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data

Pengambilan data lapangan dilaksanakan melalui inventarisasi data lapangan dengan pengamatan morfologi, stratigrafi dan struktur geologi dengan pemetaan. Hasil pemetaan lapangan dijumpai 4 lokasi singkapan batuan yang memiliki sisipan batubara pada lokasi penelitian.

a. Lokasi pengamatan 1

Lokasi pengamatan 1 (Lp1) ini berada di tubuh sungai Ci Lingga yang terletak pada koordinat $7^{\circ}07'28,2''$ LS dan $108^{\circ}47'22,6''$ BT pada morfologi yang bergelombang rendah. Kondisi singkapan cukup baik untuk diamati dengan tingkat pelapukan sedang sampai rendah. Singkapan ini pada lokasi ini tersusun atas batuan berupa batubara dengan parting lempung. Batubara memiliki secara umum memiliki warna segar hitam, pecahan *blocky*, gores hitam kecoklatan, mengkilap agak kusam, dengan parting lempung. Batubara bagian atas diidentifikasi sebagai *Seam c upper* dan batubara bagian bawah diidentifikasi sebagai *Seam c lower*. Kedudukan lapisan batuan yaitu N $294^{\circ}E/22^{\circ}$. Tebal lapisan batubara pada Lokasi pengamatan 1 ini adalah 1,65 meter pada *Seam c upper* dan 1,65 meter pada *Seam c lower* (Gambar 3).

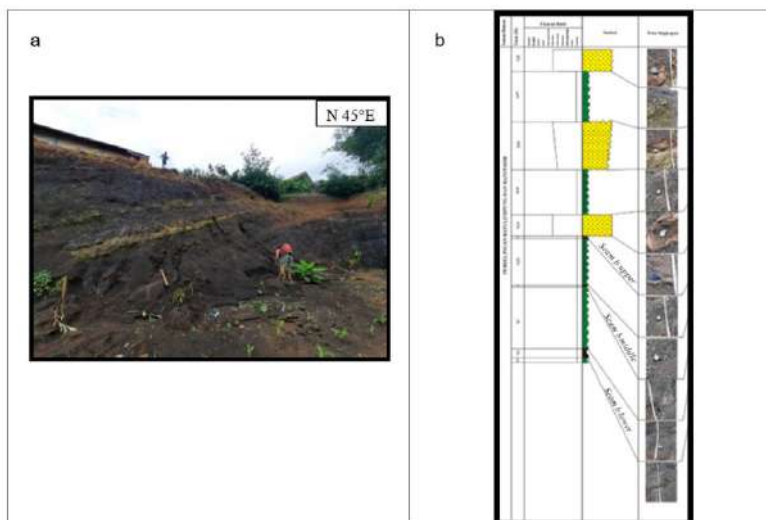


Gambar 3. Kenapakan singkapan pada Lokasi pengamatan 1. a) foto lithologi batubara pada singkapan tampak terdapat parting, b) profil singkapan pada lokasi pengamatan, tanpa skala

b. Lokasi Pengamatan 2

Lokasi ini berada di tubuh sungai Ci Binong yang terletak pada koordinat $7^{\circ}08'33,2''$ LS dan $108^{\circ}47'37,2''$ BT pada morfologi yang bergelombang rendah. Kondisi singkapan cukup baik untuk diamati dengan tingkat pelapukan sedang sampai rendah. Singkapan pada lokasi pengamatan ini berupa perselingan batulempung dengan batupasir dan sisipan batubara. Lapisan batuan yang tersingkap paling tua di Lp ini adalah batulempung warna segar abu-abu cerah dan struktur masif, dengan komposisi semen silika. Batupasir sedang berwarna segar abu-abu gelap, struktur masif, *invers graded bedding*, berukuran butir pasir sedang sampai halus, membundar, sortasi baik, kemas tertutup, komposisi matriks pasir sedang sampai pasir halus dan semen silika. Memiliki kedudukan batuan yaitu N $127^{\circ}E/54^{\circ}$. Batubara secara umum memiliki warna segar hitam, pecahan *blocky*,

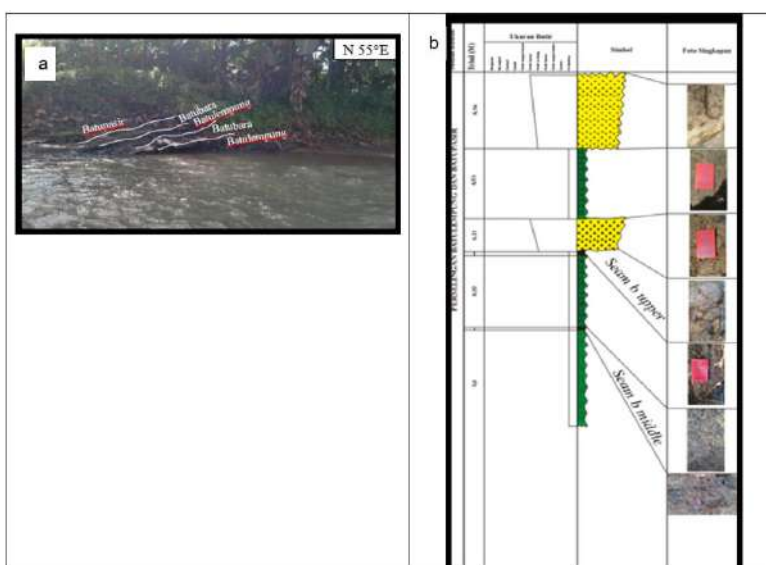
gores hitam kecoklatan, mengkilap agak kusam, kekerasan *moderately*, terdapat pengotor resin/amber. Pada singkapan ini sisipan batubara terdapat 3 lapisan seam yang terdiri atas Seam b *upper* (tebal 0,03 m), Seam b *middle* (tebal 0,02m) dan Seam b *lower* (tebal 0,1 m). (Gambar 4).



Gambar 4 Kenapakan singkapan pada Lokasi pengamatan 2. a) foto lithologi batubara pada singkapan, b)profil singkapan pada lokasi pengamatan, tanpa skala.

c. Lokasi pengamatan 3

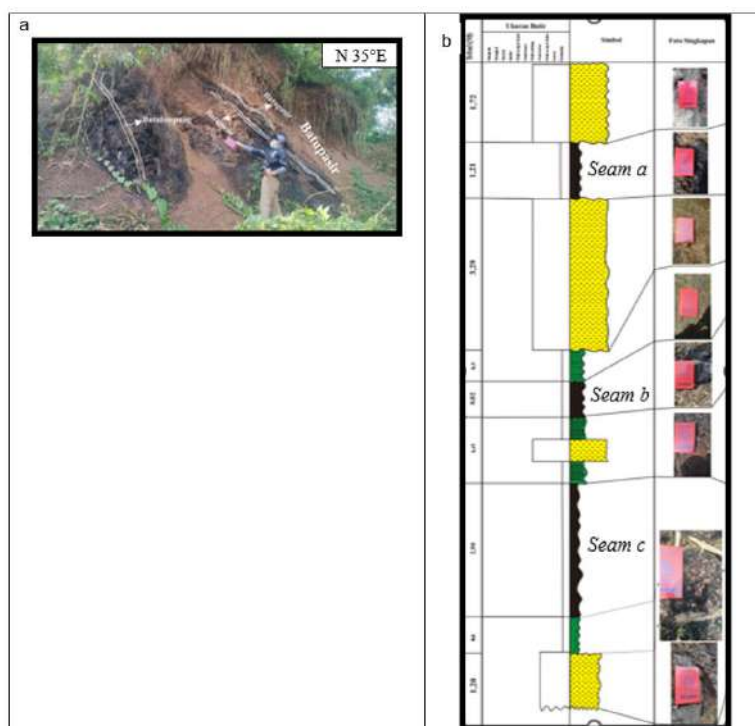
Lokasi ini berada di tubuh sungai Cisu terletak pada koordinat $7^{\circ}08'28,8''$ LS dan $108^{\circ}40'0''$ BT dengan morfologi yang bergelombang rendah. Singkapan pada lokasi ini memiliki tersusun atas perselingan batulempung dengan batupasir dan sisipan batubara. Lapisan batuan paling bawah batulempung memiliki warna segar abu-abu cerah, struktur masif, ukuran butir lempung dan semen silika. Batupasir sedang, memiliki warna segar abu-abu gelap, struktur *invers graded bedding*, ukuran butir pasir sedang sampai halus, membundar, sortasi baik, kemas tertutup, komposisi matriks pasir sedang sampai pasir halus, semen silika. Sisipan batubara berwarna segar hitam, gores hitam kecoklatan, mengkilap agak kusam, kekerasan *moderately*, pecahan blocky, terdapat pengotor resin/amber. Lapisan batubara tersebut terdiri atas 2 lapisan tipis batubara yaitu Seam b *upper* dengan ketebalan 0,04 meter dan Seam b *middle* dengan ketebalan 0,03 meter. Kedudukan lapisan batuan pada lokasi ini N $323^{\circ}E/49^{\circ}$ (Gambar 5).



Gambar 5 Kenapakan singkapan pada Lokasi pengamatan 3. a) foto lithologi batubara pada singkapan, b)profil singkapan pada lokasi pengamatan, tanpa skala

d. Lokasi pengamatan 4

Lokasi pengamatan 4 berada di Dusun Cikondang yang secara geografis terletak pada koordinat $7^{\circ}09'32,4''$ LS dan $108^{\circ}48'18,4''$ BT, berada di tepi jalan dan pada dinding tebing yang cukup curam. Kondisi singkapan cukup baik dengan tingkat pelapukan sedang. Singkapan pada lokasi ini tersusun berupa perselingan batulempung dan batupasir dan sisipan batubara. Memiliki kedudukan lapisan batuan yaitu $N312^{\circ}E/30^{\circ}$. Lapisan batuan yang paling bawah berupa batulempung yang memiliki warna segar abu-abu cerah, struktur masif, komposisi matriks lempung dengan semen karbonat. Batupasir sedang, memiliki warna segar abu-abu gelap dan warna lapuk coklat kehitaman dengan struktur masif, ukura butir pasir sedang sampai halus, membundar, sortasi baik, kemas tertutup, komposisi matriks pasir sedang sampai pasir halus dan semen karbonat. Hadir sisipan lapisan batubara berwarna segar hitam, pecahan *blocky*, gores hitam kecoklatan, mengkilap agak kusam, kekerasan moderately. Lapisan batubara ini hadir dalam 3 lapis yaitu Seam a dengan tebal 1,21 m, Seam b tebal 0,82 m dan Seam c tebal 2,90 m (Gambar 6).



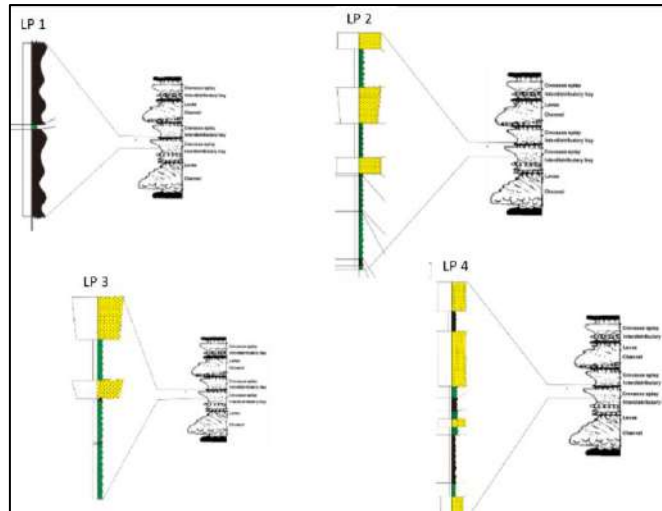
Gambar 6 Kenapakan singkapan pada Lokasi pengamatan 4. a) foto lithologi batubara pada singkapan, b) profil singkapan pada lokasi pengamatan, tanpa skala

Karakteristik lapisan batubara

Formasi yang memiliki keterdapatan lapisan batubara di daerah penelitian yaitu Formasi Kaliglagah (Kastowo dan Suwarna, 1996) tersusun atas litologi penyusunnya berupa batulempung, batulempung berfosil dan perselingan batupasir dengan lempung yang berumur Pliosen Akhir dan dari hasil analisis fosil benthonik pada Satuan batulempung Kaliglagah terendapkan pada zona neritik tepi.

Berdasarkan pengamatan data profil lithologi pada lokasi pengamatan berupa perselingan batulempung dengan batupasir dan sisipan batubara dengan kenampakan dengan adanya struktur *invers graded bedding* pada batupasir yang menunjukkan adanya perubahan energi arus air, serta dijumpainya batuan sedimen pengapit bagian atas dan bawah batubara berupa batuan berukuran lempungan di daerah penelitian, maka berdasarkan pendekatan tersebut lingkungan pengendapan daerah penelitian diendapkan di lingkungan *transitional lower delta plain* pada fasies pengendapan *crevasse splay* menurut pendekatan model Horne (1978). Kesamaan ciri-ciri susunan lithologi pada setiap profil lithologi dapat dipergunakan untuk

mengidentifikasi kesamaan karakteristik lingkungan pengendapan pada satuan batuan yang terdapat endapan lapisan batubara pada daerah penelitian. (Gambar 7).

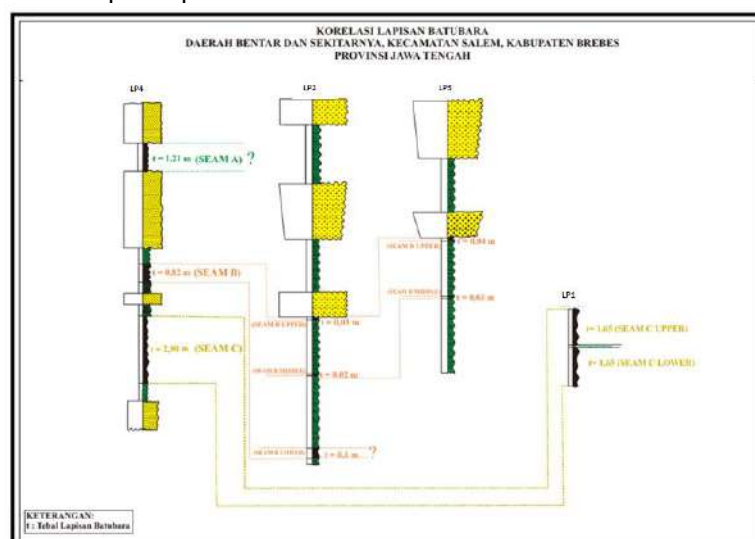


Gambar 7 Pendekatan fasies pengendapan di daerah penelitian berupa *Crevasse splay*, tanpa skala




Korelasi lapisan batubara

Korelasi lapisan *seam* batubara pada lokasi penelitian dilakukan dengan melihat kesamaan ciri fisik atau karakteristik lapisan batubara dan sedimen pengapit berupa lithologi, struktur sediman, hubungan atau kontak antar lapisan batuan yang sama, *roof* dan *floor* batubara serta ketebalan dari masing-masing lapisan lithologi pada setiap Lp dan juga pola struktur geologi berupa strike dip lapisan batuan maupun rekonstruksi pola lipatnya yang kemudian di tarik kesamaan ciri tersebut dari satu Lp ke Lp yang lainnya. Hasil korelasi didapatkan tiga seam pada lokasi penelitian yaitu: Seam a, Seam b dan Seam c (Gambar 8). Setiap seam memiliki karakteristik yang hampir sama dari hasil pendiskripsian baik berupa warna, gores, kilap, kekerasan, pecahan dan kehadiran pengotor lapisan batubara, maupun melalui pendekatan ketebalannya. (Gambar 9).

Korelasi seam batubara menunjukkan adanya 3 lapisan yaitu seam a dengan tebal 1,21 m pada Lp 4, seam B dengan tebal 0,82 m pada Lp 4, sebaran mengarah ke arah Barat Laut yaitu pada Lp 2 mengalami penipisan menjadi sekitar tebal 0,03 m pada seam b upper, tebal 0,02 m pada seam b middle dan seam b lower 0,1 m, serta pada Lp 3 menjadi 0,04 m pada seam b upper dan 0,03 m pada seam b middle. dan seam c dengan tebal 1,65 m yang terdapat di seam c upper dan dan 1,65 m seam c lower pada lp 1.

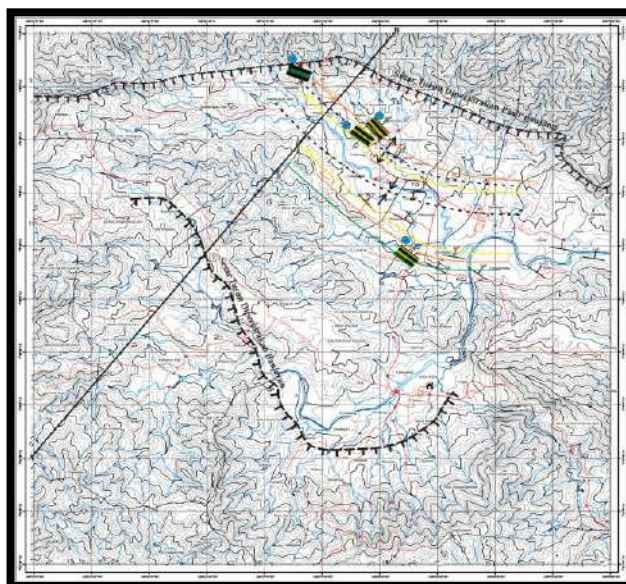


Gambar 8 Korelasi lapisan batubara antar lokasi pengamatan pada lokasi penelitian

URUTAN SEAM			
SIMBOL	SEAM	KETEBALAN (m)	PEMERIAN
	A	Tebal 1,2m	Batubara dimana memiliki warna segar hitam dan warna lapuk hitam kecolatan. Memiliki pecahan <i>hackly</i> (runcing-runcing), cerat hitam kecoklatan, Kilap mengkilap, kekerasan <i>moderately soft</i> , pecahan <i>cubical</i> , pengotor -, <i>cleat</i> -.
	B	Tebal 0,8m dan pada beberapa tj. menjadi lebih tipis.	Batubara dimana memiliki warna segar hitam dan warna lapuk hitam kecolatan. Memiliki pecahan <i>hackly</i> (runcing-runcing), cerat hitam kecoklatan, Kilap mengkilap, kekerasan <i>moderately soft</i> , pecahan <i>cubical</i> , pengotor <i>resin/amber</i> , <i>cleat</i> -.
	C	Tebal 1,65-2,9m	Batubara dimana memiliki warna segar hitam dan warna lapuk hitam kecolatan. Memiliki pecahan <i>hackly</i> (runcing-runcing), cerat hitam kecoklatan, Kilap mengkilap, kekerasan <i>moderately soft</i> , pecahan <i>cubical</i> , <i>parting</i> lempung, pengotor -, <i>cleat</i> -.

Gambar 9 Urutan seam persebaran batubara daerah penelitian

Pola sebaran batubara pada daerah penelitian dibuat berdasarkan data pemetaan permukaan, yang berdasarkan kesamaan karakteristik sifat fisik lapisan batubara, sedimen pengapitnya dan pola struktur geologi yang berkembang yang kemudian dikorelasikan dan dituangkan dalam bentuk cropline sebaran batubara. Sebaran batubara pada daerah penelitian memiliki arah umum persebaran yaitu kearah Baratlaut – Tenggara, yang mengikuti pola struktur di daerah Bentar berupa struktur antiklin Bentar dan sinklin Bentar dengan sumbu yang juga memanjang relatif Barat laut-Tenggara, yang mengakibatkan terlipat dan terkompresinya lapisan-lapisan batuan pada Lokasi pengamatan, karena proses geologi berupa proses tektonik persebaran batubara mengikuti kemiringan batuan antara 22° sampai 56° yang ada disekitar lokasi penelitian. Lapisan batubara tersebut berada pada satuan batulempung ini tersebar pada daerah Pabuaran Kulon sampai dengan Cikondang (Gambar 10 dan 11).



Gambar 10. Peta sebaran batubara pada lokasi penelitian, tanpa skala



Gambar 11. Penampang sebaran batubara2D, tanpa skala

KESIMPULAN

Karakteristik Lapisan batubara di daerah penelitian terendapkan pada fasies *Crevasse splay*, di lingkungan pengendapan *transitional lower delta plain* menurut Horne, 1978. Dicitrakan oleh dengan litologi batulempung dan batupasir dengan pola sedimentasi *Invers graded bedding* pada batupasir yang masuk kedalam Formasi Kaliglagah. Pola persebaran batubara di lihat dari kesamaan ciri fisik pada setiap lokasi pengamatan yang ada dilapangan didapatkan tiga seam yaitu seam a dengan tebal 1,21 m pada Lp 4, seam B dengan tebal 0,82 m pada Lp 4, sebaran mengarah ke arah Barat Laut yaitu pada Lp 2 mengalami penipisan menjadi sekitar tebal 0,03 m pada seam b upper, tebal 0,02 m pada seam b middle dan seam b lower 0,1 m, serta pada Lp 3 menjadi 0,04 m pada seam b upper dan 0,03 m pada seam b *middle*, dan seam c dengan tebal 1,65 m yang terdapat di seam c *upper* dan dan 1,65 m seam c *lower* pada lp 1. Pengaruh proses geologi yang ada dilapangan berupa antiklin dan sinklin Bentar yang mengakibatkan terlipat dan terkompresinya lapisan-lapisan batuan pada lokasi penelitian, karena proses geologi berupa proses tektonik tersebut persebaran batubara mengikuti kemiringan batuan yang ada disekitar lokasi penelitian. Pola sebaran batubara memiliki arah umum yaitu Baratlaut-Tenggara mengikuti pola struktur geologi yang berkembang.

DAFTAR PUSTAKA

- Blow, W. H. (1969). *Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminifera Biostratigraphy*, Leideen Nederland, E. J, Vol 1, Geneva.
- Diessel, C.F.K. (1992). *Coal-Bearing Depositional Systems*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Muhammad Faiq Hibatulloh, Bambang Kuncoro, Agus Harjanto (2022), Geologi dan Karakteristik Geometri Lapisan Batubara di Daerah Bunati, Kecamatan Angsana, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan, *Jurnal Geosains dan Teknologi*, Vol 5 No 1
- Horne, J. C., Farm, J. C., Carrucio, F. T. and Baganz, B. P. (1978), *Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning in Appalachilan Region*, The American Association of Petroleum Geologist Bulletin: Vol. 62 No. 12 p2379.2411
- Kastowo dan Suwarna, N. (1996). *Peta Geologi Bersistem Indonesia, Lembar Majenang, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Stach, E. (1975). *Stach's Textbook of coal petrology*. Geb Borntraeger, Berlin Stuttgart.
- Sukandarrumidi (1995). *Batubara dan Gambut*, UGM Press, Yogyakarta.
- Thomas, L. (2013). *Coal Geology*. West Sussex: Wiley-Blackwell.

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

Bahasa

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris yang baku.

Susunan Naskah

Susunan naskah memuat judul, abstract, intisari, pendahuluan, metode, pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka dan ditulis tanpa menggunakan nomor sub judul. Judul singkat dan jelas menunjukkan isinya, ditulis bold dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Di bawah dicantumkan nama penulis (tanpa gelar) dan afiliasi, serta alamat email.

ABSTRACT dalam bahasa Inggris dan ditulis italic, dilengkapi dengan intisari berbahasa Indonesia yang memuat permasalahan, metodologi dan hasil. *Abstrac* dan Intisari memuat maksimal 300 kata dan dilengkapi dengan *keywords* atau kata kunci sebanyak 3-5 kata.

PENDAHULUAN berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, metodologi (jika ada) serta tinjauan pustaka dan landasan teori yang relevan, tanpa menggunakan sub judul. Sumber rujukan ditunjuk dengan menuliskan di dalam kurung: nama akhir penulis dan tahun penerbitan.

METODE dapat berupa metode penelitian kuantitatif, kualitatif, survei, model penelitian kombinasi atau menggunakan metode penelitian deskriptif.

PEMBAHASAN menguraikan hasil analisis kualitatif dan/atau kuantitatif dengan penekanan pada jawaban atas permasalahan.

KESIMPULAN berisi pernyataan singkat tentang hasil yang disarikan dari pembahasan. Saran dapat dituliskan pada bagian paling akhir.

DAFTAR PUSTAKA hanya memuat pustaka yang relevan dengan naskah dan disusun menurut abjad, menggunakan aplikasi Mendeley, EndNote atau aplikasi sejenisnya dengan menggunakan *American Psychological Association* (APA) style

Teknik Penulisan

Naskah diketik dengan jarak 1 spasi, pada format ukuran A4 (210 x 297 mm), halaman. Jenis huruf Arial 10 point, margin atas 2,5 cm, bawah 2.5 cm, kiri 3 cm, dan kanan 2.5 cm, Jumlah halaman 7-10 tanpa footnote. Gambar/Foto merupakan gambar digital (hasil scanner) yang menyatu dalam teks, menggunakan warna/*greyscale*. Penomoran tabel (di atas tabel), gambar (di bawah gambar) dengan nomor urut. Gunakan angka arab (1,2, 3 dst) untuk penomoran gambar,. Persamaan dituliskan dengan angka arab pada tepi kanan diantara tanda kurung.

PENDAHULUAN, METODE, PEMBAHASAN, KESIMPULAN dan DAFTAR PUSTAKA dibuat dengan 1 kolom

Pengiriman Naskah

Naskah dikirim ke Redaksi melalui laman <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/jurtek> secara *online*, melakukan registrasi (atau login bagi yang sudah mempunyai akun) terlebih dahulu kemudian mengunggah artikel dan Surat Pernyataan tertulis belum pernah dimuat dalam penerbitan lain.

Redaksi berhak menolak naskah yang tidak memenuhi kriteria/persyaratan teknis, mengadakan perubahan susunan naskah, memperbaiki bahasa dan berkonsultasi dengan penulis sebelum naskah dimuat.

