

Jurnal Teknologi

Volume 17 Nomor 1 Juni 2024

- **Deteksi Cyberbullying Menggunakan BERT dan Bi-LSTM**
Fidya Farasalsabila, Ema Utami, Hanafi
- **Analisis Ergonomi Pengaruh Beban Kerja Terhadap Kelelahan Pada Pekerja Pembuatan Batu Bata Secara Manual**
Muhammad Yusuf, Endang Widuri Asih, Yuliana Rachmawati, Sigit Darmawan
- **Analisis Pemilihan Supplier pada Toko Akbar Telur dengan Menggunakan Metode AHP**
Siti Kumala Zahra, Siti Saadatu Daroen, Winda Andini, Sindy Azizah Seviyanti, Aisyah Septenia Sitepu, Wawan Oktariza
- **Penyisihan Kandungan Perak dalam Limbah Cair Pencucian Film Melalui Proses Biofiltrasi dengan Tanaman Eceng Gondok**
Siti Diyar Kholisoh, Tunjung Wahyu Widayati, Zubaidi Achmad, Faizah Hadi
- **Pengaruh Suhu Evaporasi-Kristalisasi dan Persentase Gula Batu terhadap Warna Produk Serbuk Jahe Merah (*Zingiber officinale*)**
Beauty Aprillia, Dessy Agustina Sari
- **Battle Royale Console Game Performance Analysis (Case Study: East Jakarta, Indonesia)**
Noorfi Azizah Rahim, Allister Totong, Muhammad Ikhsan Effendy, Rafie Djajasoepeana, Abdullah Maindratama, Ery Eryanto, Wandy
- **Pelacakan Titik Daya Maksimum Algoritma Incremental Conductance pada Photovoltaic Dipasang Paralel dan Seri**
Hendi Matalata, Leily Wustha Johar
- **Literature Study on the Development of Neural Networks For Weather Forecasting**
Fail Amir, Ema Utami, Hanafi
- **Penggunaan Analytical Hierarchy Process dan Analytic Network Process dalam Menentukan Supplier Bahan Baku**
Cyrilla Indri Parwati, Agus Hendarto Wibowo, Mohamad Safiq Sakh Putra
- **Pemanfaatan Mikrotik RB942-2ND Menggunakan Metode Firewall Filtering Untuk Keamanan Jaringan Dengan Model Forensik**
Rahmat Sulaiman, Agustina Mardeka Raya, Laurentinus Laurentinus, Padli
- **Pemodelan Identifikasi Objek Kendaraan Bermotor Menggunakan Faster Region based Convolutional Neural Network (R-CNN) Berbasis Python**
Rosalia Arum Kumalasanti, Erma Susanti
- **Porositas Serbuk Jahe Merah (*Zingiber officinale* Roscae var. Rubrum) terhadap Variasi Suhu dan Kadar Gula Pasir**
Kristin Valentina Sinabutar, Dessy Agustina Sari

Jurnal
Teknologi

Volume 17

Nomor 1

Halaman
1 - 83

Juni
2024

**Fakultas Teknik
Universitas AKPRIND Indonesia**



Jurnal Teknologi

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief

Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T.

Managing Editor

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

Editor

Andrean 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. (Universitas AKPRIND Indonesia)

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)

Ir. Ellyawan Setyo A., ST., M.Sc., Ph.D (Universitas AKPRIND Indonesia)

Ir. Ganjar Andaka, Ph.D. (Universitas AKPRIND Indonesia)

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. (Universitas AKPRIND Indonesia)

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 Jurnal Teknologi (Jurtek), Faculty of Engineering, AKPRIND University 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 Teknik

Universitas AKPRIND Indonesia

Email: jurtek@akprind.ac.id

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

Jurnal Teknologi

Volume 17, Nomor 1, Juni 2024

- **Deteksi Cyberbullying Menggunakan BERT dan Bi-LSTM**
Fidya Farasalsabila, Ema Utami, Hanafi Hanafi 1-6
- **Analisis Ergonomi Pengaruh Beban Kerja Terhadap Kelelahan Pada Pekerja Pembuatan Batu Bata Secara Manual**
Muhammad Yusuf, Endang Widuri Asih, Yuliana Rachmawati, Sigit Darmawan..... 7-12
- **Rancang Analisis Pemilihan Supplier pada Toko Akbar Telur dengan Menggunakan Metode AHP**
Siti Kumala Zahra, Siti Saadatu Daroen, Winda Andini, Sindy Azizah Seviyanti, Aisyah Septenia Sitepu, Wawan Oktariza..... 13-20
- **Penyisihan Kandungan Perak dalam Limbah Cair Pencucian Film Melalui Proses Biofiltrasi dengan Tanaman Eceng Gondok**
Siti Diyar Kholisoh, Tunjung Wahyu Widayati, Zubaidi Achmad, Faizah Hadi 21-27
- **Pengaruh Suhu Evaporasi-Kristalisasi dan Persentase Gula Batu terhadap Warna Produk Serbuk Jahe Merah (*Zingiber officinale*)**
Beauty Aprillia, Dessy Agustina Sari 28-35
- **Battle Royale Console Game Performance Analysis (Case Study: East Jakarta, Indonesia)**
Noorfi Azizah Rahim, Allister Totong, Muhammad Ikhsan Effendy, Rafie Djajasoepena, Abdullah Maindratama, Ery Eryanto, Wandy 36-41
- **Pelacakan Titik Daya Maksimum Algoritma Incremental Conductance pada Photovoltaic Dipasang Paralel dan Seri**
Hendi Matalata, Leily Wustha Johar..... 43-48
- **Literature Study on the Development of Neural Networks For Weather Forecasting**
Fail Amir, Ema Utami, Hanafi 49-57
- **Penggunaan Analytical Hierarchy Process dan Analytic Network Process dalam Menentukan Supplier Bahan Baku**
Cyrilla Indri Parwati, Agus Hendarto Wibowo, Mohamad Safiq Sakh Putra..... 58-64
- **Pemanfaatan Mikrotik RB942-2ND Menggunakan Metode Firewall Filtering Untuk Keamanan Jaringan Dengan Model Forensik**
Rahmat Sulaiman, Agustina Mardeka Raya, Laurentinus Laurentinus, Padli 65-71
- **Pemodelan Identifikasi Objek Kendaraan Bermotor Menggunakan Faster Region based Convolutional Neural Network (R-CNN) Berbasis Python**
Rosalia Arum Kumalasanti, Erma Susanti 72-77
- **Porositas Serbuk Jahe Merah (*Zingiber officinale Roscae var. Rubrum*) terhadap Variasi Suhu dan Kadar Gula Pasir**
Kristin Valentina Sinabutar, Dessy Agustina Sari..... 78-83

Jurnal Teknologi

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief

Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T.

Managing Editor

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

Editor

Andrean 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. (Universitas AKPRIND Indonesia)

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 (Universitas AKPRIND Indonesia)

Ir. Ganjar Andaka, Ph.D. (Universitas AKPRIND Indonesia)

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. (Universitas AKPRIND Indonesia)

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 Jurnal Teknologi (Jurtek), Faculty of Engineering, AKPRIND University 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 Teknik

Universitas AKPRIND Indonesia

Email: jurtek@akprind.ac.id

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

Deteksi Cyberbullying Menggunakan BERT dan Bi-LSTM

Fidya Farasalsabila¹, Ema Utami², Hanafi³

¹²³Magister Informatika, Universitas Amikom Yogyakarta

Email: fidya@students.amikom.ac.id¹

ABSTRACT

Cyberbullying is a digital problem that is not a new phenomenon. This existed before the advent of social networks, and cyberbullying has a wide impact, including a person's mental and physiological conditions such as sadness, anxiety and depression. The main objective of this research is to develop an effective cyberbullying detection system using natural language processing techniques. The method used in this research includes the application of the BERT (Bi-Directional Encoder Representations from Transformers) and Bi-LSTM (Bi-Directional Long Short-Term Memory) models as a deep learning approach to analyze text and detect cyberbullying behavior. This approach allows the system to understand complex language contexts and capture patterns that traditional methods may find difficult to identify. Testing was carried out using a dataset that included various types of Indonesian language texts containing cyber bullying acts. The research results show that the combination of BERT and Bi-LSTM is able to provide superior detection performance with a high accuracy rate of 90% and the ability to identify variations of cyber bullying. This research makes a significant contribution to efforts to protect individuals from the negative impacts of cyber bullying through the development of a sophisticated and adaptive detection system.

Keywords: BERT, Bi-LSTM, Cyberbullying, Deep Learning.

INTISARI

Perundungan dunia maya adalah permasalahan digital yang bukan merupakan fenomena baru. Hal ini sudah ada sebelum munculnya jaringan sosial, dan *cyberbullying* memiliki dampak yang luas, termasuk kondisi mental dan fisiologis seseorang seperti kesedihan, kecemasan hingga depresi. Tujuan utama penelitian ini adalah mengembangkan sebuah sistem deteksi *cyberbullying* yang efektif menggunakan teknik-teknik pemrosesan bahasa alami. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup penerapan model BERT (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) dan Bi-LSTM (*Bidirectional Long Short-Term Memory*) sebagai pendekatan *deep learning* untuk menganalisis teks dan mendeteksi perilaku cyber bullying. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk memahami konteks bahasa yang kompleks dan menangkap pola-pola yang mungkin sulit diidentifikasi oleh metode tradisional. Pengujian dilakukan menggunakan dataset yang mencakup berbagai jenis teks berbahasa Indonesia yang mengandung tindakan *cyberbullying*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi BERT dan Bi-LSTM mampu memberikan performa deteksi yang unggul dengan tingkat akurasi yang tinggi sebesar 90% dan kemampuan mengidentifikasi variasi dari cyber bullying. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam upaya melindungi individu dari dampak negatif *cyberbullying* melalui pengembangan sistem deteksi yang canggih dan adaptif.

Kata kunci: BERT, Bi-LSTM, *Cyberbullying*, *Deep Learning*.

PENDAHULUAN

Di era digital yang semakin berkembang, permasalahan perundungan dunia maya (*cyberbullying*) menjadi sorotan utama dalam kehidupan sekarang. Ada beberapa penelitian dalam literatur untuk mencegah *cyberbullying* menggunakan teknik intervensi dan pencegahan. Ide-ide tersebut berasal dari domain psikologi dan pendidikan. Namun, teknik-teknik ini jarang terjadi dalam skala dunia. Selain itu, korban *cyberbullying* sering kali menolak berkomunikasi dengan orang tua (Li dkk. 2019), guru (Jiang dkk. 2017), atau orang dewasa lainnya (Medhat, Hassan, dan Korashy 2014). Mereka menghabiskan banyak waktu online (Al-Garadi dkk. 2019), mencari bantuan anonim (Ke dkk. t.t.), dan mempublikasikan kebutuhan akan informasi dan bantuan di internet (Hosmer, Lemeshow, dan Sturdivant t.t.). Namun, internet adalah cara paling efektif untuk memberikan perawatan *cyberbullying*. Metode berbasis *web* juga dapat digunakan kapan saja dan kapan saja pasien menginginkannya (Chavan dan S 2015). Dengan beragamnya bentuk dan konteks pesan yang dianggap merugikan, analisis sentimen menjadi instrumen penting dalam mendeteksi dan mengategorikan perilaku *cyberbullying*.

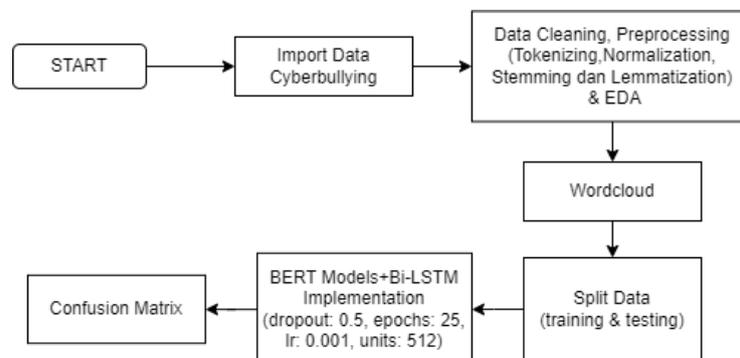
Banyak orang di seluruh dunia sekarang menggunakan platform media sosial seperti Twitter, Facebook, Instagram, dan TikTok sebagai sarana komunikasi rutin. Platform ini telah menjadi bagian integral dari kehidupan mereka sehari-hari (Anderson 2020). Platform ini telah menjadi bagian penting dari kehidupan kita sehari-hari (Akhter dkk. 2023), dan manfaatnya dalam meningkatkan komunikasi melalui koneksi, pemasaran, penyediaan informasi, hiburan, dan pendidikan tidak dapat dianggap remeh. Masalah *cyberbullying* ini merupakan tren yang relatif baru dan belakangan ini semakin populer sebagai topik permasalahan (Ogunleye dan Dharmaraj 2023). Banyak metode penambahan teks digunakan untuk melakukan analisis sentimen. Metode *Support Vector Machine* dipilih dari sekian banyak metode *text mining* karena memiliki nilai akurasi yang relatif tinggi jika dibandingkan dengan metode lainnya, seperti pada penelitian (Albayari dan Abdallah 2022) yang membandingkan Kinerja *Random Forest* (RF), *Multinomial Naïve Bayes* (MNB), Regresi Logistik (LR), dan *Support Vector Machine* (SVM). Penelitian lain (Eom, Yun, dan Byeon 2022) membandingkan kinerja prediktif dari lima model, yaitu SVM, RNN, LSTM, BERT, dan KoBERT. Hasilnya menegaskan bahwa model KoBERT menunjukkan kinerja terbaik (71%) di semua indikator kinerja prediktif (akurasi, presisi, dan skor F1). Meskipun masih banyak model lain yang perlu dieksplorasi, penelitian (Joshi dan Gupta 2022) membuktikan bahwa Jaringan Res-CNN-BiLSTM untuk klasifikasi *teks cyberbullying* merupakan pendekatan yang baik, namun tetap memiliki beberapa kekurangan yang perlu diatasi agar menghasilkan akurasi yang optimal.

Penelitian lain (Novianti dan Wardani 2023), (Rizki Aditya, Supriyati, dan Listyorini 2022) menggunakan model *Naive Bayes* dalam prosesnya. Hasil yang diperoleh masih rendah dengan akurasi masing-masing sebesar 75% dan 77,5%. Penelitian lainnya menggunakan kosakata bahasa Indonesia dari data postingan Twitter, Tiktok (Setiawan, M. Lhaksmana, dan Bunyamin 2023) dengan LSTM dan IndoBERTweet dengan tujuan mengidentifikasi pendekatan yang paling sesuai untuk mengembangkan model yang secara otomatis dapat mengkategorikan ulasan TikTok ke dalam sikap negatif, netral, dan positif. IndoBERTweet menunjukkan kinerja yang lebih unggul dibandingkan yang lain, mencapai akurasi 80%, sedangkan akurasi LSTM mencapai 78%.

Karena algoritma BERT dan Bi-LSTM dinilai memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan pendekatan lainnya, penulis penelitian ini memutuskan untuk menggunakannya. Keputusan ini didasarkan pada penelitian sebelumnya (Anderson 2020), (Chintalapudi, Battineni, dan Amenta 2021), (Jason Wang, Kaiqun Fu, dan Chang-Tien Lu 2020). Pemanfaatan *library machine learning* yang *open source* inilah yang membedakan penelitian ini dengan penelitian serupa yang pernah dilakukan sebelumnya. Pytorch, yang sebelumnya dikembangkan oleh Facebook, dimanfaatkan oleh para peneliti dalam pekerjaan ini. Penelitian ini akan memberikan lebih banyak informasi untuk membantu upaya pencegahan dan penghapusan *cyberbullying* dengan menggunakan sarana teknologi kreatif.

METODE

Model yang diusulkan pada penelitian ini adalah BERT dan Bi-LSTM. Ada beberapa langkah yang perlu dilakukan sebelum menerapkan model ini dalam penelitian untuk melakukan klasifikasi *cyberbullying*.



Gambar 1. Alur Penelitian Deteksi *Cyberbullying* menggunakan BERT dan Bi-LSTM

Gambar 1 menggambarkan alur dari penelitian yang diusulkan. Langkah awal, mengimport dan membersihkan dataset *cyberbullying* agar data dapat dilanjutkan ke proses implementasi model. Selanjutnya, data akan di bagi menjadi beberapa subset baru akan di implementasikan ke model BERT dan Bi-LSTM. Langkah akhir adalah mengevaluasi kinerja model BERT dan Bi-LSTM terhadap data cyber bullying.

Kumpulan data mentah dalam penelitian ini diperoleh dari (Yudi Setiawan 2023) dan disimpan dalam “*comma separated values*” (CSV) dan dapat diakses oleh publik melalui *Mendeley Data*. Sebanyak 15.648 dataset dipilih untuk digunakan dan akan dibagi menjadi 2 jenis data untuk keperluan penelitian ini, yakni data latih dan data uji. Data Latih digunakan untuk melatih algoritma dalam mencari model yang sesuai. Sedangkan data uji merupakan data baru yang belum memiliki kelas sehingga diperlukan proses klasifikasi untuk menentukan kelas yang cocok. Dataset memiliki 2 label, yakni label 0 (*non-cyberbullying*) dan label 1 (*cyberbullying*). Langkah penting dalam menyiapkan data untuk analisis lebih lanjut diperlukan sehingga data *cleaning* dan *preprocessing* dilakukan dalam penelitian ini, sehingga keputusan yang diambil berdasarkan data tersebut dapat lebih akurat dan relevan. Proses data *cleaning* dan *preprocessing* dilakukan menggunakan bahasa pemrograman python dan librarynya. Langkah *preprocessing* yang dipilih adalah 4 langkah (Ignatow dan Mihalcea 2018), yakni Tokenization, Stopword Removal, Stemming dan Lemmatization.

HASIL DAN PEMBAHASAN

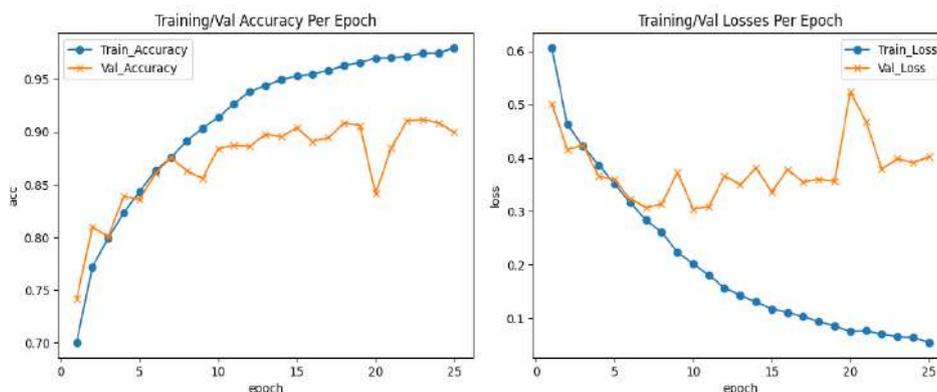
Hasil

Studi kasus yang diambil merupakan studi kasus *cyberbullying* yang dataset diambil sebanyak 15.648 didapat melalui *Mendeley Data* (Yudi Setiawan 2023). Dataset memiliki 2 label, yakni label 0 (*non-cyberbullying*) dan label 1 (*cyberbullying*). Setelah proses *preprocessing*, sebanyak 10953 data latih dan 4695 data uji digunakan dalam implementasi ke dalam model BERT dan Bi-LSTM. Hasil dari keseluruhan *preprocessing* dapat dilihat pada gambar 2. Data hasil *preprocessing* akan digunakan untuk menganalisis hasil prediksi model. Hasil dari *preprocessing* ini akan meminimalkan potensi bias dalam model, meningkatkan keberlanjutan, dan memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap permasalahan *cyberbullying*.

	Text	casefolding	cleansing	remove_emoticon	tokenizing	normalization	stopwords	stemming	lemmatization
0	Oooo statusnya masih darurat tho?... Daruratny...	o000 statusnya masih darurat tho?... daruratny...	o000 statusnya masih darurat tho daruratnya ...	o000 statusnya masih darurat tho daruratnya ...	[o000, statusnya, masih, darurat, tho, darurat...	[o000, statusnya, masih, darurat, though, daru...	[o000, statusnya, darurat, though, daruratnya,...	[o000, status, darurat, though, darurat, orang...	o000 status darurat though darurat mana orang ...
1	Pembicaraan antar profesor pas mengemukakan pe...	[pembicaraan, antar, profesor, pas, mengemukakan...	[pembicaraan, antar, profesor, pas, mengemukakan...	[pembicaraan, profesor, pas, mengemukakan, pen...	[bicara, profesor, pas, muka, tua]	bicara profesor pas muka tua			
2	Pasti bagus kalau ad acara talkshow . Host nya...	pasti bagus kalau ad acara talkshow . host nya...	pasti bagus kalau ad acara talkshow host nya ...	pasti bagus kalau ad acara talkshow host nya ...	[pasti, bagus, kalau, ad, acara, talkshow, hos...	[pasti, bagus, kalau, ada, acara, talkshow, ho...	[bagus, acara, talkshow, host, bertiga]	[bagus, acara, talkshow, host]	bagus acara talkshow host tiga
3	Upppp	upppp	upppp	upppp	[upppp]	[upppp]	[upppp]	[upppp]	upppp
4	nonton cuma liat timecode berjalan...soalnya k...	nonton cuma liat timecode berjalan...soalnya k...	nonton cuma liat timecode berjalan soalnya k...	nonton cuma liat timecode berjalan soalnya k...	[nonton, cuma, liat, timecode, berjalan, soaln...	[menonton, cuma, lihat, timecode, berjalan, so...	[menonton, lihat, timecode, berjalan, tidak, m...	[tonton, lihat, timecode, jalan, tidak, bicara]	tonton lihat timecode jalan tidak erti bicara
...

Gambar 2. Hasil Data *Preprocessing*

Dalam konteks penelitian ini, sebuah model yang menggabungkan BERT dengan arsitektur jaringan rekuren Bi-LSTM telah dikembangkan dan dievaluasi untuk tugas klasifikasi *cyberbullying*. Pencapaian terpenting adalah peningkatan signifikan dalam validasi kinerja model, yang naik dari 0.98% menjadi 0.99%. Ini menunjukkan peningkatan yang substansial dalam akurasi prediksi model, mengindikasikan kemampuannya untuk memahami dan mengklasifikasikan data secara lebih tepat.



Gambar 3. Grafik hasil akurasi dan loss pada setiap epoch

Gambar 3 di bagian akurasi (acc) menunjukkan pada ada awal proses pelatihan, akurasi pelatihan dan validasi dimulai pada sekitar 0,70. Seiring bertambahnya jumlah epoch, akurasi pelatihan juga meningkat dan mencapai akurasi puncak sekitar 0,95 pada epoch ke-20. Namun, akurasi validasi meningkat lebih lambat dan mencapai akurasi puncak sekitar 0,90 pada epoch ke-15. Setelah epoch ke-15, akurasi validasi mulai menurun sementara akurasi pelatihan terus meningkat. Ini merupakan tanda *overfitting*, yang terjadi ketika model menjadi terlalu kompleks dan mulai mengingat data pelatihan alih-alih mempelajari pola dasarnya. Untuk menghindari *overfitting*, penting untuk memantau akurasi validasi selama proses pelatihan dan menghentikan pelatihan ketika akurasi validasi mulai menurun. Gambar 3 bagian loss menunjukkan grafik kehilangan pelatihan dan validasi per era selama proses pelatihan model pembelajaran mesin yang menggunakan BERT dan Bi-LSTM. Pada awal proses pelatihan, kehilangan pelatihan dan validasi dimulai sekitar 0,6. Ketika jumlah epoch meningkat, baik pelatihan dan kerugian validasi menurun, menunjukkan bahwa model ini sedang membaik. Kerugian pelatihan menurun lebih cepat daripada kerugian validasi, menunjukkan bahwa model ini mengingat data pelatihan lebih baik daripada data validasi. Pada era ke-15, hilangnya pelatihan mencapai minimum sekitar 0,1, sementara hilangnya validasi mencapai minimal sekitar 0,2. Setelah era ke-15, baik pelatihan dan kerugian validasi mulai meningkat sedikit, menunjukkan bahwa model mulai berlebihan. *Overfitting* terjadi ketika model menjadi terlalu kompleks dan mulai menghafal data pelatihan daripada mempelajari pola yang mendasarinya. Secara ringkas, gambar 3 menunjukkan kerugian pelatihan dan validasi per era selama proses pelatihan model pembelajaran mesin yang menggunakan BERT dan Bi-LSTM. Model ini dimulai dengan kerugian tinggi dan secara bertahap ditingkatkan seiring dengan meningkatnya jumlah era. Kedua kehilangan pelatihan dan validasi menurun, tetapi setelah titik tertentu, kerugian mulai meningkat, menunjukkan *overfitting*.



Gambar 4. Evaluasi Confusion Matrix

Gambar 4 menunjukkan matriks evaluasi yang merupakan tabel *confusion matrix* yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model pembelajaran mesin yang mendeteksi *cyberbullying* menggunakan metode BERT dan Bi-LSTM. Confusion matrix menunjukkan jumlah prediksi *true positive* (TP), *false positive* (FP), *false negative* (FN), dan *true negative* (TN) yang dibuat oleh model BERT+Bi-LSTM. Dalam hal akurasi untuk kelas No (non-cyberbullying) adalah 0,9325, yang menunjukkan bahwa model tersebut secara benar memprediksi 93,25% dari *posting non-cyberbullying*. Dalam hal *recall* untuk kelas Ya (cyberbullying) adalah 0,8809, yang menunjukkan bahwa model tersebut benar memprediksi 88,09% dari postingan *cyberbullying*. Dalam hal F1-Score untuk kelas Ya (cyberbullying) adalah 0,8618. Akurasi model adalah 0,8995, yang menunjukkan bahwa model tersebut benar memprediksi sekitar 90% dari total posting. Hasil yang diperoleh merupakan kombinasi model BERT dengan Bi-LSTM berfungsi dengan baik dalam mendeteksi postingan *cyberbullying*, dengan akurasi tinggi, *recall*, dan F1-Score untuk kelas No (non-cyberbullying). Namun, kinerja model untuk kelas Ya (cyberbullying) tidak begitu tinggi, menunjukkan bahwa ada ruang untuk perbaikan dalam mendeteksi *posting cyberbullying*.

KESIMPULAN

Cyberbullying mengacu pada tindakan terlibat dalam perilaku pelecehan online, yang melibatkan penggunaan bentuk komunikasi yang merendahkan, *forceful*, atau intimidatif. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengembangkan dan meningkatkan sistem deteksi *cyberbullying* yang mampu menganalisis dan menghilangkan kasus pelecehan online yang dilakukan oleh individu di platform media sosial. Model BERT dan Bi-LSTM di gabungkan dan digunakan untuk melakukan analisis sentiment pada dataset cyber bullying dalam penelitian ini. Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi model yang diusulkan mencapai akurasi sekitar 90%. Penelitian ini terhambat oleh fakta bahwa hanya dataset bahasa Indonesia yang digunakan. Potensi upaya penelitian masa depan mungkin melibatkan meneliti metodologi untuk mengklarifikasi proses pengambilan keputusan untuk memilih model yang tepat untuk kategorisasi multi-label. Meningkatkan kinerja BERT membutuhkan pemilihan parameter yang tepat, dengan tujuan memajukan pemahaman tentang bagaimana menentukan parameter paling ideal di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhter, Arnisha, Uzzal Kumar Acharjee, Md. Alamin Talukder, Md. Manowarul Islam, dan Md Ashraf Uddin. 2023. "A robust hybrid machine learning model for Bengali cyber bullying detection in social media." *Natural Language Processing Journal* 4:100027. doi: 10.1016/j.nlp.2023.100027.
- Albayari, Reem, dan Sherief Abdallah. 2022. "Instagram-Based Benchmark Dataset for Cyberbullying Detection in Arabic Text." *Data* 7(7). doi: 10.3390/data7070083.
- Al-Garadi, Mohammed Ali, Mohammad Rashid Hussain, Nawsher Khan, Ghulam Murtaza, Henry Friday Nweke, Ihsan Ali, Ghulam Mujtaba, Haruna Chiroma, Hasan Ali Khattak, dan Abdullah Gani. 2019. "Predicting Cyberbullying on Social Media in the Big Data Era Using Machine Learning Algorithms: Review of Literature and Open Challenges." *IEEE Access* 7:70701–18. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2918354.
- Anderson, Katie Elson. 2020. "Getting acquainted with social networks and apps: it is time to talk about TikTok." *Library Hi Tech News* 37(4):7–12. doi: 10.1108/LHTN-01-2020-0001.
- Chavan, Vikas S., dan Shylaja S. S. 2015. *Machine Learning Approach for Detection of Cyber-Aggressive Comments by Peers on Social Media Network*.
- Chintalapudi, Nalini, Gopi Battineni, dan Francesco Amenta. 2021. "Sentimental analysis of COVID-19 tweets using deep learning models." *Infectious Disease Reports* 13(2). doi: 10.3390/IDR13020032.
- Eom, Gayeong, Sanghyun Yun, dan Haewon Byeon. 2022. "Predicting the sentiment of South Korean Twitter users toward vaccination after the emergence of COVID-19 Omicron variant using deep learning-based natural language processing." *Frontiers in Medicine* 9. doi: 10.3389/fmed.2022.948917.
- Hosmer, David W., Stanley Lemeshow, dan Rodney X. Sturdivant. t.t. *Applied logistic regression*.
- Ignatow, Gabe, dan Rada Mihalcea. 2018. *An Introduction to Text Mining*.
- Jason Wang, Kaiqun Fu, dan Chang-Tien Lu. 2020. "Fine-Grained Balanced Cyberbullying Dataset."
- Jiang, Chunxiao, Haijun Zhang, Yong Ren, Zhu Han, Kwang Cheng Chen, dan Lajos Hanzo. 2017. "Machine Learning Paradigms for Next-Generation Wireless Networks." *IEEE Wireless Communications* 24(2):98–105. doi: 10.1109/MWC.2016.1500356WC.
- Joshi, Raunak, dan Abhishek Gupta. 2022. "Performance Comparison of Simple Transformer and Res-CNN-BiLSTM for Cyberbullying Classification."
- Ke, Guolin, Qi Meng, Thomas Finley, Taifeng Wang, Wei Chen, Weidong Ma, Qiwei Ye, dan Tie-Yan Liu. t.t. *LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree*.
- Li, Jun, Guimin Huang, Chunli Fan, Zhenglin Sun, dan Hongtao Zhu. 2019. "Key word extraction for short text via word2vec, doc2vec, and textrank." *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences* 27(3):1794–1805. doi: 10.3906/elk-1806-38.
- Medhat, Walaa, Ahmed Hassan, dan Hoda Korashy. 2014. "Sentiment analysis algorithms and applications: A survey." *Ain Shams Engineering Journal* 5(4):1093–1113. doi: 10.1016/j.asej.2014.04.011.
- Novianti, Fenny, dan Kiky Rizky Nova Wardani. 2023. "Analisis Sentimen Masyarakat Terhadap Data Tweet Traveloka Selama Rapid Test Antigen Menggunakan Algoritma Naïve Bayes." *JIPi (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)* 8(3):922–33. doi: 10.29100/jipi.v8i3.3973.
- Ogunleye, Bayode, dan Babitha Dharmaraj. 2023. "The Use of a Large Language Model for Cyberbullying Detection." *Analytics* 2(3):694–707. doi: 10.3390/analytics2030038.

- Rizki Aditya, Dio, Endang Supriyati, dan Tri Listyorini. 2022. *Analisis Sentimen Pengguna Twitter Terhadap Rokok Elektrik (VAPE) di Indonesia Menggunakan Metode Naïve Bayes*.
- Setiawan, Jerry Cahyo, Kemas M. Lhaksmana, dan Bunyamin Bunyamin. 2023. "Sentiment Analysis of Indonesian TikTok Review Using LSTM and IndoBERTweet Algorithm." *JIPi (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)* 8(3):774–80. doi: 10.29100/jipi.v8i3.3911.
- Setiawan, Yudi, Nur Ulfa Maulidevi, dan Kridanto Surendro. 2023. "The Use of Dynamic n-Gram to Enhance TF-IDF Features Extraction for Bahasa Indonesia Cyberbullying Classification." Hlm. 200–205 dalam *ACM International Conference Proceeding Series*. Association for Computing Machinery.
- Yudi Setiawan. 2023. "Bahasa Cyberbullying Dataset (Source Data: Instagram, Twitter, and Youtube)." *Mendeley Data*.

Analisis Ergonomi Pengaruh Beban Kerja Terhadap Kelelahan Pada Pekerja Pembuatan Batu Bata Secara Manual

Muhammad Yusuf¹, Endang Widuri Asih², Yuliana Rachmawati³, Sigit Darmawan⁴

^{1,2,3}Universitas AKPRIND Indonesia

E-mail: yusuf@akprind.ac.id

ABSTRACT

Brick is a material that can be used as a building material to make houses, multi-storey buildings and so on. Making bricks manually cannot be separated from the risk of fatigue due to the workload carried out in the brick making process repeatedly. This research identifies and analyzes the effect of workload on work fatigue, determining the level of work fatigue on the workload of manual brick making workers. The population of this study was all 32 male workers, by determining Body Mass Index, determining cardiovascular load, determining workload and determining work fatigue. Data processing and analysis techniques were carried out using multiple linear regression tests. Based on the research results, it shows that there is a significant influence between workload and work fatigue in manual brick making workers, it is known that the value of $p = 0.000$ or smaller than 0.05 ($p < 0.05$), and the average level is large. work fatigue is 62.5 with the work fatigue category being moderate.

Keywords: *body mass index, cardiovascular load, work fatigue, workload.*

INTISARI

Batu bata merupakan salah satu bahan material yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan membuat rumah, gedung bertingkat dan lain sebagainya. Pembuatan batu bata secara manual tidak lepas dari risiko kelelahan akibat beban kerja yang dilakukan dalam proses pembuatan batu bata secara berulang-ulang. Penelitian ini mengidentifikasi dan menganalisis pengaruh beban kerja terhadap kelelahan kerja, menentukan besarnya tingkat kelelahan kerja atas beban kerja pada pekerja pembuatan batu bata secara manual. Populasi penelitian ini seluruh pekerja adalah laki-laki sebanyak 32 orang, dengan cara menentukan Indeks Masa Tubuh, menentukan beban kardiovaskular, menentukan beban kerja dan menentukan kelelahan kerja. Teknik pengolahan dan analisis data dilakukan dengan uji regresi linear berganda. Berdasarkan dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara beban kerja dengan kelelahan kerja secara signifikan pada pekerja pembuatan batu bata secara manual, diketahui nilai $p = 0,000$ atau lebih kecil dari $0,05$ ($p < 0,05$), dan besar rata-rata tingkat kelelahan kerja adalah 62,5 dengan kategori kelelahan kerja masuk sedang.

Kata kunci: beban kardiovaskular, beban kerja, indeks masa tubuh, kelelahan kerja.

PENDAHULUAN

Industri merupakan suatu usaha atau kegiatan pengolahan bahan mentah atau barang setengah jadi menjadi barang jadi sehingga memiliki berbagai kegunaan yang lebih bagi kepentingan manusia. Banyak macam jenis-jenis Industri, salah satunya adalah industri rumah tangga atau *home industri*, merupakan kegiatan ekonomi yang dilakukan oleh perorangan atau rumah tangga maupun suatu badan bertujuan untuk memproduksi barang maupun jasa untuk diperniagakan secara komersial dengan jumlah tenaga kerja dan modal yang relatif kecil. Dikatakan sebagai industri rumah tangga karena jenis kegiatan ekonomi ini dipusatkan di rumah. Setiap orang akan melakukan berbagai jenis pekerjaan yang ada untuk pemenuhan kebutuhan ekonominya. Salah satu usaha home industri untuk memenuhi kebutuhan ekonomi adalah industri pembuatan batu bata secara manual karena masih menggunakan proses sederhana dalam produksinya. Pembuatan batu bata secara manual tidak lepas dari risiko yang akan timbul bagi pekerja, salah satunya risiko kelelahan akibat beban kerja yang dilakukan dalam proses pembuatan batu bata secara berulang-ulang, beban tersebut dapat berupa beban fisik maupun beban mental. Beban kerja didefinisikan sebagai suatu perbedaan antara kapasitas atau kemampuan pekerja dengan tuntutan pekerjaan yang harus dihadapi (Taruna, et al., 2022). Beban kerja merupakan kemampuan kerja seorang tenaga kerja berbeda dari satu kepada yang lainnya dan sangat tergantung dari tingkat ketrampilan, kesegaran jasmani, keadaan gizi, usia dan ukuran tubuh dari pekerja yang bersangkutan (Karmana, et al., 2024). Setiap perusahaan dituntut untuk dapat memaksimalkan dan mengoptimalkan kinerja

karyawannya (Baruna, et al., 2023). Hal ini berarti bahwa perusahaan harus mampu menganalisis faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerja karyawan. Pada dasarnya semua jenis pekerjaan akan menghasilkan kelelahan kerja. Kelelahan kerja akan menurunkan kinerja dan menambah tingkat kesalahan kerja. Meningkatnya kesalahan kerja akan memberikan peluang terjadinya kecelakaan kerja dalam industri (Arifuddin, et al., 2023). Kelelahan adalah keadaan yang disertai penurunan efisiensi dan ketahanan dalam bekerja (Aryatama, M. Z., & Jumanka, M. A. 2024). Kata kelelahan menunjukkan keadaan yang berbeda-beda, tetapi semuanya berakibat kepada pengurangan kapasitas kerja dan ketahanan tubuh. Beban kerja dan kelelahan kerja secara keseluruhan tidak lepas dari peranan ergonomi (Fatturrahman, et al., 2024). Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyaserasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktifitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik (Gerald, M., & Darmayanti, T. E., 2023).

METODE

1. Menentukan Indeks Masa Tubuh

Status gizi seseorang dapat diketahui melalui nilai indeks masa tubuh (IMT) dan dapat dihitung dengan berat badan dalam kilogram dibagi dengan kuadrat tinggi badan dalam meter. Status gizi merupakan salah satu penyebab kelelahan pada tenaga kerja, seorang tenaga kerja dengan keadaan status gizi baik akan memiliki kapasitas kerja dan ketahanan tubuh yang lebih baik begitu juga sebaliknya (A.M. Sugeng Budiono, et al., 2003). Pada keadaan gizi buruk dengan beban kerja berat akan mengganggu kerja dan menurunkan efisiensi dan ketahanan tubuh sehingga mudah terjangkit penyakit dan mempercepat timbulnya kelelahan. Berdasarkan nilai IMT (Samapati, et al., 2023), status gizi seseorang dapat diklasifikasikan sebagai berikut: Gizi Kurang (*Underweight*): $IMT < 18,5$. Gizi Normal (*Normal weight*): $IMT 18,5 - 24,9$. *Overweight* (Kelebihan berat badan): $IMT 25 - 29,9$, dengan rumus perhitungan:

$$IMT = \frac{\text{Berat badan (Kg)}}{\text{Tinggi badan (m)} \times \text{Tinggi badan (m)}} \dots\dots\dots (1)$$

2. Menentukan Beban Kardiovaskuler

Beban kardiovaskular adalah perbandingan antara peningkatan denyut nadi kerja dengan denyut nadi maksimum. Peningkatan denyut nadi mempunyai peran yang sangat penting dalam peningkatan *cardiac output* dari istirahat sampai kerja maksimum (Arsyada, B. A., & Cahyawati, A. N. 2024). Denyut nadi untuk mengestimasi indek beban kerja fisik terdiri dari beberapa jenis yaitu: denyut nadi istirahat (DNI) adalah rerata denyut nadi sebelum pekerjaan dimulai, denyut nadi kerja (DNK) adalah rerata denyut nadi selama bekerja dan nadi kerja (NK) adalah selisih antara denyut nadi istirahat dengan denyut nadi kerja. Ketahanan kardiovaskuler adalah suatu pengukuran kemampuan system kardiovaskuler dengan melakukan pekerjaan secara terus menerus sampai terjadi kelelahan, ketahanan kardivaskuler yang tinggi dapat mempertahankan performansi atau penampilan dalam jangka waktu yang relative lama secara terus menerus, dengan rumus perhitungan:

$$\text{Perhitungan \% CVL} = \frac{100 \times (DNK - DNI)}{DN_{max} - DNI} \dots\dots\dots (2)$$

3. Menentukan beban Kerja

Pengukuran denyut jantung selama kerja merupakan suatu metode untuk menilai *cardiovascular strain*. Salah satu peralatan yang dapat digunakan untuk menghitung denyut nadi adalah telemetri dengan menggunakan rangsangan *Electro Cardio Graph (ECG)*. Apabila peralatan tersebut tidak tersedia, maka dapat dicatat secara manual memakai stopwatch dengan metode 10 denyut oleh *Kilbon*. Penggunaan nadi kerja untuk menilai berat ringannya beban kerja mempunyai beberapa keuntungan. Selain mudah, cepat, dan murah juga tidak diperlukan peralatan yang mahal serta hasilnya cukup reliable. Di samping itu tidak terlalu mengganggu proses kerja dan tidak menyakiti orang yang diperiksa. Kepekaan denyut nadi terhadap perubahan pembebanan yang diterima tubuh cukup tinggi. Denyut nadi akan segera berubah seirama dengan perubahan pembebanan, baik yang berasal dari pembebanan mekanik, fisika maupun kimiawi oleh (Yusuf, et al., 2023).

4. Menentukan Kelelahan Kerja

Menurut Fadhillah (2020) pengukuran atau penilaian terjadinya kelelahan kerja dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu antara lain: waktu reaksi (*Psychomotor test*), pada metode ini

8 Yusuf et al., Analisis Ergonomi Pengaruh Beban Kerja Terhadap Kelelahan Pada Pekerja Pembuatan Batu Bata Secara Manual.

melibatkan fungsi persepsi, interpretasi dan reaksi motor. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan pengukuran waktu reaksi. Waktu reaksi adalah jangka waktu dari pemberian suatu rangsang sampai kepada suatu saat kesadaran atau dilaksanakan kegiatan. Dalam uji waktu reaksi dapat digunakan nyala lampu dan denting suara serta sentuhan kulit atau goyangan badan sebagai stimuli. Terjadinya pemanjangan waktu reaksi merupakan petunjuk adanya pelambatan pada proses faal syaraf dan otot.

Uji Flicker-Fusion (Uji Hilangnya Kelipan) digunakan untuk melihat pekerja dalam kondisi yang lelah, terlihat kemampuan tenaga kerja untuk melihat kelipan akan berkurang. Semakin lelah akan semakin panjang waktu yang diperlukan untuk jarak antara dua kelipan. Uji kelipan dapat digunakan untuk mengukur kelelahan juga menunjukkan keadaan kewaspadaan tenaga kerja. Pengukuran Perasaan Kelelahan secara Subjektif (*Subjective feeling of fatigue*). *Subjective Self Rating Test* dari *Industrial Fatigue Research Committee (IFRC)*. Jepang, merupakan salah satu kuesioner yang dapat untuk mengukur tingkat kelelahan subjektif. Kuesioner tersebut berisi 30 daftar pertanyaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menghitung IMT pekerja, harus dicari terlebih dahulu berat badan dan tinggi badan. IMT didefinisikan sebagai berat badan seseorang dalam kilogram dibagi dengan kuadrat tinggi badan dalam meter (kg/m), Berdasarkan dari analisis data, rata-rata Indeks Masa Tubuh pekerja adalah 19,5 dengan kategori status gizi normal. Hasil pengukuran indeks masa tubuh beserta status gizi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran Indeks Masa Tubuh

Pekerja	Berat badan (Kg)	Tinggi badan (m)	IMT	Status Gizi
1	50	1.65	18.4	kurus
2	48	1.59	18.9	normal
3	54	1.70	18.7	normal
4	49	1.63	18.6	normal
5	48	1.63	18.2	kurus
6	48	1.62	18.3	kurus
7	52	1.62	19.8	normal
8	46	1.59	18.1	kurus
9	51	1.62	19.6	normal
10	57	1.63	21.3	normal
11	42	1.48	19.2	normal
12	48	1.61	18.4	kurus
13	59	1.65	21.5	normal
14	49	1.64	18.1	kurus
15	50	1.62	19	normal
16	48	1.62	18.3	kurus
17	45	1.54	18.9	normal
18	53	1.69	18.4	kurus
19	61	1.65	22.3	normal
20	40	1.51	17.4	kurus
21	51	1.62	19.3	normal
22	49	1.65	18	kurus
23	47	1.55	19.5	normal
24	71	1.68	25	normal
25	52	1.63	19.6	normal
26	39	1.47	18.2	kurus
27	61	1.69	21.2	normal
28	51	1.65	18.6	normal
29	43	1.53	18.2	kurus
30	51	1.64	19	normal
31	56	1.63	21.2	normal
32	62	1.61	24.1	normal

Berdasarkan dari hasil prosentase status gizi pada tabel 2, pekerja yang mengalami kategori kurus sebanyak 12 orang dengan prosentase 37,5%, sedangkan pekerja yang mengalami kategori

normal sebanyak 20 orang dengan prosentase 62,5%. Status gizi merupakan salah satu penyebab kelelahan. Seorang tenaga kerja dengan keadaan gizi yang baik, begitu juga sebaliknya. Pada keadaan gizi buruk dengan beban kerja berat akan mengganggu kerja dan menurunkan efisiensi dan ketahanan tubuh sehingga akan mudah terjangkit penyakit sehingga mempercepat timbulnya kelelahan

Tabel 2. Hasil prosentase status gizi pekerja

No	Kategori	Jumlah	Prosentase
1	Kurus	12	37,5%
2	Normal	20	62,5%

Hasil pengukuran beban Kardiovaskular dengan metode *Cardiovascular Load (CVL)* merupakan metode pengukuran beban kerja fisik yang didasarkan pada perbandingan antara denyut nadi kerja dengan denyut nadi maksimum, terlihat ada peningkatan denyut nadi mempunyai peran yang sangat penting dalam peningkatan *cardiac output* dari istirahat sampai kerja maksimum. Dari hasil perhitungan CVL tersebut dapat kemudian dibandingkan dengan klasifikasi yang telah ditetapkan yang dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil prosentase klasifikasi % CVL

No	Klasifikasi %CVL	Jumlah	Prosentase
1	Tidak terjadi kelelahan	11	34,4%
2	Diperlukan perbaikan	21	65,6%

Berdasarkan dari hasil prosentase denyut nadi pada pekerja pembuatan batu bata secara manual sebelum bekerja pekerja yang mengalami beban kerja sangat ringan adalah sebanyak 24 orang dengan prosentase sebesar 75%, pekerja yang mengalami beban kerja ringan sebanyak 8 orang dengan prosentase sebesar 25%. Beban kerja setelah bekerja yang mengalami beban kerja ringan adalah sebanyak 10 orang dengan prosentase sebesar 31,2%, pekerja yang mengalami beban kerja sedang sebanyak 15 orang dengan prosentase sebesar 46,9%, dan untuk pekerja yang mengalami beban kerja berat sebanyak 7 orang dengan prosentase sebesar 21,9%. Berat ringannya beban kerja sangat dipengaruhi oleh jenis aktivitas (sebagai beban utama) dan lingkungan kerja (sebagai beban tambahan). Hasil pengukuran prosentase denyut nadi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil prosentase denyut nadi pekerja

No.	Sebelum Bekerja			Setelah Bekerja		
	Beban Kerja	Jumlah	Prosentase	Beban Kerja	Jumlah	Prosentase
1	Sangat ringan	24	75%	Sangat ringan	0	0%
2	Ringan	8	25%	Ringan	10	31,2%
3	Sedang	0	0%	Sedang	15	46,9%
4	Berat	0	0%	Berat	7	21,9%

Kelelahan kerja adalah perasaan lelah berupa penurunan kesiagaan dan respon total individu terhadap stress psikososial yang dialami selama periode tertentu. Hasil prosentase total skor kelelahan individu pada Tabel 5, pekerja yang mengalami kelelahan kerja normal sebanyak 3 orang dengan prosentase sebesar 9,4%, pekerja yang mengalami kelelahan kerja ringan sebanyak 28 orang dengan prosentase sebesar 87,5%, dan yang mengalami kelelahan kerja sedang sebanyak 1 orang dengan prosentase sebesar 3,1%. Tenaga kerja mampu melaksanakan tugasnya dengan mudah dengan beban kerja dan performansi tetap pada tingkat optimal, jika terjadi peningkatan beban kerja berupa peningkatan tuntutan tugas yang besar maka hal tersebut akan menyebabkan beban kerja kognitif sehingga dapat menyebabkan kelelahan pada pekerja

Tabel 5. Hasil prosentase klasifikasi kelelahan kerja

No	Klasifikasi	Jumlah	Prosentase
1	Ringan	3	9,4%
2	Sedang	28	87,5%
3	Tinggi	1	3,1%

Produktivitas tenaga kerja merupakan volume pekerjaan yang dihasilkan oleh pekerja dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah umur pekerja. Berdasarkan dari hasil prosentase umur pada Tabel 6, prosentase tertinggi diperoleh pada umur pekerja dalam penelitian

antara 21 - 51 tahun dan 36 - 40 tahun sebanyak 7 orang (21,9%), sedang prosentase terendah berumur antara 41 -45 tahun sebanyak 1 orang (3,1%).

Tabel 6. Hasil prosentase umur responden

No	Rentang usia (tahun)	Jumlah	Prosentase
1	21 - 25	7	21,9%
2	26 - 30	8	25%
3	31 - 35	2	6,3%
4	36 - 40	7	21,9%
5	41 - 45	1	3,1%
6	46 - 50	5	15,6%
7	> 50	2	6,3%

Hasil prosentase masa kerja pada Tabel 7, masa kerja responden tertinggi antara antara 2-5 tahun sebanyak 14 orang dengan prosentase 43,7%, sedang prosentase terendah masa kerja responden antara 14 – 17 tahun sebanyak 3 orang dengan prosentase 9,4%. Semakin lama masa kerja seseorang, maka semakin tinggi juga tingkat kelelahan, karena semakin lama bekerja menimbulkan perasaan jenuh akibat kerja yang monoton akan berpengaruh terhadap tingkat kelelahan yang dialami.

Tabel 7. Hasil prosentase masa kerja

No	Rentang usia (tahun)	Jumlah	Prosentase
1	2 - 5	14	43,7%
2	6 - 9	8	25%
3	10 - 13	7	21,9%
4	14 - 17	3	9,4%

Berdasarkan dari hasil prosentase tekanan darah pada Tabel 8 pada pekerja pembuatan batu bata secara manual yang berkategori Pre Hipertensi sebanyak 6 orang (18,8%), tekanan darah pekerja berkategori normal sebanyak 23 orang (71,9%) dan tekanan darah pekerja berkategori darah tinggi sebanyak 3 orang (9,3%). Pada penderita tekanan darah rendah kerja jantung untuk memompa darah kebagian tubuh yang membutuhkan kurang maksimal dan lambat sehingga kebutuhan oksigennya tidak terpenuhi, akibatnya proses kerja yang membutuhkan oksigen terhambat. Pada tenaga kerja yang mengalami tekanan darah tinggi akan menyebabkan kerja jantung menjadi lebih kuat sehingga jantung membesar. Pada saat jantung tidak mampu mendorong darah beredar ke seluruh tubuh dan sebagian akan menumpuk pada jaringan seperti tungkai dan paru – paru. Selanjutnya terjadi sesak nafas bila ada pergerakan sedikit karena tidak tercukupi kebutuhan oksigennya akibatnya pertukaran darah terhambat. Pada tungkai terjadi penumpukan metabolisme yang menyebabkan kelelahan.

Tabel 8. Hasil Prosentase Tekanan Darah Reponden

No	Rentang usia (tahun)	Jumlah	Prosentase
1	Pre Hipertensi	6	18,8%
2	Nornal	23	71,9%
3	Darah Tinggi	3	9,3%

Hasil wawancara kepada 32 responden pembuatan batu bata secara manual dengan presentase 100% tidak memiliki riwayat penyakit jantung, sehingga responden secara tidak langsung terkendali. Jika terdapat beban ekstra yang dialami jantung misalnya membawa beban berat, dapat mengakibatkan meningkatnya keperluan oksigen ke otot jantung, kekurangan suplai oksigen ke otot menyebabkan dada sakit (Soeharto, 2004). Kekurangan oksigen secara terus menerus, maka terjadi akumulasi yang selanjutnya terjadi metabolisme anaerobik dimana akan menghasilkan asam laktat yang mempercepat kelelahan.

Hasil uji statistik dengan uji *Regression Linear Berganda* menunjukkan bahwa ada pengaruh antara beban kerja (X_1), masa kerja (X_2), IMT (X_3) dan Umur (X_4) terhadap kelelahan kerja (Y) yang signifikan pada uji F dan uji T. Hal tersebut dapat diketahui dari uji F yang telah dilakukan dengan program SPSS versi 16.0, diketahui bahwa nilai $F_{hitung} = 13,516 > F_{tabel} = 2,73$, dan hasil nilai sig = $0,000 < 0,05$ ini menunjukkan hasil yang signifikan, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima maka dinyatakan

signifikan atau terdapat pengaruh variabel bebas dengan variabel terikat pada pekerja pembuatan batu bata secara manual.

Pada uji T yang telah dilakukan dengan program SPSS versi 16.0 diketahui bahwa pada variabel beban kerja (X_1) terdapat nilai sig 0,001, dan T_{hitung} sebesar 3,644, T_{hitung} variabel beban kerja bernilai positif dan T_{hitung} 3,644 > T_{tabel} 2,051, Nilai positif menunjukkan bahwa beban kerja mempunyai hubungan yang searah dengan kelelahan kerja. Jadi dapat disimpulkan bahwa beban kerja (X_1) berpengaruh terhadap kelelahan kerja (Y).

KESIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan berdasarkan prosentase total skor kelelahan pekerja yang mengalami kelelahan berkategori darah tinggi sebanyak 3 orang (9,3%), berkategori Pre Hipertensi sebanyak 6 orang (18,8%), sedang dari hasil uji statistik *Regression Linear Berganda*, terdapat pengaruh antara beban kerja dengan kelelahan kerja secara signifikan pada pekerja pembuatan batu bata secara manual, diketahui nilai $p = 0,000$ atau lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$), dan besar rata-rata tingkat kelelahan kerja adalah 62,5 dengan kategori kelelahan kerja masuk sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifuddin, N. F., Hardi, I., & Kalla, R. (2023). Faktor yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja pada perawat di rumah sakit Dr. Tajuddin Chalid Makassar. *Journal of Muslim Community Health*, 4(2), 1-14.
- Arsyada, B. A., & Cahyawati, A. N. (2024). Penilaian Beban Kerja Fisik Penjahit Di Unit Produksi Menggunakan Analisis Beban Kardiovaskular Dan Stopwatch Time Study. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Manajemen Industri*, 2(3), 290-301.
- Aryatama, M. Z., & Jumanka, M. A. (2024). Pengaruh Keselamatan Kesehatan K3 dan Jam Kerja Terhadap Kinerja Personil PKP-PK. *Jurnal Riset Ilmu Kesehatan Umum dan Farmasi (JRIKUF)*, 2(3), 33-46.
- Baruna, K. A. T., Kawiana, I. G. P., & Astrama, I. M. (2023). Pengaruh Konflik Kerja, Beban Kerja Dan Budaya Organisasi Terhadap Kepuasan Kerja Karyawan Pada Pt. Tirta Investama Bali Di Denpasar. *WidyaAmrita: Jurnal Manajemen, Kewirausahaan dan Pariwisata*, 3(7), 1437-1445.
- Fadhilah, U. (2020). Penilaian Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Aktivitas Pembuatan Gamelan. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 4(Special 1), 56-66.
- Fatturrahman, F. R., Herwanto, D., & Nugraha, B. (2024). Usulan Perbaikan Beban Kerja Berdasarkan Nilai Efektivitas Melalui Pendekatan Analisis Beban Kerja: Analisis Beban Kerja; Metode Pendekatan Analisis Beban Kerja; Tenaga Kerja Optimal. *Unistek: Jurnal Pendidikan dan Aplikasi Industri*, 11(1), 1-12.
- Gerald, M., & Darmayanti, T. E. (2023). Tinjauan Faktor Ergonomi Meja & Fasilitas Duduk Terkait Kenyamanan Kafe Fullmoon Coffee Bandung. *Jurnal Desain*, 11(1), 68-81.
- Karmana, I. N. A., Puspitawati, N. M. D., & Purnawati, N. L. G. P. (2024). Pengaruh Beban Kerja, Disiplin Kerja Dan Kepuasan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Pada PT Gumuh Sari Rekreasi Kabupaten Badung. *Jurnal VALUES*, 5(2), 232-240.
- Samapati, R. U. R., Putri, R. M., & Devi, H. M. (2023). Perbedaan Kadar Gula Darah Berdasarkan Jenis Kelamin dan Status Gizi (IMT) Lansia Penderita Diabetes Melitus Tipe 2. *Jurnal Akademi Baiturrahim Jambi*, 12(2), 417-425.
- Taruna, A., Tahura, T. L., & Hafas, H. R. (2022). Pengaruh Beban Kerja dan Kompensasi Terhadap Kepuasan Kerja Pada PT. Indako Trading Coy. *Jurnal Ekonomi Bisnis Digital*, 1(3), 411-418.
- Yusuf, M., Nansi, M. R., Maulana, R., & Amal, I. (2023). Evaluasi Kemampuan Fisik Pengangkatan Secara Manual Berdasarkan Pedoman NIOSH. *Jurnal Teknologi*, 16(2), 187-192.

Analisis Pemilihan *Supplier* pada Toko Akbar Telur dengan Menggunakan Metode AHP

Siti Kumala Zahra¹, Siti Saadatu Daroen², Winda Andini³, Sindy Azizah Seviyanti⁴, Aisyah Septenia Sitepu⁵, Wawan Oktariza⁶
¹²³⁴⁵⁶Sekolah Vokasi IPB University
Email: sitikumalazahra@gmail.com¹

ABSTRACT

Eggs are an important source of animal protein as they contain high quality protein and have high biological value. Egg consumption in Indonesia continues to increase every year. This creates opportunities and competition in the egg market, including in Bogor City. In this context, the selection of the right supplier is key in meeting market demand and increasing the existence of sellers. This research was conducted at Shop Akbar Telur in Bogor Suryakencana Market. Data was collected through direct observation and interviews with the shop owner. The AHP method was used to process qualitative and quantitative data to prioritize suppliers based on price, quality and quantity criteria. The results of the analysis using AHP show that price is the highest criterion in selecting egg suppliers at Akbar Telur, followed by quality and quantity. Suppliers with the highest value for each criterion are SJT1 (price), SJT1 (quality), and SJT1 (quantity). The consistency level of criteria comparison is also acceptable. In selecting egg suppliers, the recommended overall priorities are SJT1, SJT2, and SB. The results of this study contribute to the understanding of supplier selection strategies that can improve store efficiency and performance.

Keywords: AHP, egg, supplier.

INTISARI

Telur merupakan salah satu sumber protein hewani yang penting karena mengandung protein berkualitas tinggi dan memiliki nilai biologi yang tinggi. Konsumsi telur di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Hal ini menciptakan peluang dan persaingan di pasar telur, termasuk di Kota Bogor. Dalam konteks ini, pemilihan *supplier* yang tepat menjadi kunci dalam memenuhi permintaan pasar dan meningkatkan eksistensi penjual. Penelitian ini dilakukan di Toko Akbar Telur di Pasar Bogor Suryakencana. Data dikumpulkan melalui observasi dan wawancara langsung dengan pemilik toko. Metode AHP digunakan untuk mengolah data kualitatif dan kuantitatif guna mendapatkan prioritas *supplier* berdasarkan kriteria harga, kualitas, dan kuantitas. Hasil analisis menggunakan AHP menunjukkan bahwa harga merupakan kriteria tertinggi dalam pemilihan *supplier* telur pada Toko Akbar Telur, diikuti oleh kualitas dan kuantitas. *Supplier* dengan nilai tertinggi untuk masing-masing kriteria adalah SJT1 (harga), SJT1 (kualitas), dan SJT1 (kuantitas). Tingkat konsistensi perbandingan kriteria juga dapat diterima. Dalam pemilihan *supplier* telur, prioritas keseluruhan yang direkomendasikan adalah SJT1, SJT2, dan SB. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi dalam pemahaman strategi pemilihan *supplier* yang dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja toko.

Kata kunci: AHP, pemasok, telur.

PENDAHULUAN

Telur merupakan salah satu sumber protein hewani yang mengandung protein bermutu tinggi karena telur memiliki susunan asam amino esensial yang lengkap dan telur mempunyai nilai biologi yang tinggi yakni 100% (Wulandari dan Arief, 2022). Konsumsi telur di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2021 konsumsi telur Indonesia mencapai 18,92 kg/kapita dan pada tahun 2022 mengalami peningkatan menjadi 20,02 kg/kapita (Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, 2022). Pada tahun 2022 konsumsi telur penduduk Kota Bogor Rp5.226/kapita/minggu dan pada tahun 2023 meningkat menjadi Rp6.335 /kapita/minggu. Konsumsi telur Kota Bogor berbanding positif dengan permintaan telur yang ada (Badan Pusat Statistik, 2024).

Banyaknya permintaan telur di Kota Bogor menjadi peluang bagi para penjual telur untuk memenuhi kebutuhan pasar telur. Oleh karena itu, persaingan antara penjual juga semakin ketat. Dalam rangka untuk melakukan persaingan dan meningkatkan eksistensi para penjual harus memperhatikan distribusi produk yang dilihat dari pemilihan *supplier* yang tepat (Rachmawati *et al*, 2024). Pemilihan *supplier* merupakan kegiatan penting yang akan berdampak pada proses

penghematan nilai yang cukup bagi penjual serta dapat meminimalisir resiko. Selain itu, proses pembelian bahan baku dapat mencapai 80% dari biaya produksi sehingga akan berdampak pada keuangan serta kinerja penjual karena itu proses pemilihan *supplier* merupakan kegiatan yang penting dilakukan (Farhan, 2017).

Toko Akbar Telur telah berdiri selama 3 tahun di bawah kepemilikan Kusomo Aji. Toko ini menyediakan berbagai jenis telur termasuk telur puyuh, telur ayam, telur ayam kampung, dan telur bebek. Harga jual telur puyuh Rp41.000/kg, telur ayam Rp30.000/kg, telur ayam kampung Rp3.000/butir, dan telur bebek Rp3.500/butir. Keputusan untuk membuka toko ini diambil karena melihat peluang jangka panjang. Toko ini merupakan bisnis pertama bagi pemiliknya dan telah menawarkan berbagai jenis telur sejak awal beroperasi. Lokasi toko dipilih karena strategis dan merupakan milik pribadi. Setiap pemasok telur mengirim 2-3 kali dalam satu minggu dengan kuantitas sekitar 900 kg/pengiriman, namun jumlah tersebut dapat berfluktuasi tergantung persediaan di Toko Akbar Telur.

Supplier Toko Akbar Telur terdiri dari 3 *supplier* yaitu *Supplier* Jawa Timur 1, *Supplier* Jawa Timur 2, dan *Supplier* Bogor. Dua *supplier* dari Jawa Timur menawarkan 4 jenis telur (telur ayam, bebek, puyuh dan ayam kampung, sedangkan *Supplier* Bogor hanya jenis telur ayam saja. Toko Akbar Telur memperoleh harga telur ayam dari *supplier* JaTim 1 dengan harga Rp28.000/kg, *Supplier* JaTim 2 menawarkan harga yang relatif sama dengan *supplier* JaTim 1 hanya Rp200-300, dan *Supplier* Bogor dengan harga < Rp28.000/kg. Jenis telur yang berbeda seperti telur puyuh memperoleh harga dari kedua pemasok yaitu *Supplier* JaTim 1 dan 2 dengan harga relatif sama yaitu kisaran Rp39.000/kg diikuti jenis telur bebek dengan harga Rp3.000/butir dan telur ayam kampung memperoleh harga Rp2.700/butir. Setiap harinya harga telur berfluktuatif, oleh karena itu pemilihan *supplier* menentukan harga yang ditawarkan untuk dapat dijual dengan harga yang kompetitif di pasar sehingga dapat memperoleh keuntungan yang maksimal.

Pada proses pemilihan *supplier* dapat digunakan alat bantu berupa metode analisis data yaitu metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Metode AHP merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengukur masalah yang tidak terstruktur menjadi beberapa bagian yang lebih sederhana (Kemal, 2022). Metode ini dapat membantu menyelesaikan masalah proses pemilihan *supplier* yang tidak selalu berjalan dengan mulus. Pemilihan *supplier* yang tidak mulus dan penuh hambatan dikarenakan seringnya penjual berpindah *supplier* juga akan berdampak pada proses penjualan barang (Rachmawati *et al.*, 2024).

Pertimbangan atas pemilihan *supplier* Toko Akbar Telur mempertimbangkan berbagai kriteria seperti; harga, kualitas, dan kuantitas yang disediakan *supplier*. Penentuan pemilihan *supplier* Toko Akbar Telur masih belum memiliki prioritas *supplier* dimana Akbar Telur hanya melakukan transaksi tanpa melihat prioritas *supplier* yang dibutuhkan oleh Toko Akbar Telur. Oleh karena itu, penelitian ini dibuat dengan tujuan untuk mengetahui analisis pemilihan *supplier* pada Toko Akbar Telur dengan menggunakan metode AHP, Dengan mengidentifikasi kriteria-kriteria yang relevan dan memberikan bobot yang tepat pada setiap kriteria tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan panduan yang jelas bagi Toko Akbar Telur dalam memilih *supplier* yang optimal. Dengan demikian, Toko Akbar Telur dapat meningkatkan efisiensi operasionalnya, mengurangi risiko, dan memastikan ketersediaan produk berkualitas bagi pelanggan.

METODE

Teknik pengumpulan data menggunakan teknik observasi dan wawancara secara langsung terhadap objek penelitian yakni pemilik Toko Akbar Telur. Metode pengolahan data menggunakan AHP atau *Analytical Hierarchy Process* dengan melakukan penyertaan terhadap ukuran kualitatif dan kuantitatif. Metode AHP merupakan sebuah metode pengambilan keputusan dengan memberikan gambaran prioritas terhadap beberapa alternatif ketika ada beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan dan memperbolehkan pengambil keputusan melakukan penyesuaian dengan menyusun masalah yang kompleks ke dalam suatu rangkaian level yang terintegrasi atau hirarki (Mahendra, 2019). Menurut (Marimin *et al.*, 2013 dalam Oktariza, 2017) metode AHP ini mempunyai kelebihan terutama dalam menjelaskan mengenai proses pengambilan keputusan, dikarenakan AHP mampu memaparkan keputusan yang kompleks menjadi lebih sederhana melalui grafis sehingga dapat mudah dipahami. Penentuan beberapa variabel untuk memberikan sebuah urutan alternatif pengambilan keputusan dapat dilihat pada Tabel 1, untuk memberikan gambaran operasional variabel yang relevan dalam konteks pemilihan *supplier* terbaik untuk Toko Akbar Telur. Variabel yang dicakup meliputi harga, kualitas dan kuantitas produk yang disediakan oleh pemasok.

Dalam proses pemilihan *supplier*, harga menjadi faktor kunci karena akan langsung mempengaruhi biaya operasional toko.

Tabel 1. Variabel Operasional

Konsep	Variabel	Indikator	Skala
Pemilihan <i>Supplier</i> Terbaik	Harga	Pemasok dengan harga yang relatif terjangkau	Ordinal
	Kualitas	Kualitas sesuai standar	Ordinal
	Kuantitas	Pemenuhan jumlah produk yang dikirim	Ordinal

Pemasok yang menawarkan harga yang terjangkau dapat membantu Toko Akbar Telur dalam menjaga profitabilitasnya. Aspek kualitas mengindikasikan seberapa baik produk yang disediakan oleh pemasok sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh toko. Kualitas yang tinggi akan memastikan produk yang diterima oleh toko memiliki nilai jual yang tinggi dan memuaskan pelanggan. Sementara itu, kuantitas mencerminkan kemampuan pemasok untuk memenuhi permintaan toko. Pemenuhan jumlah produk secara tepat waktu akan memastikan kelancaran operasional toko dan ketersediaan produk untuk pelanggan.

Pada proses analisis data dengan menggunakan metode AHP terdapat beberapa langkah dalam prosesnya. Langkah-langkah metode AHP menurut (Supriadi, 2018 *dalam* Asyifa, 2021) sebagai berikut: 1) Merumuskan masalah dan penentuan alternatif solusi; 2) Menyusun struktur hierarki dengan diawali tujuan atau sasaran utama; 3) Membuat kriteria fokus dengan matriks *pairwise comparison*; 4) Membuat fokus alternatif dengan matriks *pairwise comparison*; 5) Mengukur dengan menghitung nilai eigen dan pengujian konsistensi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Metode AHP dapat dijadikan sebagai salah satu metode pengambilan keputusan terhadap pemilihan *supplier*. Prinsip dasar AHP terdiri dari Dekomposisi (*Decomposition*), Perbandingan (*Comparative*), Sintesis Prioritas (*Synthesis of Priority*), dan Konsistensi (*Consistency*).

Dekomposisi (*Decomposition*)

Pada dekomposisi ini untuk mengatasi kompleksitas dalam pemilihan *supplier*, perlu adanya suatu struktur hirarki yang dapat mempermudah analisis dan pengambilan keputusan. Hal ini, berpengaruh pada masing-masing permasalahan yang dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian utama, yaitu tujuan, kriteria, dan alternatif. Kriteria merupakan salah satu persyaratan yang wajib dipenuhi dalam penentuan keputusan pemilihan *supplier*, meliputi:

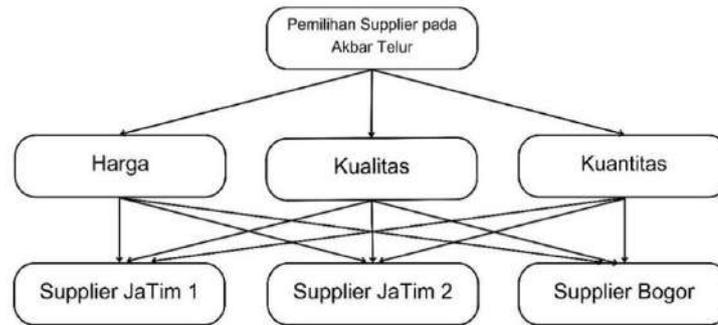
1. Harga adalah harga yang ditawarkan *supplier* dengan harga yang relatif terjangkau;
2. Kualitas adalah kondisi telur memenuhi standar di pasaran; dan
3. Kuantitas adalah jumlah yang ditawarkan relatif dapat memenuhi permintaan.

Struktur hirarki diharapkan akan mempermudah proses evaluasi dan pengambilan keputusan terkait pemilihan *supplier* untuk Toko Akbar Telur. Pertimbangan ini dapat menghasilkan tujuan yang ingin dicapai, kriteria yang harus dipenuhi, dan alternatif *supplier* yang ada. Diharapkan hasil analisis menggunakan metode AHP dapat memberikan prioritas yang optimal dalam memilih *supplier* telur yang sesuai dengan kebutuhan dan standar toko.

Pada tahap analisis pemilihan *supplier*, terdapat beberapa alternatif yang menjadi pilihan dalam susunan keputusan. Alternatif-alternatif tersebut meliputi:

1. *Supplier* JaTim 1 (SJT1);
2. *Supplier* JaTim 2 (SJT2); dan
3. *Supplier* Bogor (SB).

Setiap alternatif memiliki karakteristik dan kelebihan masing-masing yang perlu dievaluasi dengan cermat untuk memastikan pemilihan *supplier* yang optimal bagi Toko Akbar Telur. Dengan mempertimbangkan berbagai alternatif *supplier* yang tersedia, diharapkan hasil analisis menggunakan metode AHP dapat memberikan rekomendasi yang tepat dalam memilih *supplier* yang dapat memenuhi kebutuhan kualitas, kuantitas, dan harga untuk Toko Akbar Telur. Hal ini akan mendukung kelancaran operasional toko serta kepuasan pelanggan dalam mendapatkan produk telur yang berkualitas. Stuktur hirarki pemilihan *supplier* pada Toko Akbar Telur disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Hirarki Pemilihan *Supplier* pada Toko Akbar Telur

Perbandingan (*Comparative*)

Data yang digunakan untuk perbandingan nilai berdasarkan kriteria dan perbandingan alternatif berdasarkan masing-masing kriteria dilakukan dengan menggunakan tabel perbandingan. Hasil perbandingan nilai berdasar kriteria harga, kualitas dan kuantitas disajikan pada beberapa tabel dibawah ini.

Tabel 2. Perbandingan Berdasarkan Kriteria

	Harga	Kualitas	Kuantitas
Harga	1	8	7
Kualitas	0,125	1	6
Kuantitas	0,143	1,143	1
	1,268	10,143	14,000

Tabel 2 menggambarkan perbandingan antara kriteria utama (harga, kualitas, kuantitas) dan menilai tingkat pentingnya satu kriteria terhadap yang lain. Nilai 1 menunjukkan bahwa kedua kriteria memiliki tingkat penting yang sama. Perbandingan antara harga dan kualitas dinilai 8 pada kualitas, menunjukkan bahwa kualitas dianggap delapan kali lebih penting daripada harga. Perbandingan antara harga dan kuantitas dinilai 7 pada harga, menunjukkan bahwa harga dianggap tujuh kali lebih penting dari kuantitas. Sementara itu, perbandingan antara kualitas dan kuantitas dinilai 6 pada kualitas, menunjukkan bahwa kualitas dianggap enam kali lebih penting daripada kuantitas.

Tabel 3. Perbandingan Alternatif Berdasarkan Kriteria Harga

	SJT1	SJT2	SB
SJT1	1	1	5
SJT2	1,000	1	3
SB	0,200	0,200	1
	2,200	2,200	9,000

Tabel 3 memuat perbandingan alternatif berdasarkan kriteria harga, dengan nilai 1 mengindikasikan kesetaraan nilai antara alternatif dalam kriteria yang sama, menandakan tingkat penting yang sama. Perbandingan antara SJT1 dan SJT2 dinilai 1, menunjukkan bahwa kedua alternatif dianggap setara dalam harga. Perbandingan antara SJT1 dan SB dinilai 5 pada SJT1, menunjukkan bahwa SJT1 dianggap lima kali lebih penting dari SB dalam hal harga. Sedangkan, perbandingan antara SJT2 dan SB dinilai 3 pada SB, menunjukkan bahwa SB dianggap tiga kali lebih penting daripada SJT2 dalam hal harga.

Tabel 4. Perbandingan Alternatif Berdasarkan Kriteria Kualitas

	SJT1	SJT2	SB
SJT1	1	2	8
SJT2	0,50	1	5
SB	0,13	0,25	1
	1,625	3,250	14,000

Tabel 4 menggambarkan perbandingan alternatif berdasarkan kriteria kualitas, dengan nilai 1 menandakan adanya kesetaraan nilai antara alternatif dalam kriteria yang sama, menunjukkan tingkat penting yang sama. Perbandingan antara SJT1 dan SJT2 dengan nilai 2 pada SJT2, mengindikasikan bahwa SJT2 dianggap dua kali lebih penting daripada SJT1 dalam kualitas. Perbandingan antara SJT1 dan SB, dengan nilai 8 pada SJT1, menunjukkan bahwa SJT1 dianggap

delapan kali lebih penting dari SB dalam kualitas. Sedangkan, perbandingan antara SJT2 dan SB, dengan nilai 5 pada SJT2, menggambarkan bahwa SJT2 dianggap lebih penting lima kali daripada SB dalam hal kualitas.

Tabel 5. Perbandingan Alternatif Berdasarkan Kriteria Kuantitas

	SJT1	SJT2	SB
SJT1	1	2	6
SJT2	0,50	1	4
SB	0,17	0,33	1
	1,667	3,333	11,000

Pada tabel 5 menggambarkan perbandingan alternatif berdasarkan kriteria kuantitas, sehingga nilai 1 menandakan kesetaraan nilai antara alternatif dalam kriteria yang sama, menunjukkan tingkat penting yang sama. Perbandingan antara SJT1 dan SJT2, dengan nilai 2 pada SJT2, menunjukkan bahwa SJT2 dianggap dua kali lebih penting daripada SJT1 dalam hal kuantitas. Perbandingan antara SJT1 dan SB dengan nilai 6 pada SJT1, menunjukkan bahwa SJT1 dianggap enam kali lebih penting daripada SB dalam hal kuantitas. Sementara itu, perbandingan antara SJT2 dan SB, dengan nilai 4 pada SJT2, menunjukkan bahwa SJT2 dianggap empat kali lebih penting daripada SB dalam hal kuantitas.

Sintesis Prioritas (*Synthesis of Priority*)

Sintesis prioritas didapat dari hasil perkalian prioritas lokal dengan prioritas dari kriteria bersangkutan yang ada pada level atasnya dan menambahkannya ke masing-masing elemen dalam level yang dipengaruhi oleh kriteria, hasil perkalian tersebut dapat menghasilkan nilai eigen. Hasil dari sintesis prioritas berupa gabungan atau lebih dikenal dengan istilah prioritas global yang kemudian dapat digunakan untuk memberikan bobot prioritas lokal dari elemen yang ada pada level terendah dalam hirarki sesuai dengan kriterianya. Hasil sintesis prioritas disajikan pada beberapa tabel dibawah ini.

Tabel 6. Nilai Eigen Berdasarkan Kriteria

	Harga	Kualitas	Kuantitas	Nilai Eigen			Rata-rata
Harga	1	8	7	0,789	0,789	0,500	0,692
Kualitas	0,125	1	6	0,099	0,099	0,429	0,209
Kuantitas	0,143	1,143	1	0,113	0,113	0,071	0,099
	1,268	10,143	14	1	1	1	1

Dari Tabel 6 bahwa nilai kriteria harga memiliki nilai tertinggi yaitu 0,692, hal ini menandakan bahwa faktor harga memiliki pengaruh yang signifikan dalam menentukan pilihan *supplier* telur pada Toko Akbar Telur di Pasar Bogor. Kriteria kualitas menduduki urutan kedua dengan nilai 0,30 dan kriteria kuantitas memiliki nilai terendah yakni 0,099. Berdasarkan nilai pada Tabel 6 maka kriteria penilaian pemilihan *supplier* telur prioritasnya yaitu 1) harga; 2) kualitas; dan 3) kuantitas.

Tabel 7. Nilai Eigen Alternatif Berdasarkan Kriteria Harga

	SJT1	SJT2	SB	Nilai Eigen			Rata-rata
SJT1	1	1	5	0,615	0,632	0,533	0,593
SJT2	1,000	1	3	0,308	0,316	0,400	0,341
SB	0,200	0,200	1	0,077	0,053	0,067	0,065
	2,200	2,200	9,000	1	1	1	1

Dari Tabel 7 bahwa nilai tertinggi berdasarkan kriteria harga yaitu memilih SJT 1, yang memiliki nilai sebesar 0,593. Alternatif dengan urutan kedua memilih SJT 2, yang memiliki nilai sebesar 0,341. Sedang alternatif dengan nilai terendah memilih SB, yang memiliki nilai sebesar 0,065. Berdasarkan kriteria harga maka dalam pemilihan *supplier* telur prioritasnya yaitu 1) *Supplier* JaTim 1; 2) *Supplier* JaTim 2; dan 3) *Supplier* Bogor.

Tabel 8. Nilai Eigen Alternatif Berdasarkan Kriteria Kualitas

	SJT 1	SJT 2	SB	Nilai Eigen			Rata-rata
SJT 1	1	2	8	0,615	0,615	0,571	0,601
SJT 2	0,50	1	5	0,308	0,308	0,357	0,324
SB	0,13	0,25	1	0,077	0,077	0,071	0,075
	1,625	3,250	14,000	1	1	1	1

Didapatkan pada tabel 8 bahwa nilai tertinggi berdasar kriteria kualitas yaitu memilih SJT1 dengan nilai 0,601. Alternatif kedua memilih SJT2 dengan nilai 0,324. Sedang alternatif ketiga memilih *supplier* SB dengan nilai terendah yakni 0,075. Berdasarkan kriteria kualitas maka dalam pemilihan *supplier* telur prioritasnya yaitu 1) *Supplier* JaTim 1; 2) *Supplier* JaTim 2; dan 3) *Supplier* Bogor.

Tabel 9. Nilai Eigen Alternatif Berdasarkan Kriteria Kuantitas

	SJT 1	SJT 2	SB	Nilai Eigen			Rata-rata
SJT 1	1	2	6	0,600	0,600	0,545	0,582
SJT 2	0,50	1	4	0,300	0,300	0,364	0,321
SB	0,17	0,33	1	0,100	0,100	0,091	0,097
	1,667	3,333	11,000	1	1	1	1

Hasil dari tabel 9 diketahui nilai tertinggi berdasar kriteria kuantitas yaitu memilih SJT1, dengan skor 0,582. Alternatif kedua yaitu memilih *supplier* SJT2, dengan skor 0,321. Sedang alternatif ketiga memilih *supplier* SB, yang memperoleh nilai 0,097. Berdasarkan kriteria kuantitas maka dalam pemilihan *supplier* telur prioritasnya yaitu 1) *Supplier* JaTim 1; 2) *Supplier* JaTim 2; dan 3) *Supplier* Bogor.

Konsistensi (*Consistency*)

Random Index (RI) atau indeks acak merupakan indeks konsistensi dari matrik perbandingan berpasangan yang dihasilkan secara acak. *Random Index* bergantung pada jumlah kriteria yang diperbandingkan dengan mengambil nilai-nilai, pada kriteria penelitian ini ada 3 kriteria yang dibandingkan seperti; harga, kualitas dan kuantitas maka dari itu diperoleh angka RI 0,58 yang dipakai yang tertera pada tabel sebagai berikut:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Konsistensi perbandingan kriteria harga

$$\lambda_{\max} = \frac{2.126+3.315+3.856}{3} = 3,099$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{3.099}{2} = 0,050$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,050}{0,58} = 0,085$$

Tingkat konsentrasi perbandingan harga dapat diterima, karena $CR \leq 0,1$ artinya dapat diterima. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa matriks perbandingan berpasangan atas kriteria harga telah diisi dengan suatu perbandingan yang konsisten dan hasil dari nilai eigen yang dihasilkan dapat diandalkan.

Konsistensi perbandingan kriteria kualitas

$$\lambda_{\max} = \frac{3.079+3.085+3.079}{3} = 3,081$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{3.081}{2} = 0,041$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,041}{0,58} = 0,070$$

Tingkat konsentrasi perbandingan harga dapat diterima, karena $CR \leq 0,1$ artinya dapat diterima. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa matriks perbandingan berpasangan atas kriteria kualitas telah diisi dengan suatu perbandingan yang konsisten dan hasil dari nilai eigen yang dihasilkan dapat diandalkan.

Konsistensi perbandingan kriteria kuantitas

$$\lambda_{\max} = \frac{3.104+3.113+3.104}{3} = 3,107$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{3,107}{2} = 0,054$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,054}{0,58} = 0,092$$

Tingkat konsentrasi perbandingan harga dapat diterima, karena $CR \leq 0,1$ artinya dapat diterima. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa matriks perbandingan berpasangan atas kriteria kuantitas telah diisi dengan suatu perbandingan yang konsisten dan hasil dari nilai eigen yang dihasilkan dapat diandalkan.

Perhitungan prioritas keseluruhan

Berdasarkan perhitungan prioritas keseluruhan Toko Akbar Telur dapat dijadikan alternatif dalam memilih *supplier* yaitu dengan hasil pembobotan tertinggi pada *Supplier* JaTim 1, yang kedua yaitu *Supplier* JaTim 2 dan terakhir *Supplier* Bogor (lihat pada tabel 10). Oleh karena itu, Toko Akbar Telur diharapkan memprioritaskan *Supplier* JaTim 1 saat akan memilih *supplier* untuk memenuhi kebutuhan telur di toko, setelah itu berdasarkan perhitungan prioritas barulah prioritas beralih ke *Supplier* JaTim 2 dan yang terakhir *Supplier* Bogor. Kemudian hal ini tentunya dapat dijadikan pertimbangan untuk kedepannya Toko Akbar Telur dalam memilih *supplier* agar harga, kualitas dan kuantitas dapat sesuai dengan nilai keuntungan yang didapatkan.

Tabel 10. Perhitungan Prioritas Keseluruhan

	Harga	Kualitas	Kuantitas	Overall	Prioritas
SJT 1	0,593	0,601	0,582	0,594	1
SJT 2	0,341	0,324	0,321	0,336	2
SB	0,065	0,075	0,097	0,071	3

KESIMPULAN

Hasil analisis menggunakan metode AHP menunjukkan dalam memilih *supplier* telur untuk Toko Akbar Telur di Pasar Bogor Suryakencana, faktor harga menjadi yang paling krusial. Ini menandakan bahwa harga sangat memengaruhi keputusan dalam pemilihan *supplier*, yang pada gilirannya memengaruhi biaya operasional toko. Kualitas menjadi prioritas kedua, menunjukkan bahwa toko sangat memperhatikan kualitas produk untuk memastikan kepuasan pelanggan. Sedangkan kuantitas memiliki tingkat prioritas yang lebih rendah, meskipun tetap signifikan, menunjukkan pentingnya pemenuhan jumlah produk secara tepat waktu. Berdasarkan hasil analisis, *supplier* terbaik untuk Toko Akbar Telur yaitu *Supplier* JaTim 1, diikuti oleh *Supplier* JaTim 2, dan *Supplier* Bogor. Pemilihan ini didasarkan pada evaluasi terhadap kriteria harga, kualitas, dan kuantitas. *Supplier* JaTim 1 dipilih karena menawarkan harga yang terjangkau, kualitas yang sesuai standar, dan kemampuan memenuhi jumlah produk yang dibutuhkan oleh toko. Hasil analisis ini juga konsisten dengan preferensi dan tujuan Toko Akbar Telur. Dengan demikian, penelitian ini memberikan panduan yang jelas bagi Toko Akbar Telur dalam memilih *supplier* telur yang optimal. Dengan mempertimbangkan kriteria yang relevan dan memberikan bobot yang tepat pada setiap kriteria tersebut, toko dapat meningkatkan efisiensi operasionalnya, mengurangi risiko, dan memastikan ketersediaan produk berkualitas bagi pelanggan. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam pemahaman strategi pemilihan *supplier* yang dapat diterapkan dalam konteks bisnis lainnya, sehingga memiliki implikasi lebih luas dalam peningkatan kinerja dan keberlanjutan usaha.

DAFTAR PUSTAKA

- Asyifa, P. N., & Eviyati, R. E. R. 2021. Strategi Peningkatan Jumlah Sayuran Sawi Pada Musim Kemarau di Pasar Jagasatru Kota Cirebon Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP). *Paradigma Agribisnis*, 3(2), 22-31.
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Rata-rata Pengeluaran Perkapita Seminggu Menurut Kelompok Telur dan Susu Per Kabupaten/Kota Tahun 2021-2023*. Jakarta (ID): BPS Indonesia.
- Farhan, Q. 2017. Analisis Pemilihan *Supplier* Telur Tetas Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process di UKM Unggas Pertiwi. *Jurnal MATRIK*, 18, 39-46.
- Kemal, G. F. 2022. Penerapan Strategi Peningkatan Hasil Penjualan di Gudang Jaya Plaza Telur Dengan Menggunakan Metode SWOT dan AHP. *Jurnal Teknologika*, 12, 295-307.
- Mahendra, T. S. 2019. Pemilihan *Supplier* Kayu Mebel Menggunakan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process) di UD. Riyan Pasuruan. *Jurnal Valtech*, 2(1), 104-109.
- Marimin, Taufik D., Suharjo, Syarif H., Ditdit NU., Retno A., Sri M. 2013. *Teknik dan Analisis Pengambilan Keputusan Fuzzy dalam Manajemen Rantai Pasok*. Bogor: IPB Press.
- Oktariza, W., & Sukmawati, A. S2017. Kebijakan Pengentasan Kemiskinan di Kawasan Perdesaan Melalui Usaha Budidaya Perikanan di Kabupaten Malang. *Jurnal Sains Terapan: Wahana Informasi dan Alih Teknologi Pertanian*, 7(1), 1-11.

- Pusat Data dan Informasi Pertanian. 2022. *Outlook Komoditas Peternakan Telur Ayam Ras Petelur*. Sekretariat Jenderal – Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Rachmawati, N. L., Anggiane Iskandar, Y., Dharmapatni, M. R., Jaariyah, D. A., Gede, D., Ariani, D., Nancy, P., & Layman, D. 2024. Pemilihan Pemasok Telur Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus: UD Mega Timur Bajawa, Nusa Tenggara Timur). *IKRAITH-TEKNOLOGI*, 8(1), 27–37. <https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v8i1>
- Supriadi, A. 2018. *Analytical Hierarchy Process (AHP) Teknik Penentuan Strategi Daya Saing Kerajinan Bordir*. Yogyakarta: Deepublish.
- Wulandari, Z., & Arief, I. 2022. Review: Tepung Telur Ayam: Nilai Gizi, Sifat Fungsional dan Manfaat. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 10(2), 62–68. <https://doi.org/10.29244/jipthp.10.2.62-68>

Penyisihan Kandungan Perak dalam Limbah Cair Pencucian Film Melalui Proses Biofiltrasi dengan Tanaman Eceng Gondok

Siti Diyar Kholisoh¹, Tunjung Wahyu Widayati², Zubaidi Achmad³, Faizah Hadi⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta

¹E-mail: diyar.kholisoh@upnyk.ac.id

ABSTRACT

Wastewater produced from the film washing process in photo studios generally has very high contents of heavy metals, such as silver (Ag). This situation can cause various health and environmental problems if it is not treated before disposal. Therefore, this research was aimed to reduce the silver content in the wastewater through biological processes. This study was conducted using a biofiltration process using water hyacinth plants. Film washing waste was first acclimatized into concentration of 2.5% and the initial silver content was measured. Afterwards, water hyacinth of 600, 900, 1200, and 1500 g, respectively, was planted into the wastewater. Waste samples were subsequently taken and analyzed every 2 days. The highest removal efficiency of 99.94% was yielded for 1500 g of plant. In this condition, the silver content in wastewater met the environmental quality standards.

Keywords: biofiltration, photographic wastewater, removal efficiency, silver, water hyacinth

INTISARI

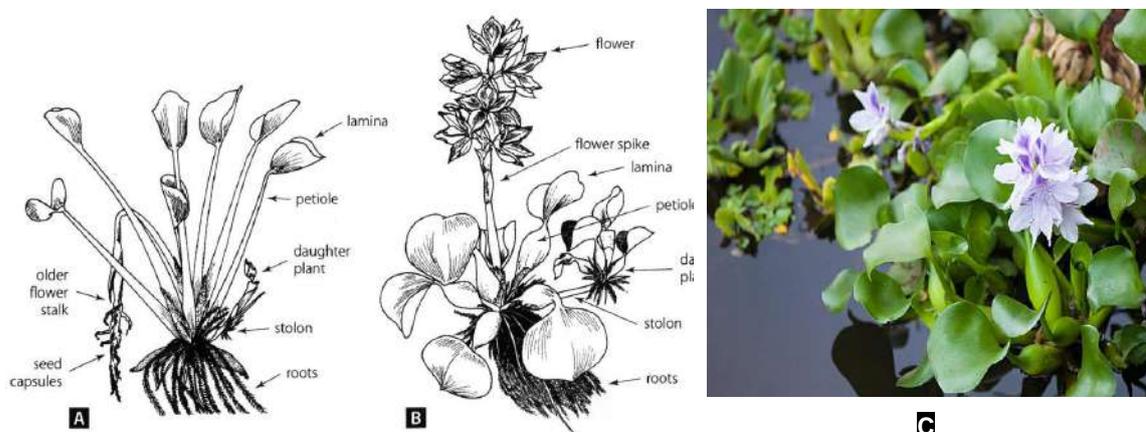
Limbah cair yang dihasilkan dari proses pencucian film pada studio foto mempunyai kandungan logam berat berupa perak (Ag) yang sangat tinggi. Hal ini dapat menimbulkan berbagai persoalan terhadap kesehatan dan lingkungan jika tidak diolah lebih dahulu sebelum dibuang. Oleh karenanya, penelitian ini dilakukan untuk menurunkan kandungan perak dalam air limbah melalui proses biologis. Penelitian dilakukan dengan proses biofiltrasi menggunakan tanaman eceng gondok. Limbah pencucian film diaklimatisasi lebih dahulu dengan konsentrasi air limbah 2,5% dan diukur kandungan perak awalnya. Selanjutnya, eceng gondok dengan variasi berat 600, 900, 1200, dan 1500 g ditanam ke dalam air limbah tersebut. Sampel limbah diambil dan dianalisis kandungan peraknya setiap 2 hari sekali. Penelitian ini menghasilkan efisiensi penyisihan kandungan perak rerata tertinggi pada berat 1500 g eceng gondok, yaitu sebesar 99,94%. Pada kondisi ini, kandungan perak dalam air limbah sudah memenuhi persyaratan baku mutu untuk dibuang ke lingkungan.

Kata kunci: biofiltrasi, eceng gondok, efisiensi penyisihan, limbah pencucian film, perak

PENDAHULUAN

Studio foto merupakan kegiatan usaha pelayanan jasa dalam bidang fotografi yang banyak dijumpai di berbagai wilayah dan pelosok daerah. Selain menghasilkan barang dan jasa, kegiatan ini juga menghasilkan hasil samping yang berupa air limbah atau limbah cair. Dalam proses fotografi, terdapat tahap kegiatan pencucian film yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan logam berat berupa perak (Ag) yang cukup tinggi (Kirk-Othmer (2007), Kuswati (2003), pengolahanlogamemas.wordpress.com (2013), Shreve (1956)). Dalam hal ini, tingginya kandungan Ag dalam proses pencucian film terdapat dihasilkan pada limbah larutan *fixer* dan limbah negatif film. *Fixer* merupakan zat kimia berupa cairan pekat yang biasa digunakan untuk mencuci film dalam fotografi studio, foto *rontgen* untuk rumah sakit, maupun tempat percetakan majalah atau koran yang menggunakan mesin *offset*. Proses pencucian film merupakan kegiatan di dalam dunia fotografi untuk mengubah film yang baru diekspos agar dapat dilihat dengan menggunakan mata telanjang. Logam perak telah lama digunakan dalam dunia fotografi disebabkan oleh kepekaannya terhadap sinar ultraviolet. Jika langsung dibuang dan tidak dilakukan pengolahan lebih lanjut (terhadap limbah cair ini), maka kandungan perak dalam limbah cair pencucian film akan terakumulasi dalam sumber air dan perairan serta berbagai gangguan kesehatan dan persoalan lingkungan lainnya. Di sisi lain, logam perak yang terdapat dalam limbah cair ini sebenarnya dapat dipisahkan atau disisihkan melalui berbagai metode pengolahan secara fisika, kimia, maupun biologi. Logam perak hasil dari pemisahan ini selanjutnya dapat dimanfaatkan kembali, misalnya sebagai bahan baku dalam industri kerajinan perak (Shreve (1956), pengolahanlogamemas.wordpress.com (2013)).

Tanaman eceng gondok, dengan nama latin *Eichhornia crassipes* (Mart), merupakan tanaman air terapung yang dapat dikelompokkan ke dalam *divisio*, *subdivisio*, *kelas*, *ordo*, *familia*, dan *genus* masing-masing adalah *Spermatophyta*, *Angiospermae*, *Monocotyledoneae*, *Farinoseae*, *Pontedericeae*, dan *Eichhornia*. Tanaman ini dapat tumbuh dan berkembang biak secara generatif maupun vegetatif dengan baik dan cepat pada perairan air tawar yang tenang dan dangkal. Eceng gondok dapat tumbuh secara optimum pada rentang suhu antara 25–30 °C dan pH antara ± 7 (pH netral). Eceng gondok kerap dianggap sebagai gulma yang dapat merusak ekosistem perairan (Suriawiria (1999), liputan6.com, kompas.com). Tumbuhan ini dapat dijumpai dalam morfologi tangkai daun ramping maupun tangkai daun bulat (ilustrasinya disajikan pada **Gambar 1**).



Gambar 1. Ilustrasi tanaman eceng gondok: A = morfologi tangkai daun ramping, B = tangkai daun bulat, C = keberadaannya di kolam atau perairan (sumber: istockphoto.com)

Eceng gondok merupakan salah satu jenis tanaman mengambang atau mengapung (*floating plants*) pada air yang mengandung mikroorganisme *rhizosfera*, di mana mikroorganisme ini dapat digunakan untuk mengolah air buangan karena dapat menguraikan zat-zat organik dan anorganik di dalam air buangan (Suriawiria (1999), liputan6.com). Mikroorganisme ini hidup dan bersimbiosis di sekitar bagian akar tanaman. Menurut Suriawiria (1999), biofiltrasi merupakan proses penyerapan dan akumulasi zat-zat polutan dan lainnya yang terkandung dalam air ke dalam struktur tumbuhan. Biofiltrasi merupakan salah satu cara pengolahan air buangan dengan memanfaatkan tanaman yang mempunyai mikroorganisme *rhizosfera*, di mana mikroorganisme ini mempunyai kemampuan untuk menurunkan kandungan BOD (*biochemical oxygen demand*) dan COD (*chemical oxygen demand*), meningkatkan kelarutan oksigen, menguraikan zat-zat organik, serta menurunkan kandungan sejumlah logam berat dalam air buangan (termasuk logam perak (Ag)). (Suriawiria (1999), infostudikimia.blogspot.com)

Selain bersifat intens menyebabkan perubahan air, gangguan biota akuatik, kelebihan evapotranspirasi, dan dampak lainnya yang merugikan, tanaman eceng gondok mempunyai sejumlah manfaat, seperti: untuk bioremediasi (fitoremediasi), sebagai stabilisator suhu perairan, untuk memproduksi kompos, sebagai pakan ikan dan ternak, untuk memproduksi biogas, *biofuel*, sebagai pengendali pertumbuhan ganggang yang menyerap oksigen di perairan, dan sebagainya. Fitoremediasi merupakan metode yang memanfaatkan tanaman untuk membersihkan tanah atau air dari kotoran organik dan anorganik. Eceng gondok dapat mengolah air limbah yang mengandung logam berat dan ion terlarut. Daun, akar, dan jaringan bohlam tanaman menunjukkan kemampuan hiperakumulasi untuk logam berat. Eceng gondok juga menyerap hidrokarbon minyak bumi dan dapat digunakan untuk fitoremediasi ekosistem perairan yang tercemar minyak mentah (Suriawiria (1999), liputan6.com, kompas.com, infostudikimia.blogspot.com).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengetahui efektivitas dan efisiensi penggunaan tanaman eceng gondok untuk mengurangi kandungan logam berat dalam air limbah, seperti penyisihan logam berat tembaga (Cu) dan perak (Ag) dalam limbah cair industri kerajinan perak di Kotagede, Yogyakarta (Sekarwati (2015)) yang berhasil menurunkan kandungan logam berat rerata sebesar 65,5% (dari 2,38 mg/liter menjadi 1,56 mg/liter). Penyisihan ion logam tembaga II (Cu(II)) dengan eceng gondok juga dilakukan oleh Lestari (2021) yang menghasilkan efisiensi penyisihan hingga mencapai 99,62% dengan media berupa air. Savira (2024) mengkombinasikan penggunaan

eceng gondok dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) pada penyisihan kandungan logam zink (Zn) dalam buangan limbah industri, serta menghasilkan rerata tingkat penyisihan logam tertinggi hingga sebesar 99,2% (dari kandungan Zn awal sebesar 4 ppm). Kandungan logam timbal (Pb) dalam air limbah juga berhasil diturunkan menggunakan eceng gondok dengan efisiensi penyerapan Pb hingga sebesar 98,33% (Zahro (2020)). Logam berat kromium heksavalen (Cr^{6+}) pada limbah cair industri batik di Yogyakarta telah dapat disisihkan dengan efisiensi sebesar 81,04% dan menghasilkan air buangan yang memenuhi persyaratan baku mutu lingkungan melalui proses fitoremediasi dengan tanaman eceng gondok (Nugroho (2021)). Irhamni (2018) juga telah berhasil menguji efektivitas penggunaan sejumlah tanaman fitoremediasi (berupa tanaman obor (*Typha latifolia*), eceng gondok, dan kiambang (*Pistia stratiotes*)) dalam penyisihan logam-logam berat berupa kromium (Cr), merkuri (Hg), dan timbal (Pb) dengan limbah cair sintesis. Pemanfaatan eceng gondok untuk penyisihan kandungan logam berat merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan timbal (Pb) juga telah diteliti oleh Resmianty (2012), dengan mengkombinasikannya melalui penggunaan tanaman kijang Taiwan (*Anadonta woodiana*) sebagai tanaman biofilter. Selain itu, Afkar (2020) juga melakukan riset tentang efisiensi penggunaan tanaman biofilter lainnya, yaitu tumbuhan paku (*Pteridophyta*) untuk menurunkan kandungan logam berat merkuri (Hg), tembaga (Cu), dan perak (Ag).

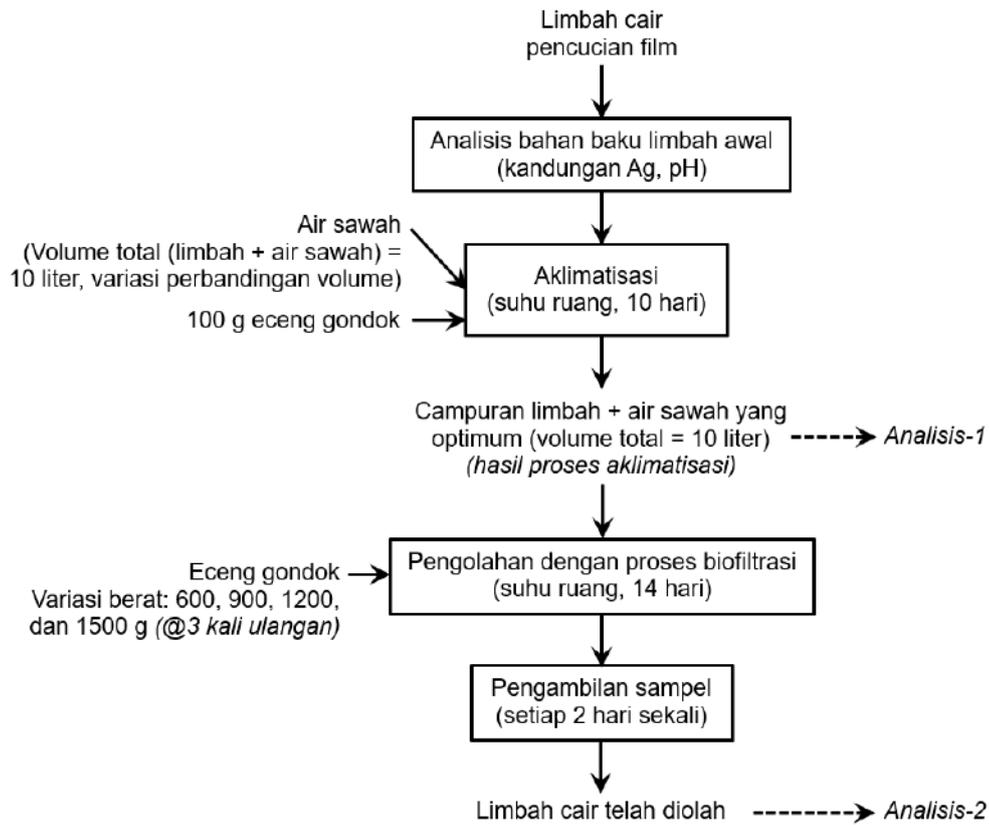
Berdasarkan semua paparan tersebut di atas, penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dengan tujuan untuk mempelajari efisiensi penggunaan tanaman eceng gondok dalam proses biofiltrasi dan mengetahui berat eceng gondok yang optimum untuk menurunkan atau menyisihkan kandungan logam perak (Ag) dalam limbah cair pencucian film (yang mengandung perak dengan konsentrasi tinggi).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian. Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian percobaan dan pengambilan data di laboratorium. Bahan-bahan yang digunakan meliputi: tanaman eceng gondok yang diperoleh dari kolam dekat Balai Sabo, Maguwoharjo, Sleman; limbah cair pencucian film yang diperoleh dari Kodak Film, Jalan Gejayan, Yogyakarta; dan air sawah dari persawahan milik Bapak Mursid, Maguwoharjo, Sleman. Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan sederhana berupa: 15 buah ember plastik berkapasitas 15 liter (dengan ukuran: diameter 45 cm, tinggi 20 cm, dan diameter alas 30 cm); gelas ukur bervolume 1 liter; timbangan; botol sampel; serta jerigen plastik berkapasitas 10 liter.

Prosedur Penelitian. Kegiatan penelitian ini dilakukan melalui tahap-tahap: aklimatisasi, pengolahan, serta pengambilan dan analisis sampel. Tahap aklimatisasi limbah dilakukan untuk mengetahui konsentrasi limbah cair pencucian film di mana tanaman eceng gondok dapat tumbuh dengan baik. Pada tahap ini, tanaman eceng gondok diambil dari habitat alamnya, dibersihkan dari tanah yang melekat dengan dicuci menggunakan air mengalir, dan kemudian dipindahkan ke dalam sejumlah ember supaya dapat beradaptasi lebih dahulu sebelum perlakuan. Tahap ini ditempuh dengan cara menanam 100 gram eceng gondok ke dalam 10 liter campuran limbah cair pencucian film dan air sawah (dengan beberapa variasi perbandingan volume) pada suhu ruangan selama kira-kira 10 hari. Suhu optimum untuk pertumbuhan eceng gondok berkisar antara 25–30 °C. Variasi percobaan diambil pada konsentrasi 0%; 2,5%; 5%; 10%; 15%; 20%; 25%; 30%; dan 35%-volume limbah cair (terhadap volume air sawah). Hasil yang diperoleh dari tahap aklimatisasi ini selanjutnya digunakan untuk melakukan tahap penelitian berikutnya (yaitu tahap pengolahan). Sebelum diaklimatisasi, limbah cair awal dianalisis kandungan perak dan juga pH-nya.

Tahap pengolahan limbah dimaksudkan untuk mengetahui tingkat penyisihan kandungan perak di dalam limbah cair pencucian film setelah ditanami eceng gondok. Percobaan dilakukan dengan memvariasikan berat tanaman eceng gondok (yaitu sebesar 600, 900, 1200, dan 1500 gram) ke dalam 10 liter campuran limbah dan air sawah. Masing-masing perlakuan pada variasi percobaan diulang sebanyak 3 kali, sehingga tahap pengolahan ini dilakukan dalam 12 buah ember. Sampel campuran limbah dari masing-masing ember (sebanyak @±5 ml) diambil setiap 2 hari sekali dan kemudian diukur kandungan peraknya. Bagan alir langkah-langkah penelitian ini disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Bagan alir prosedur penelitian

Keterangan: Analisis-1 berupa pengukuran kandungan Ag awal (sebelum diolah); analisis-2 berupa pengukuran kandungan Ag setelah dilakukan pengolahan.

Analisis dan pengukuran kandungan perak dalam limbah cair dilakukan dengan metode spektroskopi serapan atom (*atomic absorption spectroscopy*, AAS, pada panjang gelombang 328,1 nm, Wahab (2024)) di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Selanjutnya, efisiensi penyisihan kandungan perak dalam limbah ($\eta_{\text{penyisihan}}$) dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$\eta_{\text{penyisihan}} = \frac{\text{kandungan Ag awal} - \text{kandungan Ag setelah pengolahan}}{\text{kandungan Ag awal}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

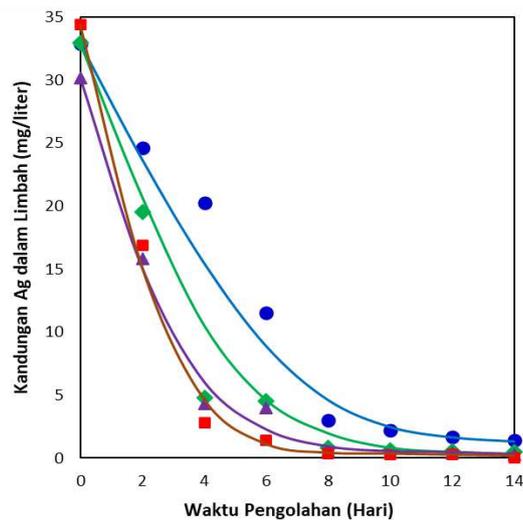
Hasil Analisis Limbah Awal dan Setelah Proses Aklimatisasi

Limbah cair hasil pencucian film (sebagai bahan baku awal) yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kandungan perak (Ag) rerata sebesar 5716,68 mg/liter dan pH sebesar 6,22. Hasil proses aklimatisasi terhadap limbah ini memperlihatkan bahwa tanaman eceng gondok masih dapat tumbuh dengan baik pada penggunaan campuran sebesar 2,5%-volume limbah cair (dalam air sawah). Pada kondisi tersebut, dilakukan pencampuran antara 250 ml limbah cair dengan 9750 ml air sawah sehingga ember terisi 10 liter. Penggunaan konsentrasi limbah cair yang melebihi 2,5%-volume mengakibatkan tanaman eceng gondok tidak dapat tumbuh dan beradaptasi dengan baik. Tanaman menjadi cenderung layu, warna daun menguning, tanaman mengalami kerusakan (tidak segar), dan bahkan hampir mati sebelum periode waktu aklimatisasi selesai. Fenomena ini bersesuaian dengan hasil-hasil penelitian yang dilakukan antara lain oleh Fatoni (2020), Nugroho (2021), dan Savira (2024).

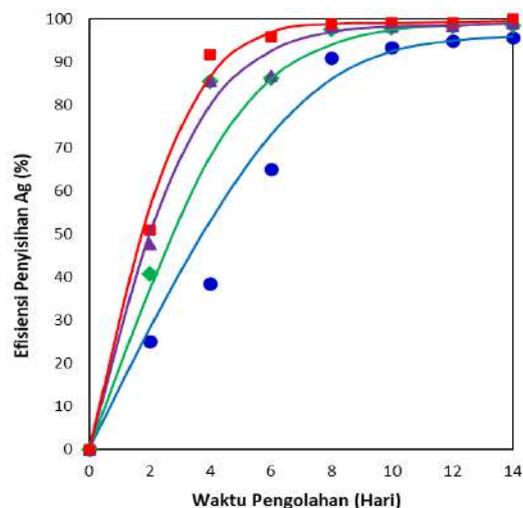
Hasil pengukuran sampel terhadap campuran 2,5%-volume limbah cair pencucian film (dalam air sawah) pada akhir periode aklimatisasi memperlihatkan kandungan Ag rerata sebesar 32,59 mg/liter. Meskipun terjadi penurunan kandungan Ag yang relatif sangat signifikan dibandingkan dengan limbah cair awalnya (yaitu: dari semula sebesar 5716,68 mg/liter dan kemudian berkurang menjadi 32,59 mg/liter), namun campuran limbah ini masih memerlukan pengolahan lebih lanjut. Hal ini dikarenakan campuran limbah belum memenuhi persyaratan baku mutu air limbah, sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2014 dan Peraturan Daerah di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) nomor 7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah, yaitu kandungan Ag maksimum sebesar 0,5 mg/liter.

Kandungan Perak dalam Limbah Setelah Proses Pengolahan Lanjut

Pengolahan lanjut limbah cair hasil pencucian film secara biofiltrasi dilakukan dengan mencampurkan limbah dan air sawah (dengan konsentrasi 2,5%-volume) serta menanamkan eceng gondok ke dalamnya. Berat eceng gondok divariasikan mulai 600 g, 900 g, 1200 g, dan hingga 1500 g. Pengambilan sampel dan pengamatan kandungan Ag dilakukan setiap 2 hari sekali dan selama 14 hari. Profil kandungan Ag dalam limbah dan besarnya efisiensi penyisihan Ag seiring dengan waktu pengolahan divisualisasikan melalui **Gambar 3**, **Gambar 4**, dan **Tabel 1**.



Gambar 3. Profil kandungan Ag dalam limbah seiring dengan waktu pengolahan (● ≡ berat eceng gondok 600 g; ◆ ≡ 900 g; ▲ ≡ 1200 g; ■ ≡ 1500 g)



Gambar 4. Besarnya efisiensi penyisihan Ag dalam limbah seiring dengan waktu pengolahan (*relatif dibandingkan dengan kandungan Ag setelah proses aklimatisasi*) (● ≡ berat eceng gondok 600 g; ◆ ≡ 900 g; ▲ ≡ 1200 g; ■ ≡ 1500 g)

Tabel 1. Penurunan kandungan Ag dalam limbah selama proses pengolahan, efisiensi penyisihan yang dihasilkan, dan kandungan Ag sesuai dengan persyaratan baku mutu

Parameter	Berat eceng gondok				Rerata
	600 g	900 g	1200 g	1500 g	
Kandungan Ag pada hari ke-0 (mg/liter)	32,87	32,92	30,18	34,37	32,59
Kandungan Ag pada hari ke-14 (mg/liter)	1,13	0,49	0,30	0,02	0,49
Efisiensi penyisihan (%)	95,63	98,52	99	99,94	98,27
Kandungan Ag sesuai persyaratan baku mutu (mg/liter, maksimum)					0,5

Berdasarkan *trendline* data pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**, terinvestigasi bahwa kandungan Ag mengalami penurunan dan efisiensi penyisihan Ag dalam limbah mengalami peningkatan seiring dengan semakin lamanya waktu pengolahan, yaitu dalam 14 hari pengamatan. Selain itu, teramati juga bahwa tingkat atau laju penurunan kandungan Ag dan peningkatan efisiensi penyisihan Ag paling signifikan terjadi pada penggunaan berat tanaman eceng gondok yang paling tinggi, yaitu 1500 g (dalam 15 liter campuran limbah cair dan air sawah, dengan perbandingan konsentrasi 2,5%-volume limbah). Pada akhir periode waktu pengolahan (yaitu hari ke-14), sampel limbah pada berat 600 g eceng gondok masih belum memenuhi persyaratan kualitas buangan air limbah (yaitu sebesar 1,13 mg/liter, di mana angka ini masih berada di atas ambang batasnya yang sebesar 0,5 mg/liter). Namun demikian, sampel akhir limbah dengan penggunaan berat 900, 1200, dan 1500 g eceng gondok sudah memenuhi persyaratan baku mutu lingkungan. Dengan kata lain, sampel limbah dengan 600 g eceng gondok dimungkinkan untuk perlu diolah dalam waktu yang lebih lama dari 14 hari.

Seperti yang tersaji pada **Tabel 1**, penurunan rerata kandungan Ag paling tinggi atau relatif terbaik (yang dihasilkan dari penelitian ini) diperoleh pada penggunaan berat eceng gondok sebesar 1500 g, di mana kandungan Ag dalam limbah berkurang dari 34,37 mg/liter menjadi 0,02 mg/liter, atau diperoleh efisiensi penyisihan kandungan Ag sebesar 99,94%. Profil besarnya efisiensi penyisihan kandungan Ag ($\eta_{\text{penyisihan}}$) sebagai fungsi waktu pengolahan (t) pada kondisi ini selanjutnya dapat dinyatakan melalui model persamaan *saturation growth curve* sebagai berikut:

$$\eta_{\text{penyisihan}} = \frac{68 t}{1 + 0,583 t}$$

di mana: $\eta_{\text{penyisihan}}$ dalam %; t dalam satuan hari. Model persamaan ini merujuk pada kurva dengan berat eceng gondok sebesar 1500 g (■) dalam **Gambar 4**. Berdasarkan pendekatan metode *least-squares* terhadap data yang tersedia, diperoleh *coefficient of determination* (R^2) sebesar 98,4%.

Jika dibandingkan dengan penelitian-penelitian yang mirip sebelumnya (sebagaimana yang telah dilakukan oleh Afkar (2020), Sekarwati (2015), maupun Kuswati (2003)), maka dapat disimpulkan bahwa tanaman fitoremediasi atau biofilter seperti eceng gondok terbukti sangat efektif untuk menyisihkan atau menurunkan kandungan logam berat (seperti perak (Ag)) dalam air limbah, termasuk limbah pencucian film. Hasil investigasi dalam laboratorium ini menghasilkan air limbah (terolah) yang telah memenuhi persyaratan baku mutu lingkungan.

KESIMPULAN

Tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) telah terbukti efektif untuk menyisihkan atau menurunkan kandungan Ag dalam limbah cair pencucian film melalui proses biofiltrasi. Tahap aklimatisasi limbah menyimpulkan bahwa tanaman eceng gondok mampu tumbuh paling baik pada konsentrasi 2,5%-volume limbah cair (dalam campuran dengan air sawah). Semakin berat eceng gondok yang digunakan berakibat pada tingkat penyisihan kandungan Ag yang semakin besar. Penurunan rerata kandungan Ag yang paling tinggi tercapai pada berat eceng gondok sebesar 1500 g, di mana kandungan Ag dalam limbah berkurang dari 34,37 mg/liter menjadi 0,02 mg/liter, atau diperoleh efisiensi penyisihan kandungan Ag sebesar 99,94%. Sampel limbah yang telah mengalami tahap aklimatisasi dan tahap pengolahan lanjut dalam penelitian ini sudah memenuhi baku mutu air limbah yang dipersyaratkan oleh pemerintah, yaitu kurang dari 0,5 mg/liter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada saudari Jati Palupi dan saudara Indra Ashari yang telah membantu dalam kegiatan *survey* lapangan dan pengambilan data percobaan di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Afkar, Majral. 2020. *Analisis Kadar Logam Berat Merkuri (Hg), Tembaga (Cu), dan Perak (Ag) pada Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di Desa Pantan Bayam, Kecamatan Beutong, Kabupaten Nagan Raya*. Banda Aceh: Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Daerah Istimewa Yogyakarta. 2016. Peraturan Daerah – Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) Nomor 7 Tahun 2016 tentang *Baku Mutu Air Limbah*. Yogyakarta.
- Fatoni, Achmad Aji. 2020. *Fitoremediasi Logam Berat (Zn) Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) dengan Sistem Batch*. Surabaya: Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Irhamni, Setiaty Pandia, Edison Purba, dan Wirsal Hasan. 2018. Analisis Limbah Tumbuhan Fitoremediasi (*Typha latifolia*, Eceng Gondok, Kiambang) dalam Menyerap Logam Berat. *Serambi Engineering*, Vol. III (Edisi Khusus) (Februari 2018): 344–351.
- istockphoto.com. “Eceng Gondok”. 9 November 2013. <https://www.istockphoto.com/id/search/2/image-film?phrase=eceng+gondok+gondok> [Diakses 13 April 2024]
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta.
- Kirk-Othmer. 2007. “*Encyclopedia of Chemical Technology*”. 5th Edition. Volume 19. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- kompas.com (. Setiawan, Sakina R. D). “*Simak, Manfaat Eceng Gondok di Kolam Ikan*”. 12 September 2022. <https://www.kompas.com/home/read/2022/04/25/074400876/simak-manfaat-eceng-gondok-di-kolam-ikan?page=all> [Diakses 11 April 2024]
- Kuswati, Hari, Darmo Handoyo, dan Indrajati Kohar. 2003. Perolehan Kembali Logam Perak dari Limbah Cair Pencucian Film Studio Dibanding Film X-Ray dengan Menggunakan Metode SN Flake. *Jurnal Unitas*, Vol. 11 (2) (Maret 2003): 46–56.
- Lestari, Intan, Shinta Putri Ayu, dan Ngatijo. 2021. Penyerapan Ion Logam Cu(II) Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Secara Fitoremediasi. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, Vol. 6 (01) (April 2021): 46–55.
- liputan6.com. “*10 Manfaat Eceng Gondok Bagi Kehidupan, Bisa Jadi Bahan Biogas*”. 23 September 2022. <https://www.liputan6.com/hot/read/5078230/10-manfaat-eceng-gondok-bagi-kehidupan-bisa-jadi-bahan-biogas?page=4> [Diakses 11 April 2024]
- Nugroho, Pratama Aji. 2021. Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Fitoremediator Logam Krom Heksavalen (Cr⁶⁺) pada Limbah Cair Industri Batik di Yogyakarta. Jakarta: Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Resmianty, Teti. 2012. *Efektifitas Kitosan dan Biofilter Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) dan Kijing Taiwan (Anadonta woodiana) Sebagai Adsorben pada Pengolahan Limbah yang Mengandung Logam Hg, Cd, dan Pb*. Bogor: Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Savira, W. dan Fitrihidajati, H. 2024. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) sebagai Agen Fitoremediasi Pencemaran Air oleh Logam Berat Zink (Zn). *Jurnal LenteraBio*, Vol. 13 (1): 191–197.
- Sekarwati, Novita, Bardi Murachman, dan Sunarto. 2015. Dampak Logam Berat Cu (Tembaga) dan Ag (Perak) pada Limbah Cair Industri Perak terhadap Kualitas Air Sumur dan Kesehatan Masyarakat serta Upaya Pengendaliannya di Kota Gede Yogyakarta. *Jurnal EKOSAINS*, Vol. VII (1) (Maret 2015): 64–76.
- Shreve, R. Norris. 1956. “*The Chemical Process Industries*”. 2nd Edition. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc., pp. 480–493.
- Suriawiria, U. 1999. “*Pengantar Mikrobiologi Umum*”. Bandung: Aksara.
- Wahab, Nurhikmah, Ida Irdaliah Amin, dan Dian Prasetya. 2024. Analisis Kadar Au, Ag, Pb, dan Zn dalam Sampel Tanah dengan Metode Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). *Jurnal Sains dan Teknologi*, Vol. 4 (1) (Februari 2024): 24–32. e-ISSN 2623-2294.
- Zahro, Ni'matul dan Varradiah Choirun Nisa. 2020. Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Limbah Domestik dan Timbal di Hilir Sungai Bengawan Solo Gresik Sebagai Solusi Ketersediaan Air Bersih Sekarang dan Masa Depan. *Journal of Chemistry And Education (JCAE)*, Vol. 4 (2): 73–83.

Pengaruh Suhu Evaporasi-Kristalisasi dan Persentase Gula Batu terhadap Warna Produk Serbuk Jahe Merah (*Zingiber officinale*)

Beauty Aprillia¹, Dessy Agustina Sari^{2*}

^{1,2}Universitas Singaperbangsa Karawang

Email: dessy.agustina8@staff.unsika.ac.id

ABSTRACT

*Red ginger (*Zingiber officinale*) is recognized as a medicinal plant with multiple benefits. The medicinal benefits of red ginger necessitate cautious handling and treatment to avoid damaging the compounds present in ginger. Producing red ginger powder to make an instant red ginger drink is one of the most frequent methods of ginger processing. The aim of this study is to investigate the impact of raising the temperature during the evaporation-crystallization process (at 80 and 90 °C). Then, the proportion of crystallization agent is rock sugar (at 60 and 100%), which alters the color of red ginger extract, both in terms of research outcomes and commercial products. Each specimen is provided in the form of a solid stage (red ginger powder) and a liquid phase, whereby the red ginger powder is dissolved in hot water (approximately 50 °C). The color of both products was analyzed using a chromameter. The results indicate that the product samples' color changed with the color components L (dark-light), a (red-green), and b (yellow-blue). These changes were caused by an increase or decrease in the amount of dye in the red ginger extract. This caused carotenoids (red) and oleoresin (yellow). Additionally, they indicated a Maillard reaction due to the increase in temperature during the evaporation-crystallization process. The optimum outcomes of this research were observed when fresh raw materials were exposed to 90 °C and 100% cube sugar content. Notably, the color values exhibited no significant discrepancies from those of commercially available red ginger products.*

Keywords: *chromameter, crystallization agent, color L a b, evaporation-crystallization, red ginger extract.*

INTISARI

Jahe merah (*Zingiber officinale*) dikenal sebagai tanaman obat yang memiliki banyak manfaat. Keunggulan jahe merah sebagai obat memerlukan penanganan dan perlakuan yang tepat agar senyawa yang terkandung dalam jahe tidak rusak. Salah satu pengolahan jahe yang sering dilakukan adalah pembuatan minuman jahe merah instan (bubuk jahe merah). Tujuan dari penelitian ini adalah meninjau pengaruh peningkatan suhu proses evaporasi-kristalisasi (80 dan 90°C) dan persentase agen kristalisasi – gula batu (60 dan 100%) terhadap perubahan warna ekstrak jahe merah baik hasil penelitian maupun produk komersial. Setiap sampel berupa fasa padat (bubuk jahe merah) dan fasa cair dimana serbuk jahe merah dilarutkan ke dalam air panas ($\pm 50^\circ\text{C}$). Warna kedua produk dianalisis melalui unit peralatan Chromameter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa warna sampel produk mengalami perubahan warna dengan komponen warna L (gelap-cerah), a (merah-hijau), dan b (kuning-biru). Perubahan ini diduga adanya peningkatan atau penurunan jumlah zat warna pada ekstrak jahe merah (yaitu karotenoid - merah dan oleoresin - kuning) serta juga diindikasinya adanya reaksi Maillard (yang disebabkan peningkatan suhu selama proses evaporasi-kristalisasi). Hasil terbaik dari penelitian ini berada pada kondisi suhu 90°C dan persentase gula batu 100% dengan bahan baku segar. Nilai warna yang dimiliki hasil penelitian juga tidak berbeda secara signifikan terhadap produk jahe merah komersial.

Kata kunci: agen kristalisasi, chromameter, ekstrak jahe merah, evaporasi-kristalisasi, warna L a b.

PENDAHULUAN

Indonesia berada pada posisi kelima untuk produksi jahe tertinggi di dunia setelah negara India, Nigeria, China, dan Nepal. Rata-rata produksi tertinggi pada tahun 2016 – 2020 sebesar 224.447.501,8 kg/tahun (Mazzlin et al., 2022). Tingginya produksi jahe di Indonesia didukung oleh suburinya wilayah dengan sumber daya yang melimpah (Sari & Sukanta, 2020) dan kondisi geografisnya. Iklim tropis di Indonesia cocok untuk budidaya jahe dengan curah hujan rata-rata sepanjang tahunnya (Aditama et al., 2015; Wagiono et al., 2020). Secara umum, jenis jahe berupa jahe putih kecil, jahe putih besar, dan jahe merah (Setyaningrum & Saparinto, 2013). Menurut data BPS di tahun 2018 yang tertera pada penelitian (Nasution et al., 2023) diketahui bahwa jahe merah

memiliki permintaan paling tinggi dibandingkan tanaman rimpang lainnya. Tingginya produktivitas jahe merah memiliki potensi untuk dikembangkan. Beberapa industri biofarmasi turut memanfaatkan jahe merah sebagai bahan baku utama bagi suplemen makanan dan obat. Alasannya adalah jahe merah memiliki sejumlah senyawa yang baik tubuh manusia (Nasution et al., 2023; Sari et al., 2024).

Jahe merah memiliki nama latin *Zingiber officinale* salah satu rempah yang dikenal di Indonesia. Hampir semua wilayah di Indonesia memanfaatkan jahe sebagai bahan masakan dan juga manfaat lainnya seperti penyembuhan iritasi, penghangat badan, serta obat kembung (Ibrahim et al., 2015). Peneliti lain juga turut menyatakan bahwa jahe merah ditujukan sebagai bahan obat tradisional dalam menangani kondisi badan manusia yang masuk angin dan menghangatkan tubuh, dan penambah nafsu makan (R Aryanta, 2019). Jahe juga memiliki sumber nutrisi penting seperti unsur mineral (seperti: zat besi, magnesium, natrium, zink, serta kalsium), lemak, vitamin, dan oleoresin ekstraktif (Ajagun et al., 2017).

Keunggulan lain jahe merah adalah memiliki kandungan senyawa kimia yang lebih tinggi dibandingkan jenis serumpunnya. Kandungan tersebut terdiri atas oleoresin, gingerol, dan minyak atsiri. Oleoresin umumnya dimanfaatkan sebagai obat nyeri sendi dan otot, obat inflamasi, serta obat batuk (Putri et al., 2016; Sari et al., 2021). Gingerol merupakan senyawa fenolik dengan kuantitas paling banyak di dalam jahe, yaitu 6-gingerol, 8-gingerol, dan 10-gingerol (Ayun et al., 2023; GD Stoner, 2013). Di dalam senyawa gingerol terdapat aktivitas antioksidan, antitumor, antibakteri, dan antiinflamasi (P Handrianto, 2016; Naulina et al., 2023; Siswantito et al., 2023). Minyak atsiri pada jahe merah berkonsentrasi tinggi sehingga peran jahe lebih banyak ditujukan sebagai obat (AS Daulay, 2017; Sinaga et al., 2023).

Manajemen pasca panen jahe belum berkembang dan diterapkan secara baik baik di level UMKM maupun pasar komersial (Fauzia et al., 2023). Polemik ini membutuhkan pengolahan jahe yang sesuai dalam mengatasi proses pembusukan (Akter et al., 2020). Faktor berlangsungnya pembusukan berupa suhu, waktu, cahaya, kelembaban, dan udara (Atmodjo et al., 2023; Sari & Hadiyanto, 2013). Salah satu teknologi pengolahan jahe yang umum dilakukan adalah pembuatan minuman jahe instan (Sutarto et al., 2022). Minuman instan berasal dari bahan serbuk, mudah larut dalam air, penyajian praktis, dan lebih lama umur simpannya (rendahnya kadar air di dalam produk serbuk) (Yuliawaty & Susanto, 2015). Proses pembuatan minuman jahe instan melalui empat tahapan. Yang pertama adalah sortasi yang meliputi pembersihan jahe merah, pemotongan, dan penimbangan. Tahap kedua adalah proses pemanasan pada suhu 80-100°C disertai aktivitas pengadukan (Sari et al., 2023). Tahap ketiga adalah pendinginan dengan tetap adanya pengadukan. Tahap terakhir adalah proses pembentukan bubuk jahe merah. Bubuk yang telah terbentuk selanjutnya diayak dan dapat digunakan (Koswara et al., 2012; Sari et al., 2021). Permasalahan dalam pembuatan minuman jahe instan adalah kerusakan akibat proses pengeringan yang melibatkan suhu tinggi (Asiah et al., 2023; B Haryanto, 2018). Penggunaan suhu yang terlalu tinggi menyebabkan penurunan kandungan kimia di dalam jahe merah. Sedangkan suhu terlalu rendah mengakibatkan produk mudah ditumbuhi kapang dan rendahnya usia simpan (Widyanti et al., 2021).

Pengolahan minuman jahe instan menambahkan gula batu sebagai pemanis. Jenis gula ini merupakan hasil olahan gula pasir yang dikristalkan kembali melalui bantuan air yang dipanaskan. Gula batu memiliki nilai kalori lebih rendah dari gula pasir sehingga kemanisan lebih rendah. Selain perannya sebagai pemanis, gula batu dapat dimanfaatkan sebagai agen kristalisasi dalam mengikat air melalui bantuan proses pemanasan selama proses pelarutan (Asyafa & Sari, 2023).

Peneliti (Hidayah & Laswati, 2022) turut berkontribusi tentang kajian peran jahe merah. Kajiannya berupa penambahan ekstrak jahe selama proses produksi gula batu. Hasilnya adalah penambahan ekstrak jahe mampu mengurangi rendemen gula batu yang dihasilkan. Selain itu, hasil lainnya adalah peningkatan waktu pemanasan turut menaikkan jumlah rendemen produk gula batu. Selanjutnya, peneliti (Ibrahim et al., 2015) mempelajari pengaruh suhu dan lama waktu ekstraksi terhadap sifat fisika dan kimia pada produk minuman jahe. Fokus kajiannya mengarah pada tingkat kecerahan warna (L) minuman sari jahe menjadi lebih gelap seiring peningkatan suhu. Warna merah (a^*) dan kekuningan (b^*) minuman sari jahe meningkat seiring kenaikan suhu. Warna merah pada jahe merah didapatkan dari kelompok karotenoid seperti keberadaan warna merah pada wortel dan tomat. Lalu, warna kuning pada jahe berasal dari kandungan oleoresin.

Warna merupakan salah satu parameter dalam mengkaji produk melalui kualitas persepsi dan penerimaan konsumen (DR Adawiyah, 2013; Iqbal et al., 2024). Peneliti (Sanjaya et al., 2016) menyatakan bahwa warna suatu produk makanan menjadi salah satu bagian atas kualitasnya. Oleh sebab itu, warna pada ekstrak jahe merah selama proses produksi dapat dijaga kualitasnya dengan kondisi produk yang dihasilkan berkondisi tetap segar, aman, dan menarik di mata konsumen. Berdasarkan latar belakang tersebut dirunut kembali bahwa warna produk dari olahan jahe merah

dapat dipengaruhi oleh suhu dan agen kristalisasi. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengkaji pengaruh suhu selama proses evaporasi-kristalisasi dengan turut melibatkan peran gula batu sebagai agen kristalisasi terhadap warna produk serbuk – minuman jahe merah. Kemudian, kehadiran produk olahan jahe merah yang telah beredar di pasar diturutsertakan sebagai pembanding dari prooduk hasil penelitian.

METODE

Penelitian ini memiliki beberapa tahap pelaksanaan dengan kondisi operasi disajikan oleh Tabel 1 berikut. Tahap pertama adalah persiapan bahan baku dan pendukung untuk menghasilkan ekstrak jahe merah (Sari et al., 2021) dengan pelarutan aquades. Proses untuk melangsungkan pemekatan *feed* dan menghasilkan kristal jahe merah melibatkan unit peralatan evaporator-*crystallizer*. Variabel proses yang diberikan adalah suhu (80 dan 90°C) dan persentase agen kristalisasi - gula batu (60 dan 100%) untuk mendapatkan produk bubuk jahe merah (Kurniyanto & Sari, 2023). Tahap terakhir adalah penyeragaman ukuran produk (Sari et al., 2023) yang turut membantu penyederhanaan proses pengujian warna di laboratorium dengan menggunakan peralatan Chromameter. Produk penelitian disimpan dalam wadah tertutup rapat (Fardiansyah et al., 2023; Ulfa et al., 2022). Kemudian, keterlibatan adanya produk komersial menjadi produk pembanding hasil penelitian. Untuk produk cair, produk serbuk jahe merah mengalami proses pelarutan ke dalam air panas ($\pm 50^\circ\text{C}$).

Tabel 1. Penamaan produk bubuk jahe merah

Produk Berbahan Baku		Kondisi Operasi
Segar	Residu	
A1, A3	A2, A4	80°C, 60%
B1, B3	B2, B4	80°C, 100%
C1, C3	C2, C4	90°C, 60%
D1, D3	D2, D4	90°C, 100%
E1	E2	(komersial)
F1	F2	(komersial)

Produk yang berangka ganjil dan genap berwujud serbuk dan cair, secara berturut-turut

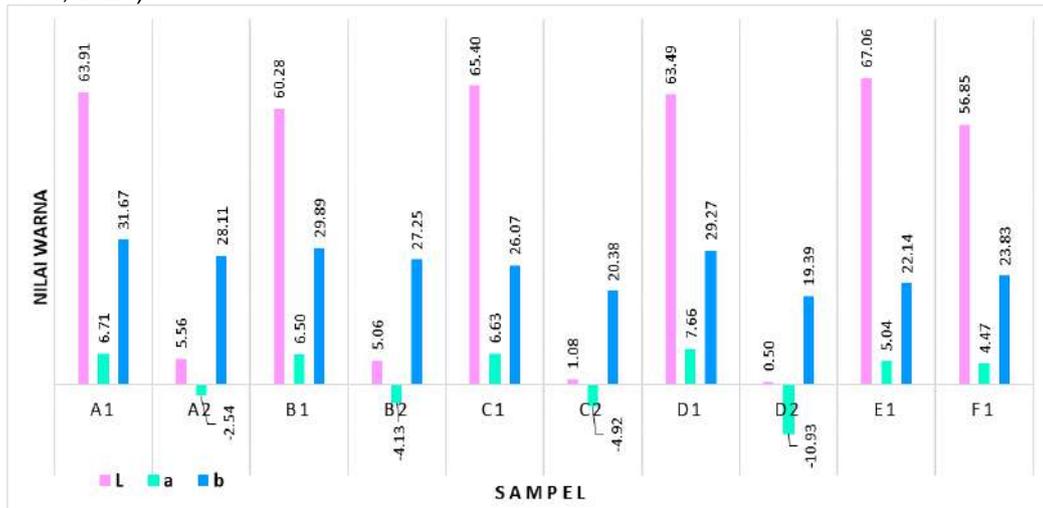
Perubahan warna pada setiap sampel pasca diberikan variabel operasi selama proses evaporasi-kristalisasi memberikan hasil dalam nilai L, a, dan b. Nilai L mendeskripsikan kecerahan warna dimana L = 0 untuk hitam, dan L = 100 untuk putih. Nilai a mengindikasikan adanya warna hijau-merah dengan a negatif untuk warna hijau, dan a positif untuk warna merah. Kemudian, nilai b menggambarkan warna biru-kuning, dengan angka b negatif untuk warna biru, dan b positif untuk warna kuning (Sinaga et al., 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

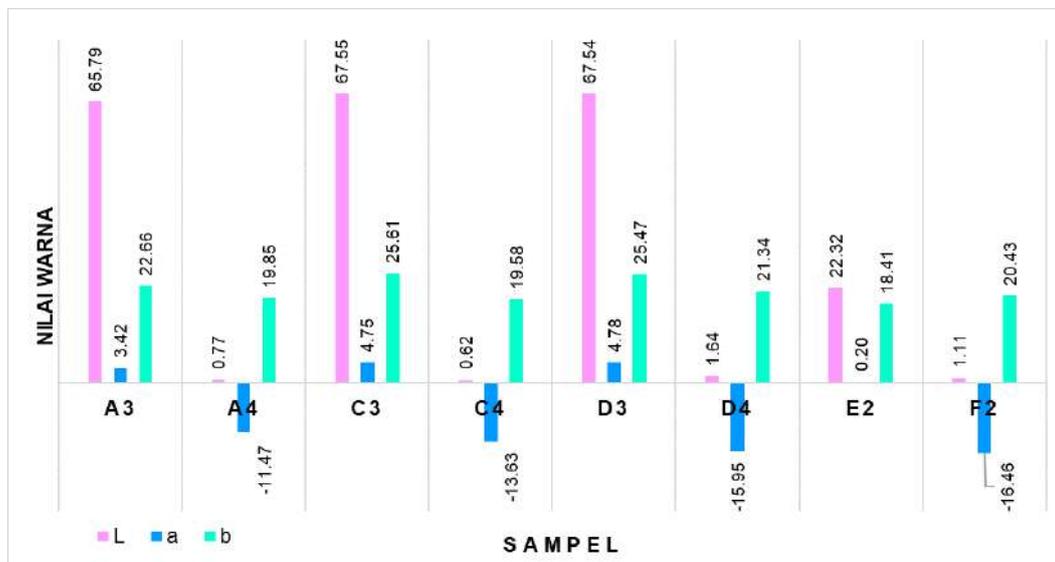
Pengujian warna produk serbuk jahe merah baik padat maupun cair telah dilakukan melalui penggunaan peralatan Chromameter. Data hasil pengujian untuk warna ditunjukkan oleh nilai L, a, dan b yang disajikan Gambar 1 dan 2 untuk setiap bahan baku yang digunakan (segar maupun residu). Kedua hasil pada gambar tersebut yang merujuk nilai L, a, dan b menunjukkan adanya penurunan tingkat kecerahan pada produk olahan ekstrak jahe merah akibat peningkatan persentase agen kristalisasi – gula batu. Hal sebaliknya terjadi ketika kondisi operasi suhu ditingkatkan yang mengakibatkan tingkat kecerahan produk mengalami kenaikan.

Penurunan tingkat kecerahan yang terjadi pada sampel dengan variasi persentase gula batu. Semakin tinggi pemberian agen kristalisasi yang digunakan akan mengakibatkan warna menjadi coklat, sebagai reaksi dari gula pereduksi dengan gugus amina primer atau pemakaian suhu tinggi pada sukrosa. Reaksi antara karbohidrat, khususnya gula pereduksi dengan gugus amina primer, disebut reaksi Maillard. Reaksi ini merupakan serangkaian reaksi kimia kompleks antara asam amino dan gula yang terjadi ketika makanan mengalami proses pemanasan. Reaksi Mailard melibatkan interaksi antara gula pereduksi, terutama glukosa atau fruktosa, dengan asam amino atau protein dalam makanan. Hasil reaksi tersebut dapat menghasilkan bahan berwarna coklat sehingga makanan tersebut menjadi lebih gelap. Kemudian, pewarna dalam makanan yang seharusnya terikat ke gula batu memiliki kemungkinan tetap terlarut pada cairan akibat tingginya pemberian suhu sehingga warna sampel menjadi lebih cerah. Selain itu terdapat kemungkinan juga gugus karotenoid dan

oleoresin dari jahe mengalami kerusakan akibat suhu yang digunakan meningkat (Putri et al., 2016; Sari et al., 2024).



Gambar 1. Nilai warna produk serbuk jahe merah yang berbahan baku segar



Gambar 2. Nilai warna produk serbuk jahe merah yang berbahan baku residu

Produk serbuk jahe merah yang berbahan baku ampas menunjukkan keragaman tingkat kecerahan. Dalam variasi persentase gula batu pada konstantanya suhu 80°C memberikan peningkatan tingkat kecerahan. Sedangkan pada suhu 90°C menunjukkan perubahan tingkatan kecerahan yang tidak signifikan. Selanjutnya pada variasi suhu, untuk 60 dan 100% persentase gula batu memberikan peningkatan dan penurunan tingkat kecerahan secara berturut-turut. Variatif hasil penelitian untuk residu dapat diindikasikan oleh rendahnya kandungan antosianin pada ampas bahan baku proses dan mengakibatkan kurang mendukung adanya perubahan warna. Peningkatan kecerahan berlangsung pada suhu 80°C dengan penambahan persentase agen kristalisasi dengan keberadaan antosianin yang relatif rendah. Akibatnya produk tersebut mendapatkan peningkatan kecerahan. Sedangkan pada suhu 90 °C kecerahan tidak terlalu berubah akibat tingkat antosianin sudah cukup sedikit sehingga efek dari reaksi Maillard memberikan kontribusi yang lebih besar, dan diketahui suhu yang digunakan sama besar sehingga tingkat kecerahan tidak terlalu berubah.

Variasi suhu dengan 60% peran gula batu, peningkatan yang terjadi dapat diduga oleh kuantitas antosianin yang cukup sedikit tersisa dan tidak terikat ke gula batu secara baik. Capaian ini selama peningkatan suhu mampu menyebabkan antosianin yang tersisa menjadi terlarut dalam pelarut (aquades) sehingga kecerahan produk meningkat. Sedangkan, 100% peran gula batu memberikan penurunan kecerahan. Hal ini diduga oleh tingginya persentase gula yang menyebabkan peningkatan warna coklat dan mengakibatkan produk menjadi lebih gelap.

Hasil penelitian (LK Wibowo, 2022) menunjukkan jahe merah yang diberikan tambahan agen kristalisasi – gula merah memiliki nilai kecerahan (L) sebesar 6,5 – 60,19. Kenaikan tingkat kecerahan terjadi dan ini disebabkan oleh menurunnya jumlah pewarna antosianin dari jahe yang terikat ke gula batu atas peningkatan temperatur proses evaporasi-kristalisasi. Pewarna yang seharusnya terikat ke gula batu kemungkinan tetap terlarut dalam cairan akibat tingginya suhu yang digunakan sehingga menyebabkan warna pada sampel menjadi lebih cerah. Selain itu, peneliti (Putri et al., 2016) mengungkapkan bahwa adanya gugus karotenoid dan oleoresin dari jahe mengalami kerusakan akibat suhu yang digunakan meningkat. Selanjutnya, untuk produk komersial minuman instan berbahan baku jahe juga dilibatkan (label E dan F pada Gambar 1 dan 2). Keduanya memiliki nilai L sebesar 67 dan 57 secara berturut-turut untuk sampel padat dan nilai L yang cukup jauh, 22 dan 1 pada produk cair.

Nilai a

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan sampel dengan warna merah yang menunjukkan keberadaan karotenoid sebagai pemberi pigmen merah, yang juga dapat ditemukan pada wortel ataupun tomat. Pada variasi peningkatan persentase gula batu terlihat warna cenderung tidak terlalu berubah pada suhu 80°C, sedangkan pada suhu 90°C terlihat intensitas warna merah meningkat, hal ini menunjukkan warna merah dapat terikat lebih banyak pada gula ketika suhu yang digunakan adalah 90°C. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh peningkatan interaksi yang terjadi antara karotenoid dan gula batu ketika suhu proses evaporasi-kristalisasi yang digunakan 90°C.

Variasi peningkatan suhu menunjukkan adanya warna merah yang cenderung stabil ketika ditingkatkan suhunya pada 60% pemberian gula batu. Sedangkan pada pemberian 100% gula batu terlihat terjadi peningkatan warna merah. Hal ini selaras dengan hasil sebelumnya bahwa keberadaan gula batu dapat mengikat antosianin dari jahe lebih baik ketika suhu proses berada pada 90°C. Capaian ini menyebabkan tingkat warna merah pada pemberian 100% gula batu dapat lebih tinggi dibandingkan kondisi 60% selama peningkatan suhu proses. Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ibrahim et al., 2015). Hasilnya menunjukkan adanya peningkatan warna merah pada sampel minuman jahe yang terbentuk ketika suhu proses ditingkatkan.

Gambar 2 menunjukkan adanya pengaruh peningkatan persentase gula dan suhu dengan sampel yang dibuat dengan menggunakan ampas jahe. Sampel pada suhu 80°C yang menggunakan variasi persentase gula batu menunjukkannya berkurangnya warna merah, dan tidak ada perubahan yang signifikan pada suhu 90°C. Capaian ini diduga rendahnya kuantitas antosianin (warna merah - karotenoid pada residu bahan baku. Oleh karena itu, ketika persentase gula batu ditingkatkan pada suhu 80°C jumlah antosianin yang terikat tidak bertambah secara signifikan sehingga warna merah kurang mendominasi dengan adanya penambahan persentase gula batu. Sedangkan pada suhu 90°C, karotenoid terindikasi dapat terikat secara optimal pada penambahan agen kristalisasi gula batu dengan warnanya cenderung konstan. Produk olahan dari ampas jahe merah pada Gambar 2 turut menunjukkan adanya peningkatan warna merah terjadi bersamaan. Hal ini disebabkan pada suhu 90°C karotenoid dapat terikat lebih baik dengan memberikan peningkatan warna merah pada sampel produk. Capaian ini sejirama dengan penelitian (Ibrahim et al., 2015; Asyafa & Sari, 2023) dimana peningkatan suhu mampu menaikkan kuantitas karotenoid dari ekstrak jahe merah hingga titik optimumnya.

Nilai b

Penelitian warna produk olahan jahe merah pasca proses evaporasi-kristalisasi teridentifikasi bahwa produk memiliki warna kuning (+). Warna kuning pada jahe berasal dari oleoresin. Warna yang diberikan oleoresin adalah warna kuning cerah, kuning hingga kuning gelap. Warna kuning pada setiap sampel menunjukkan adanya peningkatan ataupun penurunan dari setiap variasi kondisi proses penelitian. Hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh perubahan suhu ataupun persentase agen kristalisasi gula batu yang digunakan, dan penggunaan bahan baku segar atau ampasnya.

Sampel produk yang dihasilkan menunjukkan adanya perbedaan hasil pada suhu operasi 80 dan 90°C. Selama variasi persentase gula batu pada suhu 90°C didapatkan adanya peningkatan warna kuning. Hal ini diduga adanya ekstrak jahe dapat terikat secara baik akibat dari tingginya suhu tinggi yang digunakan. Sedangkan pada suhu 80°C, produk mengalami penurunan warna kuning. Capaian ini diindikasikan adanya penambahan persentase gula batu tidak diimbangi penambahan ikatan antara oleoresin dari jahe dan gula batu.

Produk sampel untuk variasi perubahan suhu menampilkan penurunan warna ketika suhu di 90°C dengan 60% pemberian gula batu. Dalam kondisi yang sama dengan 100% peran gula batu menunjukkan penurunan secara tidak signifikan. Hal ini diindikasikan oleh peningkatan kelarutan

antosianin dari ekstrak jahe seiringkan peningkatan suhu proses evaporasi-kristalisasi. Akibatnya adalah kandungan antosianin menjadi lebih minim yang terikat pada penambahan persentase gula batu. Dukungan capaian ini mengindikasikan bahwa semakin banyak gula batu yang diumpankan maka semakin besar peluang agen kristalisasi berikatan dengan antosianin dari jahe (bahan baku proses produksi) (LK Wibowo, 2022; Iqbal et al., 2024).

Produk sampel dari bahan baku residu menampilkan hasil peningkatan persentase gula batu terhadap penurunan warna kuning secara tidak signifikan. Keberadaan yang minim oleoresin dari ekstrak jahe merah menjadi indikasi atas capaian tersebut. Ketika suhu proses ditingkatkan dari 80 menuju 90°C, hal sebaliknya terjadi. Kemungkinan pertama yang melatarbelakangi atas hasil tersebut adalah kuantitas oleoresin yang rendah dalam membentuk ikatan. Yang kedua adalah adanya proses karamelisasi dari peningkatan suhu proses evaporasi-kristalisasi atas keberadaan agen kristalisasi. Gula batu selama dikenai kedua proses mengalami perubahan warna yang lebih cenderung kuning-kecokelatan.

KESIMPULAN

Penelitian mengenai perubahan warna pada produk serbuk jahe merah yang berbahan baku segar dan residu telah dilaksanakan. Kondisi operasi yang diberikan selama proses evaporasi-kristalisasi adalah suhu (80 dan 90°C) dan persentase agen kristalisasi gula batu (60 dan 100%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kedua variabel selama proses berlangsung memberikan pengaruh terhadap perubahan warna ekstrak jahe merah (*Zingiber officinale*). Kondisi optimum pada penelitian berada pada suhu 90°C dan pemberian gula batu 100%. Hal ini didukung oleh nilai L, a, dan b pada produk penelitian menunjukkan hasil yang menyerupai produk jahe merah komersial. Tingkat kecerahan (L) semakin meningkat seiring peningkatan kedua variabel proses. Sementara capaian nilai untuk warna (a), dan (b) tidak memberikan pengaruh secara signifikan baik pada peningkatan suhu dan persentase gula batu selama proses evaporasi-kristalisasi. Hasil penelitian ini berbeda ketika bahan baku residu dimanfaatkan. Nilai L tidak memberikan kontribusi adanya perubahan secara signifikan. Sedangkan, nilai (a) dan (b) meningkat seiring kenaikan suhu proses. Peningkatan dan penurunan warna produk olahan jahe merah diindikasikan oleh kuantitas oleoresin serta karotenoid sebelum - pasca proses lanjutan jahe merah dalam memperpanjang umur simpan pascapanen. Produk penelitian memiliki potensi sebagai produk komersial dari sisi capaian warna melalui unit peralatan Chromameter. Keberlanjutannya adalah salah satunya menjadi peluang bagi UMKM Karawang terkait peningkatan nilai ekonomi produk jahe merah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, D. R. (2013). Pengukuran warna produk pangan. *Foodreview Indonesia*, VIII(8), 52–58. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/75770>
- Aditama, L. G., Yulianto, E., & Wilopo, W. (2015). Pengaruh produksi dan nilai tukar terhadap volume ekspor (studi pada volume ekspor jahe Indonesia ke Jepang periode 1994-2013). *Jurnal Administrasi Bisnis (JAB)*, 25(1), 1–9.
- Ajagun, E. J., Angalapele, J. A., Nwaiwu, P. N., Alabi, M. A., Oladimeji-Salami, J. A., & Amba, U. (2017). Phytochemical screening and effects of temperature on proximate analysis and mineral composition of *Zingiber officinale* Rosc. *Biotechnology Journal International*, 18(3), 1–7. <https://doi.org/10.9734/BJI/2017/33999>
- Akter, M., Bithi, N., Billah, M., Mustak, S., & Rashid, M. (2020). Evaluation of nutritional and mineral content of dehydrated ginger (*Zingiber officinale*). *European Journal of Medicinal Plants*, 31(17), 21–28. <https://doi.org/10.9734/ejmp/2020/v31i1730332>
- Asiah, N., Sari, D. A., Triyastuti, M. S., & Djaeni, M. (2023). *Peralatan pengering pangan*. Bintang Semesta Media Yogyakarta.
- Asyafa, A. C., & Sari, D. A. (2023). Effect of process temperature and percentage of rock sugar on the functional group intensity of red ginger extract. *International Journal of Basic and Applied Science*, 12(3), 92–99.
- Atmodjo, S. S., Yasin, Y., Erwin, E., Hidayat, M., Sari, D. A., Tuba, S., Rumondor, R., Siregar, S., Effendi, E., Anwar, I. F., & Muttaqin, M. (2023). *Dasar-dasar mikrobiologi*. PT Masagena Mandiri Medica.
- Ayun, Q., Rosmawati, A., Sari, D. A., Gurning, K., Lestari, Y. P. I., Khurniyati, M. I., Nendissa, S. J., Novitriani, K., Aryasa, I. W. T., Fahmi, A., Naulina, R. Y., Nendissa, D. M., Sr, M. Z., Hati, R. P., Fauziah, S., & Hasibuan, A. K. H. (2023). *Kimia organik*. Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung.

- Daulay, A. S. (2017). Usaha produk minuman kesehatan jahe merah instan di kelurahan Binjai kecamatan Medan Denai. *Amaliyah: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.32696/ajpkm.v1i1.7>
- Fardiansyah, M. I., Sari, D. A., Firdaus, M. A., & Ulfa, V. S. (2023). Pengembangan label kemasan botol pada produk bubuk jahe merah. *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(9), 3033–3038. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i9.3033-3038>
- Fauzia, F., Kamil, M. I., Savitri, M. D., Dhiya, S., Suherman, M., Ratnasari, Y., Malik, L. A., Marendra, A. G., Wibowo, L. K., Sinabutar, K. V., Sari, D. A., Hasyim, M., & Sukanta, S. (2023). Strategi usaha mikro kecil menengah (UMKM) kuliner lokal dalam menghadapi kompetisi global. *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(8), 2977–2985. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i8.2977-2985>
- Handrianto, P. (2016). Uji antibakteri ekstrak jahe merah *Zingiber officinale* var. Rubrum terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Journal of Research and Technology*, 2(1), 1–4. <https://doi.org/10.55732/jrt.v2i1.259>
- Haryanto, B. (2018). Pengaruh penambahan gula terhadap karakteristik bubuk instan daun sirsak (*Annona muricata* L.) dengan metode kristalisasi. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 14(3), 163–170. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v14n3.2017.163-170>
- Hidayah, M. N., & Laswati, D. T. (2022). Pengaruh penambahan ekstrak jahe merah (*Zingiber officinale* var. Rubrum) pada pembuatan gula batu. *Agrotech: Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.37631/agrotech.v4i1.585>
- Ibrahim, A. M., Yuniarta, Y., & Sriherfyna, F. H. (2015). Pengaruh suhu dan lama waktu ekstraksi terhadap sifat kimia dan fisik pada pembuatan minuman sari jahe merah (*Zingiber officinale* var. Rubrum) dengan kombinasi penambahan madu sebagai pemanis. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 530–541.
- Iqbal, M., Sari, D. A., Saputro, N., Sukanta, S., & Hasyim, M. (2024). Proximate, total phenolic, carotenoid, antioxidant activity, color, and FTIR analysis of red ginger powders (*Zingiber officinale* var. Rubrum) through the evaporation-crystallization process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1324(012129), 1–13. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012129>
- Koswara, S., Diniari, A., & Sumarto, S. (2012). *Panduan proses produksi minuman jahe instan* (pp. 1–8). Institut Pertanian Bogor.
- Kurniyanto, V. E., & Sari, D. A. (2023). Porositas produk olahan jahe merah terhadap variasi suhu evaporasi- kristalisasi dan persentase gula batu. *Jurnal Teknologi*, 16(2), 146–152. <https://doi.org/10.34151/jurtek.v16i2.4548>
- Mazzlin, N. E., Widayanti, S., & Nugroho, S. D. (2022). Analisis posisi komoditas jahe indonesia di pasar internasional. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa dan Pertanian*, 7(6), 226–235. <https://doi.org/10.37149/jimdp.v7i6.89>
- Nasution, A. S., Hasbullah, R., & Hartulistiyoso, E. (2023). Effect of drying temperature on quality of dried red ginger (*Zingiber officinale* var. Rubrum). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 12(1), 107–117. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v12i1.107-117>
- Naulina, R. Y., Stiawan, E., Nendissa, S. J., Nendissa, D. M., Sari, D. A. S., Ariyanti, D., Sulisty, A. B., Siahaya, A. N., Fatmah, N., Rahim, H., Rosmawati, A., Khurniyati, M. I., & Fahmi, A. (2023). *Kimia industri*. Penerbit Widina Media Utama.
- Putri, A. R., Poku, M. S., Yani, S., & Wiyani, L. (2016). Pengaruh suhu terhadap karakteristik oleoresin pada ekstraksi jahe. *Journal of Chemical Process Engineering*, 1(2), 23. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v1i2.67>
- Redi Aryanta, I. W. (2019). Manfaat jahe untuk kesehatan. *Widya Kesehatan*, 1(2), 39–43. <https://doi.org/10.32795/widyakesehatan.v1i2.463>
- Sanjaya, Y. D., Sumardianto, S., & Riyadi, P. H. (2016). Pengaruh penambahan ekstrak rosella (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) terhadap warna dan kualitas pada terasi udang rebon (*Acetes* sp.). *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 5(4), 1–9. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jp_bhp/article/view/16003/15454
- Sari, D. A., Martin, M. R., Azzhara, M., Firdaus, M. A., Ulfa, V. S., Ikhtiari, T., & Sumarsih, S. (2021). *Top 33 chemical engineering essay competition (part 1)*. Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia.
- Sari, D. A., & Sukanta, S. (2020). Pendampingan peningkatan ekonomi warga kabupaten karawang melalui budidaya tanaman jahe merah. *Prosiding Seminar Nasional Rekarta 2020*, 91–97. <https://doi.org/10.36765/semarta.v0i0.292>

- Sari, D. A., Sukanta, S., Saputro, N. W., Hasyim, M., & Fardiansyah, M. I. (2023). Transformasi sistem pengadukan dalam produksi serbuk jahe merah. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (JIPEMAS)*, 6(2), 430–439. <https://doi.org/10.33474/jipemas.v6i2.19130>
- Sari, D. A., Saputro, N. W., Ulfa, V. S., Sukanta, S., Wagiono, W., & Hasyim, M. (2024). Utilization of ginger and its waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1324(012125), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012125>
- Sari, D. A., Sukanta, S., Saputro, N. W., Hasyim, M., & Fitriah, F. (2023). Ekstensifikasi tahap akhir bagi UMKM jahe merah (*size reduction* pasca proses kristalisasi). *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(9), 3139–3146. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i9.3139-3144>
- Sari, D. A., Sukanta, S., Wagiono, W., & Irawan, A. (2021). Peningkatan produksi bubuk jahe merah melalui introduksi sistem penghalusan. *Jurnal Masyarrakat Mandiri*, 5(2), 615–623. <https://dx.doi.org/10.31764/jmm.v5i2.4104>
- Sari, D., & Hadiyanto, H. (2013). Teknologi dan metode penyimpanan makanan sebagai upaya memperpanjang shelf life. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(2), 52–59.
- Setyaningrum, H. D., & Saparinto, C. (2013). Jahe. Penebar Swadaya.
- Sinaga, A. S. (2019). Segmentasi ruang warna L*a*b. *Jurnal Mantik Penusa*, 3(1), 43–46. <https://ejournal.pelitanusantara.ac.id/index.php/mantik/article/view/562>
- Sinaga, A. S., Zuhri, A. R., Rahmat, N. S. P., Yoshikawa, M. L., Jatnika, M. A., & Sari, D. A. (2023). Proses konversi metanol menjadi senyawa aromatik. *Teknologi Technoscintia*, 15(2), 1–8. <https://doi.org/10.34151/technoscintia.v15i2.4159>
- Siswantito, F., Nugroho, A. N. R., Iskandar, R. L., Sitanggung, C. O., Al-Qordhiyah, Z., Rosidah, C., Nurhayati, S., & Sari, D. A. (2023). Produksi minyak atsiri melalui ragam metode ekstraksi dengan berbahan baku jahe. *Inovasi Teknik Kimia*, 8(3), 178–184. <http://dx.doi.org/10.31942/inteka.v8i3.8072>
- Stoner, G. D. (2013). Ginger: Is it ready for prime time? *Cancer Prevention Research*, 6(4), 257–262. <https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-13-0055>
- Sutarto, S., Sari, R. D. P., Utama, W. T., & Indriyani, R. (2022). Pembuatan produk minuman herbal keluarga dari jahe di desa Dwi Warga Tunggal Jaya kabupaten Tulang Bawang. *Buguh: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 2(2), 88–91. <https://doi.org/10.23960/buguh.v2n2.1067>
- Ulfa, V. S., Fardiansyah, M. I., Firdaus, M. A., & Sari, D. A. (2022). Peran transformasi kemasan pada produk bubuk jahe merah (botol ke *standing pouch*). *Jurnal Qardhul Hasan: Media Pengabdian kepada Masyarakat*, 8(2), 1–7. <https://ojs.unida.ac.id/QH/article/view/4890>
- Wagiono, W., Sari, D. A., Miledhiya, S. A., Fitria, I. A., Sidabutar, K. V., Kamiil, M. I., & Fadzrin, A. G. M. (2020). Pengaruh pemberian kombinasi pupuk organik dan anorganik terhadap keragaan pertumbuhan dan tanaman jahe merah (*Zingiber officinale* Rubrum) di kecamatan Majalaya kabupaten Karawang. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 2(5), 41–46.
- Wibowo, L. K. (2022). *Kajian aktivitas antioksidan dan kandungan warna terhadap produk ekstraksi jahe merah (Zingiber officinale Rosc. Rubrum) melalui perlakuan suhu dan kadar gula* (pp. 1–35). Universitas Singaperbangsa Karawang.
- Widyanti, N. L. D., Yulianti, N. L., & Setiyo, Y. (2021). Karakteristik pengeringan dan sifat fisik bubuk jahe merah kering (*Zingiber officinale* var. Rubrum) dengan variasi ketebalan irisan dan suhu pengeringan. *Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 9(2), 148–158. <https://doi.org/10.24843/JBETA.2021.v09.i02.p01>
- Yuliawaty, S. T., & Susanto, W. H. (2015). Pengaruh lama pengeringan dan konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik fisik kimia dan organoleptik minuman instan daun mengkudu (*Morinda citrifolia* L). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(1), 41–52. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/108/124>

Battle Royale Console Game Performance Analysis (Case Study: East Jakarta, Indonesia)

Noorfi Azizah Rahim¹, Allister Totong², Muhammad Ikhsan Effendy³, Rafie Djajasoepena⁴,
Abdullah Maindratama⁵, Ery Eryanto⁶, Wandy Wandy⁷

¹⁻⁷Information Systems, Faculty of Engineering and Technology. Sampoerna University
Email: noorfi.rahim@my.sampoernauniversity.ac.id¹, allister.totong@my.sampoernauniversity.ac.id²,
muhammad.effendy@my.sampoernauniversity.ac.id³, rafie.djajasoepena@sampoernauniversity.ac.id⁴,
abdullah.maindratama@sampoernauniversity.ac.id⁵, ery.eryanto@sampoernauniversity.ac.id⁶,
wandy.wandy@sampoernauniversity.ac.id⁷

ABSTRACT

Battle Royale (BR) genre games are still played and have massive players around the globe. They are characterized by survival and exploration elements, featuring last-man-standing gameplay that motivates players to be the final contestant in the game. This BR can now be played on single platforms and cross-platform. Apex Legends is a free-to-play hero shooter where competitors from across the frontier join forces to battle for glory, fame, and fortune. Apex Legends can be played on PlayStation, Xbox, Steam, and Switch. This research aims to understand the data captured by the game Apex Legends, played on the PlayStation 5 console and displayed on a 4K television. This data was then analyzed to measure the correlation with game performance during gameplay. This research used a quantitative method, primary data, and descriptive measurements. From the findings, it can be concluded that the FPS for this game performed well since it was still near 60 FPS (59.81) with a standard deviation of 1.07. IO could not be analyzed for network performance since no official parameters for this IO were found on the official web during the research. However, Packet Loss and Choke performed well, with an average of 0 and a standard deviation of around 0. The ping value is enormous, with a significant standard deviation gap; this can happen because the server distance is longer to Tokyo from Jakarta than Singapore. Even though the latency was high, gamers still found the matches enjoyable.

Keywords: battle royale, game, network performance, screen performance.

INTISARI

Permainan bergenre BR masih dimainkan dan memiliki pemain dalam jumlah besar di seluruh dunia. Mereka dicirikan oleh elemen bertahan hidup dan eksplorasi, menampilkan *gameplay last-man-standing* yang memotivasi pemain untuk menjadi kontestan terakhir dalam permainan tersebut. BR kini bisa dimainkan di platform tunggal dan lintas platform. Apex Legends adalah permainan penembak pahlawan gratis di mana para pesaing dari seluruh perbatasan bergabung untuk bertarung demi kejayaan, ketenaran, dan kekayaan. Apex Legends dapat dimainkan di PlayStation, Xbox, Steam, dan Switch. Penelitian ini bertujuan untuk memahami data yang ditangkap oleh permainan Apex Legends, dimainkan di konsol PlayStation 5 dan ditampilkan di televisi 4K. Data ini kemudian dianalisis untuk mengukur korelasinya dengan performa game selama bermain game. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, data primer, dan pengukuran deskriptif. Dari temuan tersebut dapat disimpulkan bahwa FPS permainan ini memiliki performa yang baik karena masih mendekati 60 FPS (59,81) dengan standar deviasi 1,07. IO tidak dapat dianalisis kinerja jaringannya karena tidak ada parameter resmi untuk IO ini yang ditemukan di web resmi selama penelitian. Namun, *Packet Loss* dan *Choke* berkinerja baik, dengan rata-rata 0 dan standar deviasi sekitar 0. Nilai *ping*-nya sangat besar, dengan kesenjangan standar deviasi yang besar; hal ini bisa terjadi karena jarak server dari Jakarta ke Tokyo lebih jauh dibandingkan Singapura. Meskipun latensinya tinggi, para pemain tetap menganggap pertandingan itu menyenangkan.

Kata kunci: battle royale, game, performa jaringan, performa layar.

INTRODUCTION

BR genre games are still played, and massive numbers of players around the globe are playing them, and it is an immensely popular competitive mode in these games (Rosenbusch et al., 2020). They are characterized by survival and exploration elements, featuring last-man-standing

gameplay that motivates players to be the final contestant in the game (Fernandez de Henestrosa et al., 2023). This Battle Royale can now be played on single platforms and cross-platform (Yu, 2022).

Apex Legends is a free-to-play hero shooter where competitors from across the frontier join forces to battle for glory, fame, and fortune. Apex Legends can be played on PlayStation, Xbox, Steam, and Switch (Arts, 2024). Figure 1 shows the Apex Legends screenshot on the PlayStation 5 console:



Figure 1. Game Screenshot

Similar research about BR with some differences has been done in the past (Wandy & Bhakti, 2021). Most similar games with BR put performance indicators on the screen during the game. These indicators may relate to the network performance or screen performance, which usually shows on top of the screen. This feature can be shown or hidden. The screen performances usually show the Frame-per-second (FPS) metric, which indicates fluid gameplay. In Apex Legends, most players strive for a standard frame rate of about 60 FPS (EA Help, 2022b).

Multiple indicators may directly impact the gameplay of the network performances. The time it takes for game data to travel from the platform to the data centers and back is measured in ping (latency). The quantity, or percentage, of packets that cannot complete their round trip to and from the data centers is known as packet loss. A combination of low packet loss and good ping results in good game performance (EA Help, 2022a). A more accurate gaming experience can be achieved by switching to a nearby data center and monitoring the computer's performance (EA Help, 2022a).

This research aims to understand the data captured by the game Apex Legends, played on the PlayStation 5 console and displayed on a 4K television. This data was then analyzed to measure the correlation with game performance during gameplay.

METHODOLOGY

This research used a quantitative method, primary data, and descriptive measurements. The game played for this research was Apex Legends v3.0.37.23, and this game was played on Season 18: Resurrection. During the research period, the gamer level on this game was 270. Following Figure 2 shows the research flow:

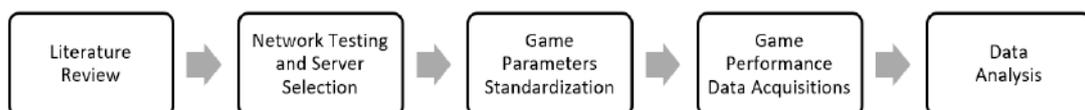


Figure 2. Research Flow

There were five stages for this research, and they were Literature Review, Network Testing and Server Selection, Game Parameters Standardizations, Game Performance Data Acquisitions, and Data Analysis, that was explained in the following subsections:

Literature Review

Some literature was used from previous research related to games. Literature from national and international journals taken from the last five years was also used to provide more relevant

resources for this research. Some official websites related to games, battle royales, and their performance were also included in (Bhakti & Wandy, 2020) this research.

Network Testing and Server Selection

A PlayStation 5 console is connected directly to a modem through a Cat-6 straight cable. A landline fiber optic with an IndiHome residential standard subscription is used daily (IndiHome by Telkomsel, 2024). Network Testing was done once a day for seven days using a feature provided on the PlayStation 5 console; it was different from the previous research (Bhakti & Wandy, 2020). This was to test the connection from the PlayStation console to the PlayStation Network server using an existing fiber-optic landline subscription. Following Figure 3 shows how the network testing happened:



Figure 3. Connection Test Screenshot

The data center picked during this research was Tokyo 1, with a Ping result of around 106 ms and a Packet Loss of 0%, as shown in the following Figure. Other data centers had better Ping, and this Tokyo 1 server was chosen because it was easier to find players to play the game than other data center locations. The following Figure 4 shows how the Tokyo 1 server was chosen:



Figure 4. Data Centers Screenshot

Game Parameters Standardizations

Some parameters must be standardized during the game matches to minimize differences. The character used during the 30 matches was Skirmishers. Character skin is used the same for the entire match. The game modes were set to Trios. Following Figure 5 shows the character used during the match:



Figure 5. Character Used during Research Processes Screenshot

Game Performance Data Acquisitions

A box in the top-right corner of the screen showed the information for FPS, IO, Loss, Choke, Ping, and Game ID numbers during a match. Following Figure 6 shows the example of data in a screenshot format:



Figure 6. Potential Data from the Game Screenshot

The gamers played 30 matches. Every match took three screenshots, one at the beginning and two in the middle of the game.

Data Analysis

All the screenshots taken were in JPG format and put in a folder. There were 90 rows of data from 90 screenshots from the 30 matches. The FPS, IO, Loss, and Choke data were analyzed in a spreadsheet. The console connection test was also analyzed using only seven rows of data. These 2 data were later put on a table with average and standard deviation for analysis.

RESULT AND DISCUSSION

Console connection test data was gathered from the screenshot and then written on a spreadsheet for analysis. Following Table 1 shows how the Internet connection speed from the console:

Table 1. Console Connection Test Screenshot

Test	NAT Type	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
Day 1	2	50.0	17.2
Day 2	2	50.0	16.8

Day 3	2	26.6	17.2
Day 4	2	5.8	2.4
Day 5	2	53.0	8.2
Day 6	2	48.8	17.1
Day 7	2	45.2	17.0
Average		39.9 ± 16.14	13.7 ± 5.54

From here, we have found that the average download speed was 39.9 Mbps with a standard deviation of 16.14 Mbps, which is a huge gap. This is because, on days 3 and 4 of testing, there was high bandwidth usage to be shared with other devices. For upload, the average was 13.7 Mbps, with a standard deviation of 5.54 Mbps. For these uploads, days 4 and 5 of testing found higher bandwidth usage; even on day 5, the download speed was still high.

For the performance result analysis, the data was gathered from the 90 screenshots from 30 matches. Then, the data was copied into a spreadsheet for easier analysis. Following Table 2 shows the result:

Table 2. Performance Result Analysis

	Average	Min	Max
FPS	59.81 ± 1.07	59	68
IO	52.06 ± 27.49 / 7.52 ± 1.05	7 / 6	117 / 10
Packet Loss (%)	0.00 ± 0.00 / 0.01 ± 0.11	0 / 0	0 / 1
Choke	0.00 ± 0.00 / 0.00 ± 0.00	0 / 0	0 / 0
Ping (ms)	195.92 ± 94.15	85	394

Table 1 shows that the FPS has an average of 59.81 fps and a standard deviation of 1.07 fps, which is still acceptable. The definition for IO parameters has not yet been officially found on the Apex Legends website. Still, it has 52.06 with a standard deviation of 27.49 for download and an average of 7.52 with a standard deviation of 1.05 for upload.

Then, Packet Loss for download has an average of 0.00% with a standard deviation of 0.00%, which means this is very good. It has an average of 0.01% for upload with a standard deviation of 0.11%, which is still acceptable for this game genre.

The network choke was all good, with an average of 0.00% and a standard deviation of 0.00% for download and upload. This is very good for gaming. The ping average is 195.92 ms with a standard deviation of 94.15 ms. Even though this ping value is huge, according to the gamers, the matches were still suitable for playing.

CONCLUSIONS

From the findings, it can be concluded that the FPS for this game performed well since it was still near 60 FPS (59.81) with a standard deviation of 1.07. IO could not be analyzed for network performance since no official parameters for this IO were found on the official web during the research. However, Packet Loss and Choke performed well, with an average of 0 and a standard deviation of around 0. The ping value is enormous, with a significant standard deviation gap; this can happen because the server distance is longer from Jakarta than Singapore. Even though the latency was high, gamers still found the matches enjoyable.

REFERENCES

- Arts, E. (2024, May 6). *Apex Legends—The Next Evolution of Hero Shooter—Free to Play*. <https://www.ea.com/en-gb/games/apex-legends>
- Bhakti, M. A. C., & Wandy, W. (2020). Web Conference Internet Traffic Analysis during Study-from-Home Period: Case in Sampoerna University. *Indonesian Journal of Computing, Engineering, and Design (IJoCED)*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.35806/ijoced.v2i2.116>
- EA Help. (2022a, April 21). *How to check ping and change data center in Apex Legends*. <https://help.ea.com/en/help/apex-legends/apex-legends/ping-data-center/>
- EA Help. (2022b, October 26). *How to show FPS in Apex Legends*. <https://help.ea.com/en/help/apex-legends/apex-legends/how-to-show-fps/?isIhi=true>

- Fernandez de Henestrosa, M., Billieux, J., & Melzer, A. (2023). Last Man Standing: Battle Royale Games Through the Lens of Self-Determination Theory. *Games and Culture*, 18(4), 427–448. <https://doi.org/10.1177/15554120221101312>
- IndiHome by Telkomsel. (2024). *Daftar Regional 5*. https://indihome.co.id/landingpage/reg5-jitu/singleplay?utm_source=SEM&utm_medium=Text&utm_campaign=Regional5_Indihome_Paket_Jitu_SEM_092023&utm_term=Text&utm_content=PaketJitu1&gad_source=1&gclid=EAlaIqobChMI-KHQ-t-OshgMVzLpLBR178AIBEAAYASAAEgLLp_D_BwE
- Rosenbusch, H., Röttger, J., & Rosenbusch, D. (2020). Would Chuck Norris Certainly Win the Hunger Games? Simulating the Result Reliability of Battle Royale Games Through Agent-Based Models. *Simulation & Gaming*, 51(4), 461–476. <https://doi.org/10.1177/1046878120914336>
- Wandy, W., & Bhakti, M. A. C. (2021). Analisis Konsumsi Internet pada Gim Battle Royale Berbasis Konsol Selama Periode Kenormalan Baru di Jakarta. *INTEK: Jurnal Informatika Dan Teknologi Informasi*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.37729/intek.v4i1.1077>
- Yu, P. (2022, May 19). *What Does Cross-Platform Gaming Really Mean?* Acer Corner. <https://blog.acer.com/en/discussion/84/what-does-cross-platform-gaming-really-mean>

Pelacakan Titik Daya Maksimum Algoritma *Incremental Conductance* pada *Photovoltaic* Dipasang Paralel dan Seri

Hendi Matalata¹, Leily Wustha Johar²

^{1,2}Fakultas Teknik, Universitas Batanghari

Email: hendi.matalata@unbari.ac.id¹, leily.wustha.johar@unbari.ac.id²

ABSTRACT

Photovoltaic (PV) is an environmentally friendly renewable energy source. Photovoltaic when connected directly to the load, the power delivered to the load is not optimal. Therefore it is important to get maximum power from the PV system to increase efficiency. This study presents an MPPT system using the Incremental Conductance (IC) algorithm to analyze PV systems installed in parallel and installed in series using 3 PVs. This IC algorithm works by monitoring the current gradient to determine the direction of voltage change and providing a change in derivative voltage so that it can determine the speed of delivery. From the results of the study, the average power using 3 PVs installed in series was 95.4% and using 3 PVs installed in parallel was 88.44%. The algorithm (IC) has a faster response in tracking the maximum power point when installed in parallel even though its efficiency is lower. However, current variations when there are changes in solar radiation tend to be constant as long as the temperature conditions are close to stable.

Keywords: Converter, IC Algorithm, MPPT, PV

INTISARI

Photovoltaic (PV) adalah sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Photovoltaic Ketika dihubungkan langsung ke beban, maka daya yang dikirimkan ke beban tidaklah optimal. Oleh karena itu penting untuk mendapatkan daya maksimum dari sistem PV sehingga meningkatkan efisiensi. Penelitian ini menyajikan sistem MPPT menggunakan algoritma Incremental Conductance (IC) untuk menganalisis sistem PV yang dipasang secara paralel dan dipasang secara seri menggunakan 3 buah PV. Algoritma IC ini bekerja dengan memantau gradien arus untuk menentukan arah perubahan tegangan dan memberikan perubahan derivatif tegangan sehingga dapat menentukan kecepatan pelacakan. Dari hasil penelitian didapat daya rata-rata menggunakan 3 PV yang pasang seri sebesar 95,4% dan menggunakan 3 PV yang pasang paralel sebesar 88,44%. Algoritma (IC) mempunyai respon yang lebih cepat dalam melacak titik daya maksimum bila dipasang secara paralel meskipun efisiensi lebih rendah. Namun, variasi arus Ketika terjadi perubahan radiasi matahari cenderung konstan selama kondisi suhu sekitar stabil.

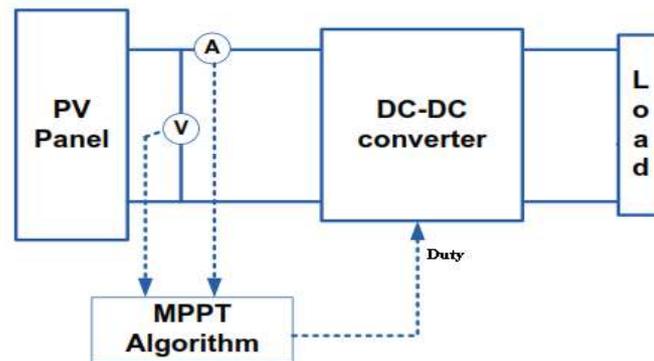
Kata kunci: Algoritma IC, Konverter, MPPT, PV

PENDAHULUAN

Saat ini semua peralatan yang dipergunakan membutuhkan sumber energi terutama energi listrik, seiring berkembangnya teknologi maka krisis energi pun semakin dirasa. Untuk mengatasi hal tersebut itu para ilmuwan berlomba untuk mencari dan memanfaatkan sumber energi alternatif untuk menjaga keamanan ketersediaan sumber energi. Krisis energi ini terjadi saat ini disebabkan beberapa faktor di antaranya adalah ketersediaan sumber daya alam minyak bumi yang makin menipis ditambah lagi jumlah sarana industri yang terus bertambah sehingga membutuhkan sumber energi yang cukup besar. Adanya perkembangan teknologi di dunia, kebutuhan akan energi juga ikut meningkat. Kebutuhan energi ini akan terus meningkat seiring kenaikan angka pertumbuhan penduduk di dunia. Sebagian besar energi yang digunakan merupakan energi fosil yang tidak dapat diperbaharui (*irenewable resources*)

Photovoltaic (PV) merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, pengaruh intensitas matahari berdampak pada tegangan dan arus keluaran PV (Sepannur Bandri, 2021). Dalam kasus pelacakan matahari dari modul PV diputar secara mekanis untuk menghasilkan dayamaksimum. Namun dalam kasus *maximum power point tracker* (MPPT) atau pelacakan titik daya maksimum, rangkaian elektronik digunakan untuk mentransfer daya ke sistem beban. Tujuan utama dari MPPT adalah untuk mentransfer daya maksimum dari sistem PV ke beban (Matalata et

al., 2024), dengan menyesuaikan siklus kerja pada rangkaian *DC-DC Converter*. Gambar 1 memperlihatkan strategi optimisasi sistem PV (Husain et al., 2017)



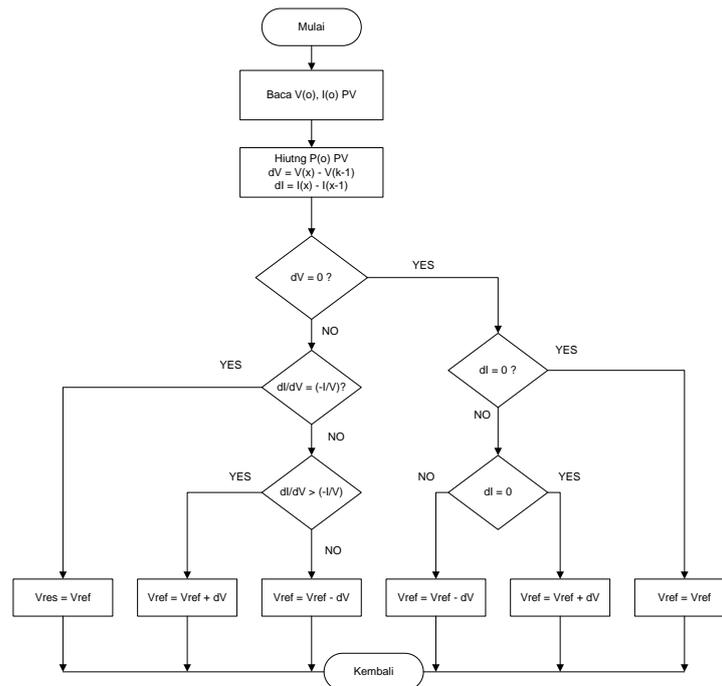
Gambar 1. Diagram strategi optimisasi sistem PV

Berbagai teknik pelacakan titik daya maksimum (MPPT) dari sistem Photovoltaic telah banyak diusulkan sebagai strategi optimisasi daya dalam kinerja sistem (PV) (Abo-Sennah et al., 2021). Seperti *Perturb and Observe (P&O)*, *Particle Swarm Optimization (PSO)*, *Incremental Conductance (IC)*, *Fuzzy Logic Controller* dan *neural Network* dimana masing-masing strategi mempunyai kelebihan dan kekurangan dari karakteristik dan teknik, adapun karakteristik dan teknik utamanya diperlihatkan pada tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Karakteristik Utama dari Teknik MPPT

Ref	Teknik MPPT	Sistem PV	Type Converter	Analog / Digital	Kecepatan Convergensi	Parameter Sensor
(Fathy et al., 2022)	PSO	PV Panel	Boost Converter	Digital	High	V and I
(Saidi et al., 2021)	P&O	PV Panel	Boost Converter	Analog	Medium	V and I
(Loukil et al., 2020)	Incremental-Fuzzy Logic	PV Array	Boost Converter	Digital	High	V and I
(Abderrahim et al., 2020)	P&O	PV Panel	Buck Converter	Digital	High	V and I
(Ali et al., 2022)	Neural Network	PV Panel	Boost Converter	Analog	Medium	Irradiance
(Ouremchi et al., 2022)	RCC	PV Panel	Boost Converter	Analog	Medium	V and I
(Winarno et al., 2020)	PSO	PV Array	Buck-Boost Converter	Digital	Medium	V and I
(H. Salman et al., 2022)	Fuzzy Logic	PV Panel	Buck-Boost Converter	Digital	Medium	V and I

Setelah P&O, metode *Incremental Conductance (IC)* sangat umum digunakan untuk MPPT PV. Hal ini didasarkan pada fakta bahwa turunan keluaran daya panel PV terhadap tegangan adalah nol pada pelacakan titik daya maksimum. Bernilai negatif di sebelah kanan titik daya maksimum dan bernilai positif di kiri titik daya maksimum pada kurva P vs V. Diagram alir algoritma IC ditunjukkan pada Gambar 2. Saat system mencapai MPP, susunan PV dioperasikan pada titik ini dan berhenti hingga perubahan derevatif (dI/dV) teramat, nilai derevatif tegangan (dV) memainkan peran yang sangat penting dan menentukan kecepatan pelacakan.



Gambar 2 .Flowchart Algoritma Incremental Conductance

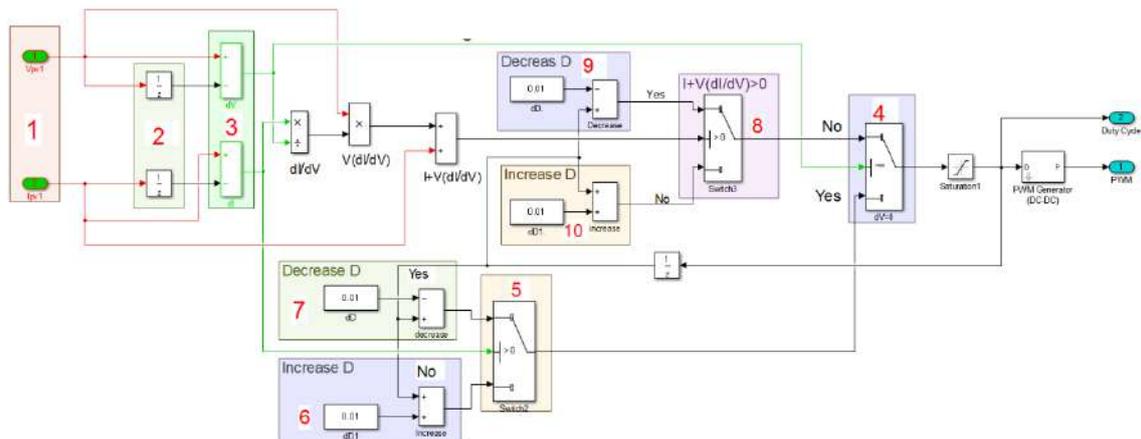
METODE

Dalam penelitian ini, menganalisis MPPT *Algoritma Incremental Conductance* (IC) terhadap sistem PV yang dipasang secara paralel dan dipasang secara seri menggunakan 3 buah PV. Adapun parameter PV yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2 dibawah.

Tabel 2. Parameter PV

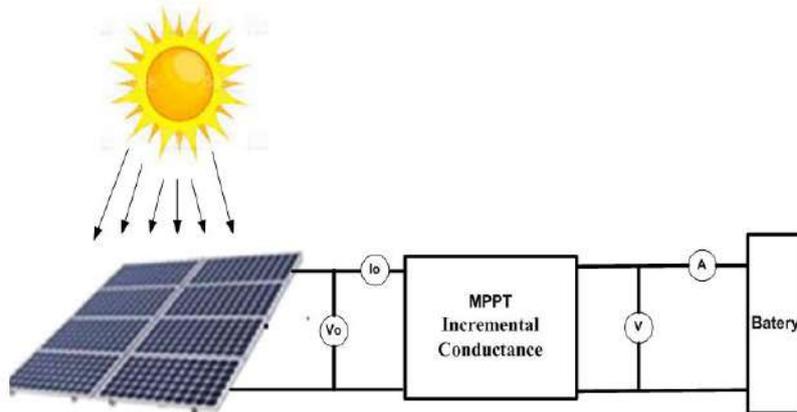
Parameter PV Solartech Renewable STR215	
Daya Maksimum (Watt)	214,963
TeganganMaksimum (Volt)	28,7
ArusMaksimum (Amper)	7,49

Algoritma Incremental Conductance adalah salah satu algoritma yang sering digunakan dalam teknik MPPT untuk mencapai daya maksimum dari PV. Algoritma ini menggunakan informasi dari arus dan gradien (perubahan) arus untuk mengoptimalkan titik daya maksimum, *Flowchart Algoritma Incremental Conductance* seperti diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Algoritma Incremental Conductance

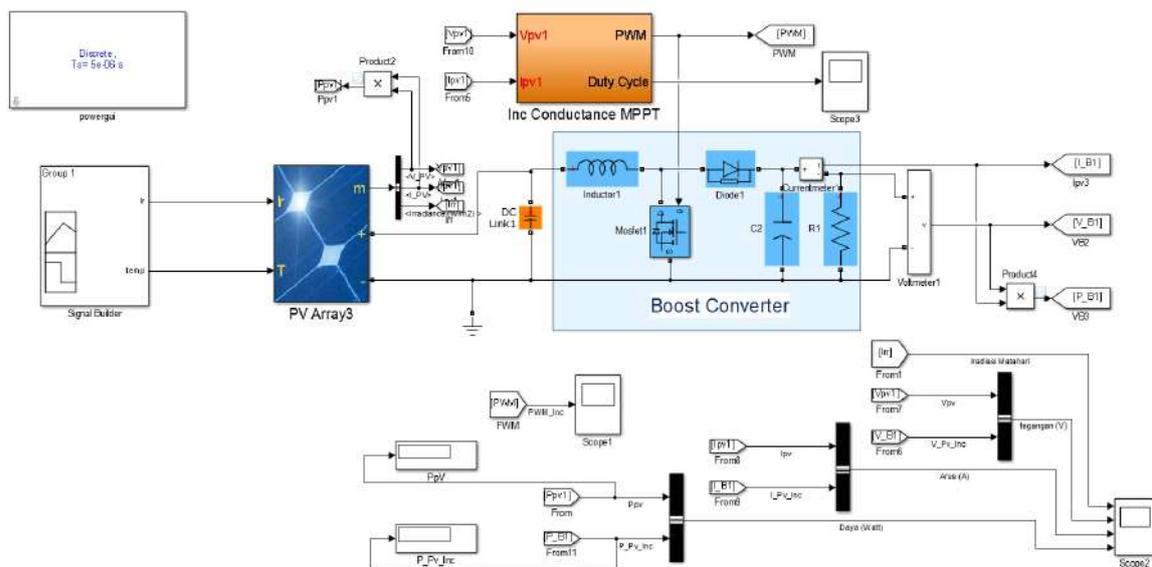
Algoritma *Incremental Conductance* bekerja dengan memantau gradien arus untuk menentukan arah perubahan tegangan. Jika arus saat ini bergerak menuju daya maksimum (arus lebih besar dan gradien positif), tegangan ditingkatkan atau diturunkan untuk mendekati titik daya maksimum.



Gambar 4. Blok Rangkaian Penelitian

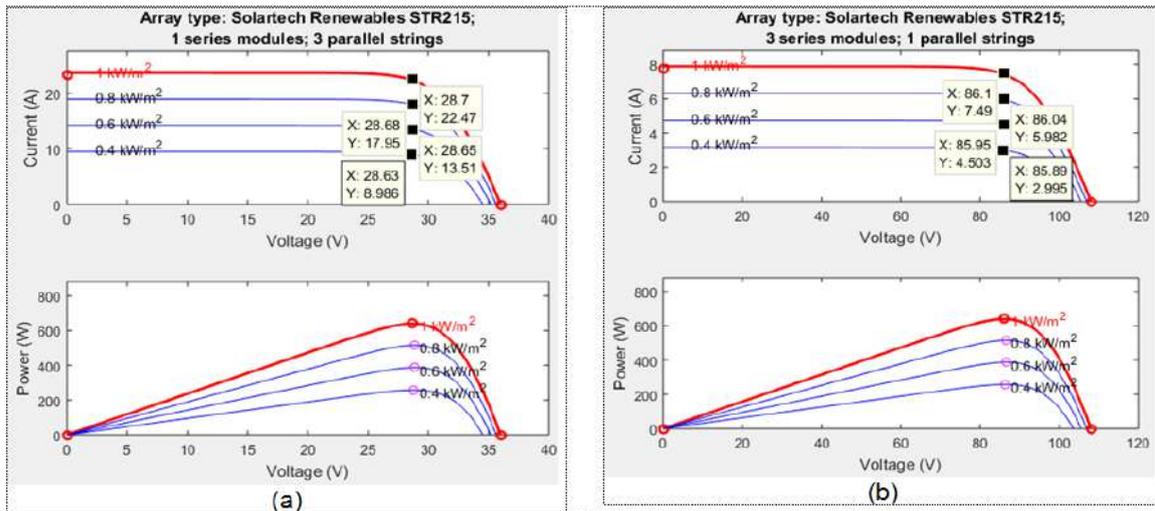
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menyajikan analisis komparatif dengan algoritma *Incremental Conductance* menggunakan MATLAB/Simulink, dievaluasi melalui pemasangan 3 buah PV dipasang paralel dan dipasang seri (lihat gambar 5). Pada penelitian ini diasumsikan iradiasi matahari terus naik mulai dari 400 W/m², 600 W/m², 800 W/m² dan 1000 W/m². dan kemudian turun sebesar 700 W/m² yang berlangsung selama 5 jam dengan suhu sekitar konstan 25°C.



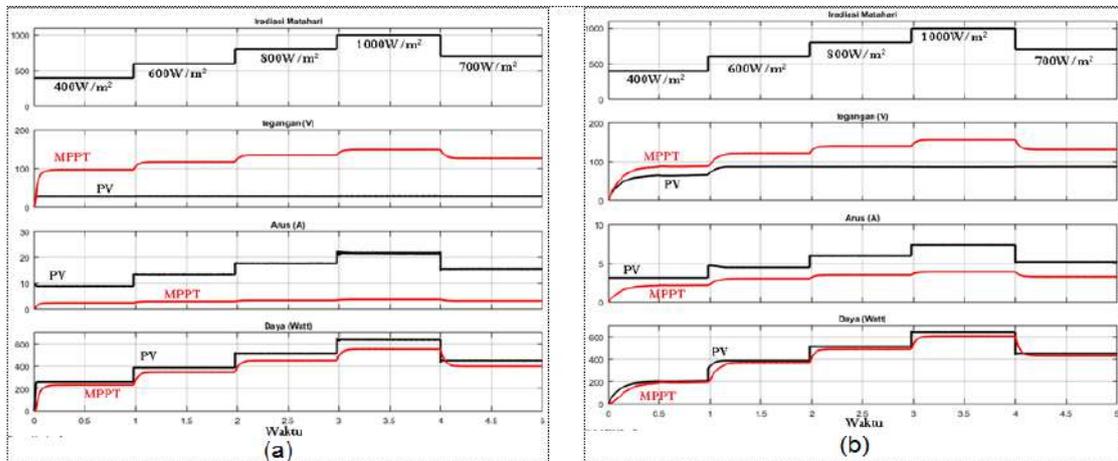
Gambar 5. Rangkaian MPPT *Incremental Conduction* simulasi MATLAB

Parameter dan karakteristik PV untuk radiasi matahari 400 W/m², 600 W/m², 800 W/m² dan 1000 W/m² ditunjukkan pada gambar 6 dibawah, dengan besar tegangan 3 buah PV dipasang seri tiga kali lebih besar dibandingkan tegangan 3 buah PV dipasang paralel sedangkan besar arus 3 buah PV dipasang seri tiga kali lebih kecil dibandingkan 3 buah PV dipasang paralel.



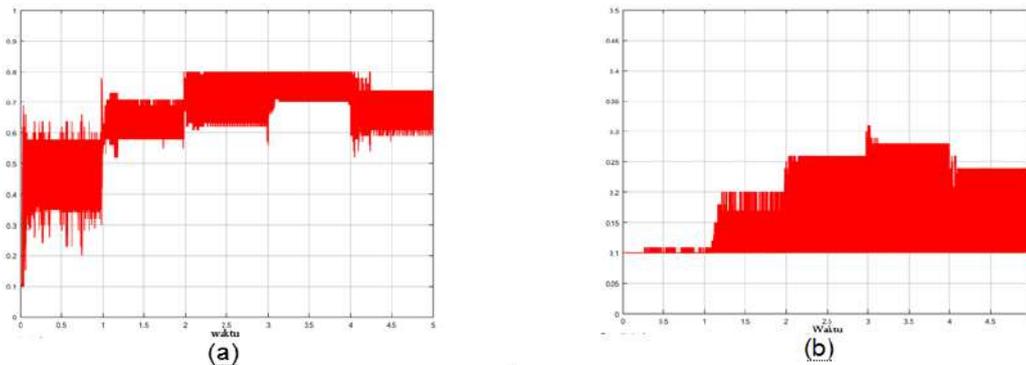
Gambar 6. Parameter dan Karakteristik (a) 3 PV Paralel, (b) 3 PV seri

Dari hasil simulasi MPPT menggunakan algoritma *Incremental Conductance* (IC) masing-masing PV yaitu 3 PV dipasang paralel dan 3 PV dipasang seri ditunjukkan pada gambar 7 dibawah, kemudian besar keluaran daya rata-rata setiap perubahan radiasi matahari ditunjukkan pada gambar 8.



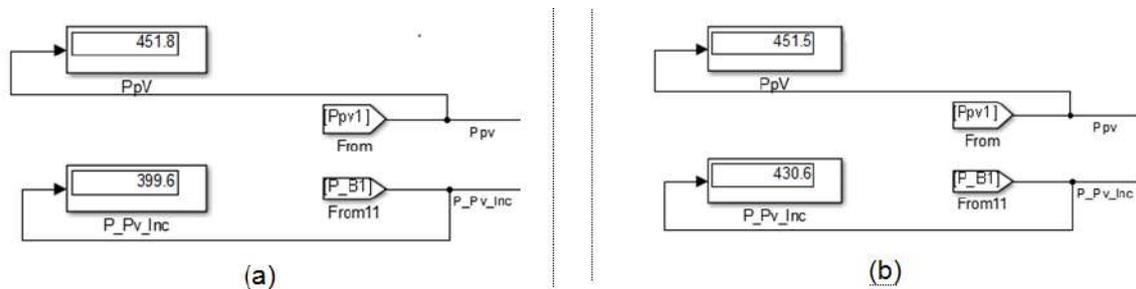
Gambar 7. Hasil Simulasi MPPT (a) 3 PV Paralel, (b) 3 PV Seri

Siklus kerja (*Duty cycle*) dari rangkaian DC-DC converter seperti diperlihatkan gambar 8 dibawah, memberikan perubahan derivatif tegangan sehingga memberikan peran yang sangat penting untuk menentukan kecepatan pelacakan.



Gambar 8. *Duty cycle* (a) 3 PV Paralel, (b) 3 PV Seri

Keluaran daya MPPT dari masing-masing algoritma memiliki kesamaan setiap perubahan radiasi matahari, namun MPPT algoritma IC menggunakan 3 PV yang dipasang parallel mempunyai respon yang lebih cepat dibandingkan algoritma IC menggunakan 3 PV yang dipasang seri. Kemudian MPPT algoritma IC menggunakan 3 PV yang pasang seri mempunya efisiensi yang lebih tinggi yaitu sebesar 95,4% seperti ditunjukkan gambar 9 (b) sedangkan algoritma IC menggunakan 3 PV yang pasang parallel sebesar 88,44% yang ditunjukkan gambar 9(a).



Gambar 9. Daya rata-rata (a) 3 PV Paralel, (b) 3 PV seri

KESIMPULAN

Algoritma MPPT *Incremental Conductance* (IC) mempunyai respon yang lebih cepat dalam melacak titik daya maksimum bila dipasang secara parallel meskipun efisiensi daya rata-rata setiap perubahan radiasi matahari lebih rendah. Namun, variasi arus ketika terjadi perubahan radiasi matahari cenderung konstan selama kondisi suhu sekitar stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Abderrahim, T., Abdelwahed, T., & Radouane, M. (2020). Improved strategy of an MPPT based on the sliding mode control for a PV system. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 10(3), 3074–3085. <https://doi.org/10.11591/ijece.v10i3.pp3074-3085>
- Abo-Sennah, M. A., El-Dabah, M. A., & Mansour, A. E. B. (2021). Maximum power point tracking techniques for photovoltaic systems: A comparative study. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(1), 57–73. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i1.pp57-73>
- Ali, M. H. M., Mohamed, M. M. S., Ahmed, N. M., & Zahran, M. B. A. (2022). Comparison between P&O and SSO techniques based MPPT algorithm for photovoltaic systems. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 12(1), 32–40. <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i1.pp32-40>
- Fathy, A., Atitallah, A. Ben, Yousri, D., Rezk, H., & Al-Dhaifallah, M. (2022). A new implementation of the MPPT based raspberry Pi embedded board for partially shaded photovoltaic system. *Energy Reports*, 8, 5603–5619. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.04.035>
- H. Salman, U., Fleyeh Nawaf, S., & Omar Salih, M. (2022). Studying and analyzing the performance of photovoltaic system by using fuzzy logic controller. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 11(3), 1687–1695. <https://doi.org/10.11591/eei.v11i3.3680>
- Husain, M. A., Tariq, A., Hameed, S., Arif, M. S. Bin, & Jain, A. (2017). Comparative assessment of maximum power point tracking procedures for photovoltaic systems. *Green Energy and Environment*, 2(1), 5–17. <https://doi.org/10.1016/j.gee.2016.11.001>
- Loukil, K., Abbes, H., Abid, H., Abid, M., & Toumi, A. (2020). Design and implementation of reconfigurable MPPT fuzzy controller for photovoltaic systems. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(2), 319–328. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.10.002>
- Matalata, H., Wustha Johar, L., & Eka Yandra, F. (2024). Pelacakan Titik Daya Maksimum Photovoltaic Dc-Dc Boost Converter Dengan Algoritma P&O. *Jurnal Teknologi Dan Vokasi*, 2(1), 105–115. <https://doi.org/10.21063/jtv.2024.2.1.13>
- Ouremchi, M., El Mouzouade, S., El Khadiri, K., Tahiri, A., & Qjidaa, H. (2022). Integrated energy management converter based on maximum power point tracking for photovoltaic solar system. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 12(2), 1211–1222. <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i2.pp1211-1222>
- Saidi, A. S., Salah, C. Ben, Errachdi, A., Azeem, M. F., Bhutto, J. K., Thafasal Ijyas, V. P., & Slimene, M. Ben. (2021). A novel approach in stand-alone photovoltaic system using MPPT controllers

DOI: <https://doi.org/10.34151/jurtek.v17i1.4708>

- & NNE. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(2), 1973–1984. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.01.006>
- Sepannur Bandri, D. (2021). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan Panel Surya. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(2), 106–113.
- Winarno, T., Palupi, L. N., Pracoyo, A., & Ardhenta, L. (2020). MPPT control of PV array based on PSO and adaptive controller. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(2), 1113–1121. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v18i2.14845>

Literature Study on the Development of Neural Networks For Weather Forecasting

Fail Amir¹, Ema Utami², M. Hanafi³

¹²³Universitas AMIKOM Yogyakarta

Email: failamir@students.amikom.ac.id¹, ema.u@amikom.ac.id², hanafi@amikom.ac.id³

ABSTRACT

Weather prediction has always been crucial for individuals to make informed decisions and protect themselves from potential hazards. Achieving accurate weather forecasts has historically been a significant challenge. Modern weather forecasting has evolved to integrate sophisticated computer models, data from atmospheric balloons and satellites, and insights from local observations. These methods have resulted in fairly precise predictions. Most forecasting models depend on complex mathematical formulas, but Artificial Neural Networks (ANN) offer a dynamic alternative, adapting their structure based on incoming data. This research aimed to thoroughly evaluate the effectiveness of ANNs in weather prediction. It explored the advantages of ANNs over traditional models, reviewed a range of methodologies, and documented the latest advancements in the field. The ultimate goal was to consolidate research findings to highlight the strides made in enhancing weather forecasting through ANNs.

Keywords: Artificial Neural Network, Convolutional Neural Network, Weather forecasting.

INTISARI

Prediksi cuaca selalu menjadi hal yang penting bagi individu untuk membuat keputusan yang tepat dan melindungi diri dari potensi bahaya. Mencapai prediksi cuaca yang akurat telah menjadi tantangan signifikan secara historis. Peramalan cuaca modern telah berkembang untuk mengintegrasikan model komputer yang canggih, data dari balon atmosfer dan satelit, serta wawasan dari pengamatan lokal. Metode-metode ini telah menghasilkan prediksi yang cukup tepat. Kebanyakan model peramalan bergantung pada rumus matematika yang kompleks, tetapi Jaringan Saraf Buatan (Artificial Neural Networks - ANN) menawarkan alternatif dinamis, menyesuaikan strukturnya berdasarkan data yang masuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara menyeluruh efektivitas ANN dalam prediksi cuaca. Penelitian ini mengeksplorasi keuntungan ANN dibandingkan model tradisional, meninjau berbagai metodologi, dan mendokumentasikan kemajuan terkini di bidang ini. Tujuan utamanya adalah untuk mengkonsolidasikan temuan penelitian untuk menyoroti kemajuan yang telah dicapai dalam meningkatkan peramalan cuaca melalui ANN.

Kata kunci: . Jaringan Saraf Konvolusional, Jaringan Saraf Tiruan, Ramalan Cuaca.

PENDAHULUAN

Tujuan utama dari studi literatur ini adalah untuk secara komprehensif mengeksplorasi kemajuan, aplikasi, dan dampak Jaringan Saraf Konvolusional (Convolutional Neural Networks - CNN) dalam bidang ramalan cuaca. Dalam dunia yang terus berkembang, kemampuan untuk memprediksi peristiwa masa depan memainkan peran penting dalam berbagai bidang, termasuk signifikansi khusus dalam ramalan cuaca. Negara-negara di seluruh dunia bergantung pada perencanaan strategis dan teknik penelitian modern untuk membuat keputusan yang berbasis pada prediksi harga, suhu, dan pola cuaca (Abhishek, Singh, Ghosh, & Anand, 2012; Al-Jumur, Kareem, & Yousif, 2021). Ramalan cuaca, sebagai disiplin ilmu yang didasarkan pada pengetahuan ilmiah, melibatkan penilaian kondisi iklim saat ini dan penerapan proses ilmiah untuk memprediksi perubahan atmosfer di masa mendatang (Kareem & Okur, 2020; Kareem, 2020). Terutama, ini memerlukan analisis cerdas dari data statistik untuk mengidentifikasi pola dan menetapkan aturan berdasarkan data historis (Maqsood, Khan, Abraham, & Applications, 2004; Baboo & Shereef, 2010; Ismael, Youail, & Kareem, 2014). Kehidupan sehari-hari bergantung pada laporan cuaca untuk membuat keputusan sehari-hari, seperti memilih pakaian yang sesuai. Ramalan cuaca memungkinkan kita untuk menjadwalkan aktivitas, merencanakan dengan tepat, dan beradaptasi dengan kondisi buruk seperti hujan lebat, salju, atau hujan es yang dapat berdampak signifikan pada kegiatan luar ruangan (Ismael, Kareem, & Almkhtar, 2020; Deo & Şahin, 2015). Mengingat dampaknya yang mendalam terhadap masyarakat, ramalan cuaca telah menarik perhatian dari peneliti di berbagai bidang.

Penerapan Jaringan Saraf (NN) menawarkan potensi untuk meramalkan berbagai proses, asalkan data yang cukup tersedia untuk membangun model yang akurat (Mohammed, Kareem, al azzawi, & Sivaram, 2018). NN mampu mengungkap pola dan hubungan yang rumit yang mungkin melewati metode tradisional (Kakar et al., 2018), menjadikannya sangat cocok untuk mengatasi tantangan ramalan cuaca. Banyak studi dan upaya penelitian telah menjelajahi penggunaan jaringan saraf buatan (ANN) dan convolutional neural networks (CNN) untuk meningkatkan akurasi prediksi cuaca. Data cuaca sering menunjukkan pola yang non-linear dan tidak teratur, membuat teknik konvensional kurang efektif. Namun, ANN telah muncul sebagai pendekatan yang kuat untuk meningkatkan keandalan dan ketepatan (Kareem, 2020), berkat perkembangannya yang pesat dalam ranah pembelajaran mesin (Kareem & Okur, 2019; Kareem, Okur, & Yousif, 2020). Yang membedakan ANN dari metode lain adalah kemampuannya untuk menggunakan berbagai algoritma untuk mengurangi kesalahan, menghasilkan data yang sangat mirip dengan realitas (Kareem & Okur, 2020). Dengan memanfaatkan data terbaru, jaringan telah dikembangkan untuk meramalkan tren cuaca di masa depan (Narvekar & Fargose, 2015).

Ramalan cuaca, terutama untuk aplikasi real-time seperti perencanaan iklim harian dan mingguan, sangat bergantung pada kinerja model. Oleh karena itu, keandalan data menjadi faktor kritis dalam proses prediksi ini (Kareem, 2021). Bagian kedua dari makalah ini membahas berbagai tantangan dan pertimbangan yang diperlukan untuk mencapai hasil yang dapat diandalkan. Sisa makalah ini disusun sebagai berikut: bagian pertama memperkenalkan pentingnya umum dari ramalan cuaca, sementara bagian kedua memberikan tinjauan literatur komprehensif tentang aplikasi praktis CNN dan ANN dalam prediksi cuaca. Bagian ketiga menguraikan metodologi yang digunakan, diikuti oleh diskusi hasil dalam bagian empat. Akhirnya, bagian lima menawarkan kesimpulan dari studi ini.

LITERATURE REVIEW

Jaringan Saraf (NN) telah muncul sebagai alat penting yang memiliki dampak besar pada prediksi cuaca. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Luk, Ball, dan Sharma (2001), mereka menjelaskan tantangan besar yang terkait dengan perkiraan curah hujan yang dapat diukur. Tantangan ini berasal dari sifat dinamis curah hujan, yang ditandai dengan variasi temporal dan spasial yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu udara, arah angin, dan tekanan atmosfer. Kompleksitas fenomena atmosfer yang menyebabkan curah hujan, bersama dengan keterbatasan dalam memperoleh data dengan resolusi yang dibutuhkan, membuat model berbasis fisik menjadi kurang praktis. Namun, kemajuan dalam kecerdasan buatan, terutama dalam teknik pengenalan pola, telah menawarkan pendekatan yang lebih efektif. Studi ini mengusulkan penggunaan ANN untuk memprediksi distribusi spasial air dalam suatu daerah tangkapan air dengan mengeksplorasi tiga tipe ANN yang berbeda: Multilayer Feedforward NNs, Partial RNNs (Elman), dan Time-Delay NNs (TDNN) karena kemampuan pemrosesan informasi dan keandalan mereka (Johari, Rahman, & Musirin, 2007).

Pengembangan sistem pintar berbasis jaringan syaraf tiruan untuk peramalan radiasi matahari dijelaskan oleh Johari, Rahman, dan Musirin (2007). Sistem ini memanfaatkan data seperti indeks aerosol untuk memprediksi radiasi matahari pada hari berikutnya dengan menggunakan metode Non-linear Auto-Regressive with exogenous inputs (NARX). Berbagai faktor termasuk suhu, ketinggian, dan arah angin diintegrasikan untuk membuat model prediktif untuk pembangkit listrik fotovoltaik tiga jam sebelumnya, dengan ketepatan yang diukur menggunakan metrik statistik seperti Mean Square Error (MSE)..

Penelitian yang dilakukan oleh Shank dan McClendon (2008), penulis membahas bagaimana Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dapat digunakan untuk memprediksi frekuensi sambaran petir dengan mengintegrasikan data historis sambaran petir dengan informasi meteorologis. ANN digunakan karena kemampuan pengenalan polanya untuk membedakan pola dalam data. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan NN Propagasi Balik 2 lapis, prediksi sambaran petir bisa dilakukan setidaknya empat jam sebelum kejadian. Evaluasi yang ketat meliputi berbagai arsitektur jaringan, fungsi aktivasi, dan algoritma pelatihan, dan berakhir pada pemilihan konfigurasi jaringan yang menunjukkan kinerja dan akurasi prediksi yang luar biasa. Teknik pasca-pemrosesan juga diterapkan untuk meningkatkan kemampuan prediksi.

Elhoseiny, Huang, dan Elgammal (2015) menyajikan studi perbandingan yang berfokus pada algoritma jaringan syaraf tiruan untuk prediksi aliran sungai jangka pendek. Empat algoritma ANN yang berbeda, yaitu Conjugate Gradient (ANN-CG), Backpropagation (ANN-BP), Levenberg – Marquardt (ANN-LM), dan Cascade Correlation (ANN-CC), diterapkan pada data aliran terus menerus dari Sungai North Platte di Amerika Serikat untuk prediksi jangka pendek. Tujuan penelitian

ini adalah untuk menilai dan membandingkan kinerja varian ANN ini dalam konteks prediksi aliran sungai.

Penelitian yang dilakukan oleh Liu et al. (2016) berfokus pada penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk memprediksi suhu titik embun 1 hingga 12 jam sebelumnya dengan memanfaatkan data cuaca historis sebagai input. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model prediksi umum suhu titik embun untuk wilayah Georgia dengan menggunakan ANN tiga lapis dengan propagasi mundur. Selama tiga tahun, data suhu dari 20 lokasi berbeda di Georgia dikumpulkan. Proses penelitian mencakup tugas-tugas seperti mengkompilasi input iklim yang relevan, menetapkan parameter ANN, dan menentukan jumlah data masukan historis yang akan digunakan. Parameter iklim utama yang dipertimbangkan termasuk kelembapan relatif, radiasi matahari, kecepatan angin, tekanan atmosfer, dan tegangan permukaan, yang semua diidentifikasi melalui iterasi pengujian. Suhu titik embun memiliki dampak signifikan dalam berbagai aspek seperti pertanian, pengoperasian mesin, kondisi bangunan, serta kesehatan manusia dan hewan, membuat prediksi yang akurat menjadi penting untuk pengambilan keputusan di bidang pertanian.

Yadav et al. (2018) menyelidiki pemanfaatan Convolutional Neural Networks (CNNs) dalam mengklasifikasikan pola cuaca dari gambar. Penelitian ini membandingkan efektivitas CNN yang dilatih khusus untuk cuaca dengan model yang telah dilatih pada ImageNet dalam klasifikasi pola cuaca, menunjukkan keunggulan CNN dalam tugas ini. Penelitian ini juga melibatkan analisis mendalam terhadap perilaku setiap lapisan dalam CNN, memberikan wawasan yang berguna untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknologi ini.

Penelitian oleh Shi, Li, Gu, dan Zhao (2018) mengeksplorasi potensi pembelajaran mendalam untuk mengidentifikasi pola cuaca ekstrem dari dataset iklim. Arsitektur CNN yang mendalam dikembangkan khusus untuk mendeteksi fenomena seperti siklon tropis, front cuaca, dan sungai atmosfer, merupakan aplikasi pertama dari CNN mendalam dalam pengenalan pola iklim. Pendekatan ini menawarkan solusi untuk beberapa tantangan yang ada dalam deteksi pola dalam ilmu iklim. Dengan menghasilkan model langsung dari data yang ada, pendekatan ini mengurangi ketergantungan pada ambang batas subjektif yang biasanya digunakan untuk mendeteksi peristiwa iklim. Hasil ini diharapkan dapat membantu dalam memahami tren cuaca ekstrem di masa sekarang dan masa depan, terutama dalam konteks perubahan iklim. Pada konteks yang berbeda, Yadav dan Malik (2019) membahas peramalan kecepatan angin jangka pendek, dengan menggunakan berbagai algoritma ANN seperti Regularisasi Bayesian, Gradien Konjugasi Berskala, dan Propagasi Balik Levenberg-Marquardt di Ladang Angin Lelystad. Karena dampak signifikan kecepatan angin terhadap penerapan energi angin skala besar, prediksi yang akurat menjadi sangat penting. Meskipun kurva kecepatan angin harian bersifat sangat fluktuatif dan sulit diprediksi, model ANN berhasil menunjukkan prediksi yang efektif, menjadikannya alat yang sangat berguna untuk perencanaan energi angin.

Penelitian yang dilakukan oleh Avanzato dan Beritelli (2020) mengeksplorasi implementasi pendekatan Neural Network (NN), khususnya melalui penggunaan Convolutional Neural Networks (CNNs), untuk mengatasi kompleksitas dalam memprediksi curah hujan saat ini dengan fokus pada ekstrapolasi gema radar. Mereka memperkenalkan ekstrapolasi gema radar sebagai masalah prediksi urutan spasial-temporal dan memperkenalkan model CNN baru, RDCNN. Model ini menggabungkan RDSN dan PPL dalam struktur siklik melalui lapisan tersembunyi, meningkatkan kapasitasnya dalam memproses gambar radar. Hasil percobaan menunjukkan efektivitas RDCNN dalam ekstrapolasi gema radar, terutama dalam menghadapi kasus-kasus perbatasan yang menantang. Pada konteks yang serupa, Bou-Rabee et al. (2020) mengembangkan model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk memprediksi kecepatan angin hingga satu jam sebelumnya, dengan fokus khusus pada wilayah pegunungan di India. Studi ini memanfaatkan data kecepatan angin yang dirata-ratakan setiap 10 menit dan menggunakan metrik evaluasi seperti Mean Absolute Error (MAE), Mean Error (ME), Mean Square Error (MSE), dan Root Mean Square Error (RMSE) untuk mengukur kinerja model ANN. Penelitian ini berpotensi untuk diterapkan dalam pemantauan tenaga angin secara real-time.

Studi yang dilakukan oleh Weyn, Durran, dan Caruana (2020) mengusulkan sebuah alat pengukur hujan akustik baru yang berbasis Convolutional Neural Networks (CNN). Penelitian ini fokus pada analisis karakteristik numerik dan persepsi akustik yang dihasilkan oleh hujan pada berbagai tingkat intensitas. Dengan menggunakan pengaturan yang melibatkan pengocok plastik dan mikrofon, sistem ini berhasil mencapai tingkat akurasi yang luar biasa sebesar 93%, menunjukkan responsivitas yang tinggi terhadap perubahan intensitas curah hujan. Alat ini menawarkan alternatif yang menarik untuk alat pengukur hujan tradisional dengan kelebihan seperti minimnya kebutuhan perawatan dan kemudahan integrasi dengan sistem jaringan yang ada.

Trebing dan Mehrkanon (2020) memperkenalkan metode hibrida yang inovatif untuk prediksi kapasitas tenaga angin dan pembangkitan listrik, dengan memanfaatkan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan Particle Swarm Optimization (PSO). Pendekatan ini, yang diterapkan pada data dari lokasi pesisir Kuwait, mengungguli model berbasis ANN konvensional dalam akurasi prediksi kecepatan angin, menawarkan wawasan yang berharga untuk optimasi kinerja dan potensi finansial energi angin.

Rahul, Singh, dan Dubey (2020) mengembangkan sistem prediksi cuaca berbasis data internasional yang menggunakan Deep Convolutional Neural Networks (CNN) untuk memprediksi variabel atmosfer secara global. Model ini, yang memperkenalkan inovasi seperti proyeksi kepadatan offline ke sistem bola kubus dan penyempurnaan model CNN, berhasil menghasilkan prediksi cuaca yang andal untuk jangka waktu yang panjang, menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan model tradisional dalam hal ketahanan dan akurasi. CNN berbasis data ini juga menunjukkan kemampuan prediksi yang kuat untuk tren suhu permukaan yang kompleks dan pola musiman.

Studi yang dilakukan oleh Hasan, Ullah, Khan, dan Khurshid (2019) memperkenalkan model baru untuk prediksi kecepatan angin berdasarkan Convolutional Neural Networks (CNNs). Model ini menunjukkan efektivitas yang signifikan dalam menangkap evolusi arah angin secara spatiotemporal, melampaui performa sistem tradisional yang berbasis CNN. Perbedaan utama dari model ini terletak pada pemanfaatan aspek-aspek beragam dari data masukan untuk menangkap interaksi dinamis yang mendasarinya. Kerangka kerja yang inovatif ini dirancang untuk memahami konsep prakiraan angin baru dengan mengintegrasikan informasi cuaca historis yang kompleks. Peneliti melakukan pengujian model menggunakan data cuaca nyata dari kota-kota di Denmark dan Belanda, membandingkan berbagai konfigurasi model CNN dalam dua dan tiga dimensi terhadap model yang mereka kembangkan.

Kumar, Rizwan, dan Nangia (2018) menyoroti pentingnya kondisi lingkungan seperti suhu minimum, laju curah hujan, tekanan udara, suhu tertinggi, dan strain dalam konteks pertanian. Mereka menekankan bahwa teknologi prediksi cuaca yang akurat, khususnya di negara-negara seperti India, dapat meningkatkan produktivitas tanaman, memberikan manfaat signifikan bagi petani dan sektor manufaktur. Penelitian ini mengusulkan penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) sebagai metode yang efektif untuk memproses dan memprediksi pola cuaca nonlinier, dengan tujuan merancang kerangka kerja yang ramah pengguna dan akurat. Fokus utama dari penelitian ini adalah pada pengembangan arsitektur ANN yang efisien, pemilihan dataset yang tepat, dan identifikasi variabel masukan kunci untuk memastikan akurasi prediksi yang tinggi.

METODE

Dalam makalah tinjauan komprehensif ini, kami telah mengevaluasi dengan cermat dua desain sistem Jaringan Neural (NN) yang berbeda untuk penerapannya sebagai model prediksi cuaca dalam konteks konsumsi energi. Setiap model sistem menghadirkan keunggulan unik dan biaya terkait, menawarkan wawasan mengenai kesesuaiannya untuk tugas prakiraan cuaca tertentu.

Model sistem pertama berpusat pada Artificial Neural Networks (ANN), yang memanfaatkan kekuatan berbagai algoritma, termasuk pemanfaatan Long Short-Term Memory (LSTM), sebuah komponen dari keluarga Recurrent Neural Network (RNN) atau penyempurnaan. Jaringan LSTM unggul dalam menangani beragam data deret waktu, menjadikannya cocok untuk tugas-tugas yang melibatkan pemrosesan, klasifikasi, dan perkiraan berdasarkan informasi temporal. Dalam evaluasi kami, kami menerapkan LSTM untuk memperkirakan kecepatan angin harian, dan menunjukkan kinerjanya yang kuat bahkan di tengah fluktuasi cuaca yang tidak terduga. Selain itu, kami mengeksplorasi penerapan NARX, algoritma lain dalam kerangka ANN. Namun, ketika mencoba mencapai prakiraan tepat untuk jangka waktu tiga jam dengan menggunakan kelembapan, suhu, dan kecepatan angin sebagai masukan, hasilnya kurang meyakinkan.

Model sistem kedua yang kami pertimbangkan adalah Convolutional Neural Networks (CNN), yang relevan dalam berbagai aplikasi prediksi cuaca. Ketika diterapkan pada tantangan prediksi kecepatan angin, CNN menunjukkan kemampuan untuk membedakan evolusi spatiotemporal data kecepatan angin dengan mempelajari interaksi input-output dinamis yang mendasari berbagai dimensi data input. Namun, perlu dicatat bahwa penerapan CNN untuk memprediksi grid global variabel atmosfer sederhana memerlukan akses ke kumpulan data yang substansial, sebuah proses yang memakan waktu yang biasanya ditemui dalam aplikasi dunia nyata.

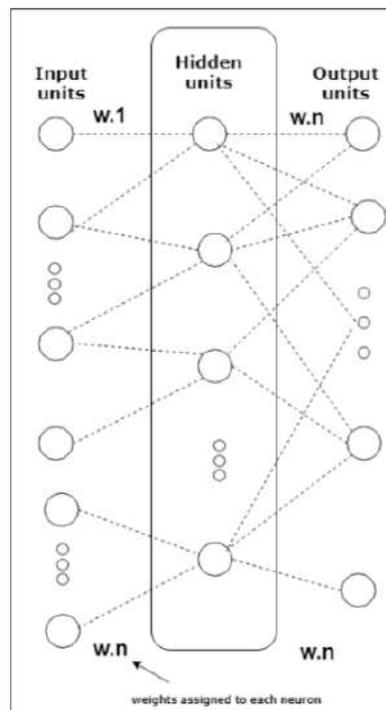
Singkatnya, bagian metodologi ini memberikan gambaran umum pendekatan kami dalam mengevaluasi desain sistem NN untuk prediksi cuaca, menyoroti kekuatan, kelemahan, dan kesesuaiannya untuk tugas peramalan tertentu.

Artificial Neural Network - ANN

Artificial Neural Network (ANN) merupakan model yang dirancang untuk meniru fungsi otak manusia, memungkinkan mesin untuk belajar dari data dan membuat prediksi atau keputusan berdasarkan input yang diterima. ANN memiliki aplikasi yang luas, melintasi berbagai disiplin ilmu seperti matematika, teknik, kesehatan, keuangan, geologi, meteorologi, dan banyak lagi, berkat arsitektur adaptifnya yang terdiri dari node-node yang terhubung dalam lapisan masukan, tersembunyi, dan keluaran (Kumar, Rizwan, & Nangia, 2018; Moradi & Zulkernine, 2004).

Keunggulan ANN terletak pada kemampuannya untuk mengestimasi fungsi yang kompleks tanpa harus mendefinisikan hubungan fisik antara input dan output secara eksplisit, membuatnya sangat berguna dalam situasi dimana mekanisme yang mendasari suatu fenomena tidak sepenuhnya dipahami, seperti dalam prediksi cuaca (Şahin, 2012). Model ANN belajar dari pengalaman, mengumpulkan pengetahuan yang kemudian digunakan untuk membuat pemetaan numerik dari input ke output, memfasilitasi pembuatan prediksi atau proyeksi masa depan (LeCun, Bengio, & Hinton, 1995).

Ketersediaan data yang relevan dan cukup merupakan kunci untuk pelatihan dan pengujian model ANN, memastikan efektivitasnya dalam memprediksi variabel tertentu atau menyelesaikan masalah yang ditargetkan (Morid, Smakhtin, & Bagherzadeh, 2007). Dengan demikian, fleksibilitas dan kemampuan adaptasi ANN menjadikannya alat yang berharga dalam menghadapi tantangan pemodelan yang kompleks di berbagai bidang aplikasi.



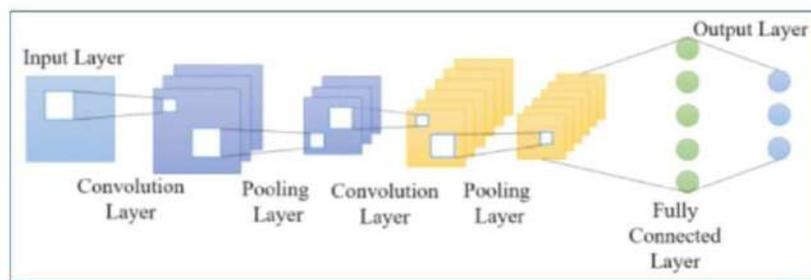
Gambar 1. Arsitektur Umum ANN [8].

Convolution Neural Network - CNN

Convolutional Neural Network (CNN) adalah jenis jaringan saraf yang dirancang khusus untuk pemrosesan data dalam topologi grid [40]. CNN telah mendapatkan daya tarik yang signifikan dalam literatur, khususnya untuk tugas-tugas seperti pengenalan gambar dan berbagai aplikasi visi komputer. Salah satu ciri khas CNN adalah pemanfaatan operasi linier tertentu yang disebut konvolusi, yang memainkan peran penting dalam pemrosesan data. Meskipun gambar biasanya direpresentasikan sebagai grid 2D, tipe data lainnya, seperti data deret waktu seperti data konsumsi energi, dapat direpresentasikan sebagai grid 1D (Amarasinghe, Marino, & Manic, 2017; LeCun, Bengio, & Hinton, 2015). CNN unggul dalam ekstraksi fitur, menangkap pola dan informasi yang

relevan dari data masukan, yang kemudian dimasukkan ke dalam algoritma klasifikasi tradisional. Arsitektur pembelajaran mendalam CNN terdiri dari serangkaian lapisan yang saling berhubungan, yang mencakup operasi dasar seperti konvolusi dan sub-sampling, yang berpuncak pada serangkaian lapisan yang terhubung sepenuhnya yang beroperasi mirip dengan jaringan syaraf tiruan (JST) konvensional. CNN telah muncul sebagai standar de facto untuk mengatasi beragam masalah dalam bidang visi komputer, klasifikasi pola, dan pengenalan gambar. Namun, penting untuk dicatat bahwa melatih jaringan CNN dari awal biasanya memerlukan akses ke kumpulan data yang besar, sebuah proses yang memakan waktu yang sering ditemui dalam aplikasi dunia nyata (Chaabani et al., 2018).

Dalam konteks prakiraan cuaca, CNN telah diterapkan untuk memecahkan masalah klasifikasi cuaca. Beberapa faktor berkontribusi terhadap pilihan penggunaan CNN untuk tujuan ini. CNN memiliki kemampuan untuk menangkap pemetaan nonlinier kompleks antara domain berbeda, seperti ruang fitur dan ruang label. Deep CNN, khususnya, telah menunjukkan kemampuan diskriminatif yang kuat dalam berbagai teknik deskripsi dan klasifikasi gambar. Selain itu, CNN dicirikan oleh kesederhanaan dan kejelasan arsitekturnya, memungkinkan klasifikasi cuaca yang efisien tanpa memerlukan fitur yang direkayasa secara manual. Meskipun sebagian besar penelitian CNN berpusat pada deteksi dan pengenalan objek, prakiraan cuaca menghadirkan tantangan tersendiri. Klasifikasi cuaca lebih sensitif terhadap variabel lingkungan seperti kondisi pencahayaan, kondisi cuaca, dan sinar matahari, dibandingkan dengan detail terkait objek seperti warna dan ukuran (Yadav et al., 2018).



Gambar 2. Kerangka Dasar CNN [37].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan tinjauan literatur komprehensif yang disajikan sebelumnya, kami telah mengumpulkan wawasan dan temuan dari penelitian sebelumnya, lalu merangkumnya dalam Tabel 1 di bawah ini untuk memfasilitasi penilaian yang jelas dan komparatif terhadap model yang dipilih.

Tabel 1. Hasil Aplikasi Prakiraan Cuaca Memanfaatkan Algoritma ANN dan CNN

Method/Model	Objektif	Hasil Signifikan
CNN	Klasifikasi Cuaca melalui Pengenalan Gambar	Hasilnya menunjukkan superioritas yang signifikan dibandingkan dengan teknologi terkini, mencapai akurasi sebesar 82,2% dibandingkan dengan 53,1% (Yadav et al., 2018).
ANN	Prediksi Kecepatan Angin Jangka Pendek untuk Pembangkitan Listrik	Evaluasi model ANN pada 10, 20, 30 menit, dan 1 jam ke depan dari peramalan mengindikasikan bahwa kesalahan prediksi selama 10 menit adalah yang terendah di antara interval waktu yang diuji (Bou-Rabee et al., 2020).
CNN	Estimasi Tingkat Curah Hujan yang Tepat	Model ini menunjukkan kinerja yang baik dalam merespons perubahan tiba-tiba dalam distribusi hujan, memperlihatkan efektivitasnya dalam estimasi tingkat curah hujan (Weyn et al., 2020).

ANN	Potensi Energi Angin Menggunakan Model Hybrid	Model peramalan secara konsisten menunjukkan akurasi yang signifikan yang lebih tinggi dalam memprediksi potensi energi angin di semua lokasi yang dievaluasi (Trebing et al.,2020).
CNN	CNN Multidimensional untuk Prediksi Kecepatan Angin	Model yang diusulkan menunjukkan kemampuan untuk meramalkan kecepatan angin dengan akurasi yang lebih tinggi beberapa langkah waktu ke depan (Hasan et al., 2018).
ANN	Jaringan Saraf Tiruan untuk Prediksi Cuaca	Dengan desain yang ditingkatkan, model ANN ini mencapai prediksi cuaca dengan tingkat kesalahan yang lebih rendah dan akurasi yang lebih baik (Kumar et al., 2018).

KESIMPULAN

Prakiraan cuaca merupakan salah satu tantangan paling rumit dalam penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memprediksi kondisi cuaca di wilayah tertentu. Ini melibatkan prediksi hasil akurat yang memiliki kegunaan praktis di berbagai aplikasi waktu nyata. Kompleksitas yang melekat pada parameter yang terlibat dalam prediksi cuaca, yang masing-masing memiliki rentang nilainya sendiri, menambah tantangan yang ada. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) telah muncul sebagai solusi yang menjanjikan untuk mengatasi kompleksitas ini. ANN mahir dalam mengenali parameter masukan yang rumit dan, melalui pelatihan, menghasilkan pola cerdas yang dimanfaatkan untuk merumuskan perkiraan. Tinjauan ini memberikan penilaian komparatif terhadap akurasi dan kinerja Convolutional Neural Networks (CNN) dan ANN dalam konteks prediksi cuaca. Baik CNN maupun ANN menunjukkan karakteristik dan fitur berbeda yang membedakan keduanya. Oleh karena itu, sangat penting untuk memahami perbedaannya secara komprehensif untuk membuat keputusan yang tepat mengenai penggunaannya dalam proses peramalan. ANN, dengan kapasitasnya untuk mendeteksi secara tidak langsung interaksi nonlinier kompleks antara variabel dependen dan independen, menunjukkan potensi untuk mencapai tingkat akurasi yang sebanding dengan CNN, khususnya dalam tugas klasifikasi data. Khususnya, solusi CNN sering kali menuntut penambahan kumpulan data dan bersaing dengan persyaratan penyimpanan dan perangkat keras, sehingga kurang cocok untuk tantangan klasifikasi data. Eksperimen dengan berbagai bentuk ANN, termasuk algoritma Long Short-Term Memory (LSTM), Multilayer Perceptron (MLP), dan Backpropagation (BP), menunjukkan bahwa ANN secara konsisten mengungguli CNN dalam hal kinerja. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ANN adalah pilihan yang lebih baik untuk tugas prediksi cuaca. Meskipun mempunyai kompleksitas yang melekat, mendapat manfaat yang signifikan dari kemampuan ANN, yang menawarkan cara efektif untuk mengatasi interaksi parameter yang rumit dan menghasilkan prediksi yang akurat. Pemilihan model yang paling sesuai, baik itu ANN atau CNN, harus dilakukan dengan pemahaman yang komprehensif mengenai kekuatan dan keterbatasan masing-masing, dipandu oleh persyaratan khusus dari masalah peramalan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdalwahid, S. M. J., Kareem, S. W., & Yousif, R. Z. (2020). An approach for enhancing data confidentiality in Hadoop. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 20(3), 1547-1555.
- Abhishek, K., Singh, M., Ghosh, S., & Anand, A. (2012). Weather forecasting model using artificial neural network. *Procedia Technology*, 4, 311-318.
- Al-Jumur, S. M. R. K., Kareem, S. W., & Kareem, R. Z. Y. (2021). Predicting temperature of Erbil city applying deep learning and neural network. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 22(2), 944-952.
- Amarasinghe, K., Marino, D. L., & Manic, M. (2017). Deep neural networks for energy load forecasting. In *IEEE*.
- Avanzato, R., & Beritelli, F. J. I. (2020). An innovative acoustic rain gauge based on convolutional neural networks. *p.* 183, November 4.
- Balsamo, G., Salgado, R., Dutra, E., Boussetta, S., Stockdale, T., & Potes, M. (2012). On the contribution of lakes in predicting near-surface temperature in a global weather forecasting model. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 64(1).

- Bou-Rabee, M., Lodi, K. A., Ali, M., Ansari, M. F., Tariq, M., & Sulaiman, S. A. J. I. A. (2020). One-Month-Ahead Wind Speed Forecasting Using Hybrid AI Model for Coastal Locations. *pp.* 198482-198493, August.
- Chaabani, H., Werghe, N., Kamoun, F., Taha, B., & Outay, F. J. (2018). Estimating meteorological visibility range under foggy weather conditions: A deep learning approach. *Procedia Computer Science*, 141, 478-483
- Deo, R. C., & Şahin, M. (2015). Application of the artificial neural network model for prediction of monthly standardized precipitation and evapotranspiration index using hydrometeorological parameters and climate indices in eastern Australia. *Atmospheric Research*, 161-162, 65-81.
- Elhoseiny, M., Huang, S., & Elgammal, A. (2015). Weather classification with deep convolutional neural networks. In *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 3349-3353.
- Floor, L., Batina, L., & Larson, M. (2020). Ensemble Learning with small machine learning algorithms for Network Intrusion Detection. 2020.
- Hasan, M., Ullah, S., Khan, M. J., & Khurshid, K. J. (2019). Comparative analysis of SVM, ANN, and CNN for classifying vegetation species using hyperspectral thermal infrared data. *Journal of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*.
- Ismael, R. S., Youail, R. S., & Kareem, S. W. (2014). Image encryption by using RC4 algorithm. *European Academic Research*, 4(2), 5833-5839.
- Ismael, S. H., Kareem, S. W., & Almkhtar, F. H. (2020). Medical Image Classification Using Different Machine Learning Algorithms. *AL-Rafidain Journal of Computer Sciences and Mathematics*, 14(1), 135-147.
- Johari, D., Rahman, T. K. A., & Musirin, I. (2007). Artificial neural network based technique for lightning prediction. In *5th Student Conference on Research and Development*. IEEE, 1-5.
- Kakar, S. A., Sheikh, N., Naseem, A., Iqbal, S., Rehman, A., Kakar, A. U., ... & Khan, B. (2018). Artificial neural network based weather prediction using Back Propagation Technique. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(8), 462-470.
- Kareem, S. W., & Okur, M. C. (2018). Bayesian Network Structure Learning Using Hybrid Bee Optimization and Greedy Search. *Çukurova University, Adana, Turkey*.
- Kareem, S. W., & Okur, M. C. (2019). Pigeon Inspired Optimization of Bayesian Network Structure Learning and a Comparative Evaluation. *Journal of Cognitive Science*, 20(4), 535-552.
- Kareem, S. W., & Okur, M. C. (2020). Structure Learning of Bayesian Networks Using Elephant Swarm Water Search Algorithm. *International Journal of Swarm Intelligence Research*, 11(2), 19-30.
- Kiş, Ö. (2007). Streamflow forecasting using different artificial neural network algorithms. *Journal of Hydrologic Engineering*, 12(5), 532-539.
- Kumar, A., Rizwan, M., & Nangia, U. (2018). Artificial neural network based model for short term solar radiation forecasting considering aerosol index. In *2nd IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEIES)*, 212-217.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (1995). Convolutional networks for images, speech, and time series. *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*, 3361(10).
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Liu, Y., et al. (2016). Application of deep convolutional neural networks for detecting extreme weather in climate datasets. In *International Conference on Advances in Big Data Analytics*, 81-88.
- Luk, K.C., Ball, J., & Sharma, A. (2001). An application of artificial neural networks for rainfall forecasting. *Mathematical and Computer Modelling*, 33(6-7), 683-693.
- Maqsood, I., Khan, M. R., & Abraham, A. (2004). An ensemble of neural networks for weather forecasting. *Neural Computing & Applications*, 13(2), 112-122.
- Mohammed, A. S., Kareem, S. W., Al azzawi, A. K., & Sivaram, M. (2018). Time Series Prediction Using SRE- NAR and SRE- ADALINE. *Journal of Advanced Research in Dynamical & Control Systems*, 10(12).
- Moradi, M., & Zulkernine, M. (2004). A neural network based system for intrusion detection and classification of attacks. In *IEEE*.
- Morid, S., Smakhtin, V., & Bagherzadeh, K. J. (2007). Drought forecasting using artificial neural networks and time series of drought indices. *Journal of Climate*, 27(15), 2103-2111.
- Narvekar, M., & Fargose, P. (2015). Daily Weather Forecasting using Artificial Neural Network. *International Journal of Computer Applications*, 9-13, December 2015.

- Okur, M. C., & Kareem, S. W. (2020). An Evaluation Algorithms for Classifying Leukocytes Images. In *7th International Engineering Conference Research & Innovation amid Global Pandemic (IEC2021)* Erbil, Iraq, 67-72.
- Rahul, G. K., Singh, S., & Dubey, S. (2020). Weather Forecasting Using Artificial Neural Networks. In *IEEE*.
- Şahin, M. J. (2012). Modelling of air temperature using remote sensing and artificial neural network in Turkey. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 50(7), 973-985.
- Shank, D., & McClendon, R. (2008). Dewpoint temperature prediction using artificial neural networks. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47(6), 1757-1769.
- Shereef, S. S. B., & Shereef, I. K. (2010). An efficient weather forecasting system using artificial neural network. *International Journal of Environment Science & Development*, 1(4), 321.
- Shi, E., Li, Q., Gu, D., & Zhao, Z. (2018). A method of weather radar echo extrapolation based on convolutional neural networks. In *International Conference on Multimedia Modeling*, Springer, 16-28.
- Trebing, K., & Mehrkanoon, S. (2020). Wind speed prediction using multidimensional convolutional neural networks. In *IEEE*.
- Weyn, J. A., Durran, D. R., & Caruana, R. J. (2020). Improving Data-Driven Global Weather Prediction Using Deep Convolutional Neural Networks on a Cubed Sphere. December 9.
- Yadav, A. K., & Malik, H. (2019). Short-term wind speed forecasting for power generation in Hamirpur, Himachal Pradesh, India, using artificial neural networks. In *Applications of Artificial Intelligence Techniques in Engineering: Springer*, 263-271.
- Yadav, A., Sahay, A., Yadav, M. R., Bhandari, S., Yadav, A., & Sahay, K. B. (2018). One hour Ahead Short-Term Electricity Price Forecasting Using ANN Algorithms. In *International Conference and Utility Exhibition on Green Energy for Sustainable Development*. IEEE, 1-4.

Penggunaan *Analytical Hierarchy Process* dan *Analytic Network Process* dalam Menentukan Supplier Bahan Baku

Cyrella Indri Parwati¹, Agus Hindarto Wibowo², Mohamad Safiq Sakh Putra³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Industri, Universitas AKPRIND Indonesia

Email: cindriparwati@akprind.ac.id

ABSTRACT

The convection industry faces tough competition in the convection business. To compete, the company must carefully select raw material suppliers, especially fabric raw materials. The Analytical Hierarchy Process (AHP) method is used for decision evaluation, helping in choosing between several alternatives with various criteria. In addition, the Analytic Network Process (ANP) method is used for situations where the interrelationship between elements in the decision-making hierarchy has an important role. The company's raw material supplier selection criteria include price, quality, delivery, service and location. Three alternative suppliers, namely Kumala Textile, PT Kaha Tex, and PT Ada Tex, were evaluated using AHP, resulting in priority values: Kumala Textile 0.381187, PT Kaha Tex 0.470966, and PT Ada Tex 0.073924. ANP gives different priorities: Kumala Textile 0.315383, PT Kaha Tex 0.565728, and PT Ada Tex 0.118889. Based on the calculation results, PT Kaha Tex is recognized as the most optimal supplier of raw materials with the main recommendation, followed by Kumala Textile as the second recommendation, and PT Ada Tex as the final recommendation. The criteria for selecting fabric raw material suppliers involve price, quality, delivery, service and location, with PT Kaha Tex as the optimal choice based on priority values and the relationship between the criteria obtained.

Keywords: Analytical Hierarchy Process, Analytic Network Process, Supplier.

INTISARI

Industri konveksi menghadapi persaingan ketat dalam bisnis konveksi. Untuk bersaing, perusahaan tersebut harus memilih dengan cermat pemasok bahan baku, khususnya bahan baku kain. Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk evaluasi keputusan, membantu dalam memilih antara beberapa alternatif dengan kriteria yang beragam. Selain itu, Metode *Analytic Network Process* (ANP), digunakan untuk situasi di mana hubungan timbal balik antar elemen dalam hierarki pengambilan keputusan memiliki peran penting. Kriteria pemilihan pemasok bahan baku perusahaan tersebut mencakup harga, kualitas, pengiriman, pelayanan, dan lokasi. Tiga alternatif pemasok, yaitu Kumala Textile, PT Kaha Tex, dan PT Ada Tex, dievaluasi menggunakan AHP, menghasilkan nilai prioritas: Kumala Textile 0,381187, PT Kaha Tex 0,470966, dan PT Ada Tex 0,073924. ANP memberikan prioritas berbeda: Kumala Textile 0,315383, PT Kaha Tex 0,565728, dan PT Ada Tex 0,118889. Berdasarkan hasil perhitungan, PT Kaha Tex diakui sebagai pemasok bahan baku paling optimal dengan rekomendasi utama, diikuti oleh Kumala Textile sebagai rekomendasi kedua, dan PT Ada Tex sebagai rekomendasi terakhir. Kriteria pemilihan pemasok bahan baku kain melibatkan harga, kualitas, pengiriman, pelayanan, dan lokasi, dengan PT Kaha Tex sebagai pilihan optimal berdasarkan nilai prioritas dan hubungan antar kriteria yang diperoleh.

Kata kunci: Analytical Hierarchy Process, Analytic Network Process, Supplier.

PENDAHULUAN

Salah satu industri konvensi yang ada di Jawa Barat saat ini mampu memproduksi hingga 5.000 pcs untuk perminggu dan dapat meningkat tergantung pada permintaan konsumen. Produk yang dihasilkan berupa kaos oblong, kemeja pria dan wanita, gamis anak dan dewasa, celana, baju partai dan sebagainya. Jenis bahan kain yang digunakan ialah PE, *combet*, *cardet*, *lacos*, dan *higeth*. Saat ini perusahaan mendapatkan kesulitan dalam menentukan *supplier* bahan baku kain yang tepat, karena perusahaan menilai *supplier* hanya berdasarkan harga yang ditawarkan sehingga terkadang kualitas bahan baku yang datang kurang baik, mengakibatkan keluhan dari para konsumen sehingga perusahaan membutuhkan *supplier* yang tepat guna menyediakan bahan

baku secara rutin pada perusahaan. Pada konveksi Devitha Jaya memiliki tiga alternatif *supplier*, yaitu PT. Kaha Tex, Kumala Textile, dan PT. Adatex, untuk memilih mana alternatif yang tepat, perusahaan mempunyai kriteria untuk memenuhi bahan baku kain seperti harga, kualitas, pengiriman, pelayanan, dan lokasi. Harga yang dimaksud adalah harga kain perkilo dan tingkat kenaikan harga maupun diskon yang diberikan oleh *supplier*, kualitas disini yaitu kualitas dari kain, untuk kriteria pengiriman yang dimaksudkan adalah tepat waktunya pengiriman dan minimal gratis ongkos kirim, kriteria pelayanan ialah dimana *supplier* mudah dihubungi dan respon kepada konsumen, dan kriteria lokasi adalah jarak *supplier* dengan perusahaan dan kondisi infrasuktur. Perusahaan memiliki kendala dalam memilih alternatif yang paling tepat dari ketiga alternatif tersebut, disebabkan karena kelebihan masing-masing alternatif berbeda beda.

Tujuan yang akan dicapai menghitung bobot dari masing-masing kriteria dan alternatif *supplier* bahan baku kain, serta memilih alternatif *supplier* terbaik dengan menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *Analytic Network Process* (ANP). *Analytic Network Process* (ANP) adalah proses multi-tahap yang menghasilkan produk akhir yang rumit. Sehubungan dengan kriteria kontrol, ANP berfungsi sebagai teori generik pengukuran relatif, yang memungkinkan penurunan rasio prioritas gabungan dari skala rasio terpisah yang mewakili penilaian relatif dari dampak elemen yang berhubungan (Puspitasari, 2016). Sedang AHP dipergunakan guna menetapkan skala rasio dari perbandingan berpasangan diskrit dan kontinu. Permasalahan multifaktor atau multikriteria yang kompleks dikategorikan ke dalam hierarki menggunakan AHP (Ramadhon, 2021)

METODE

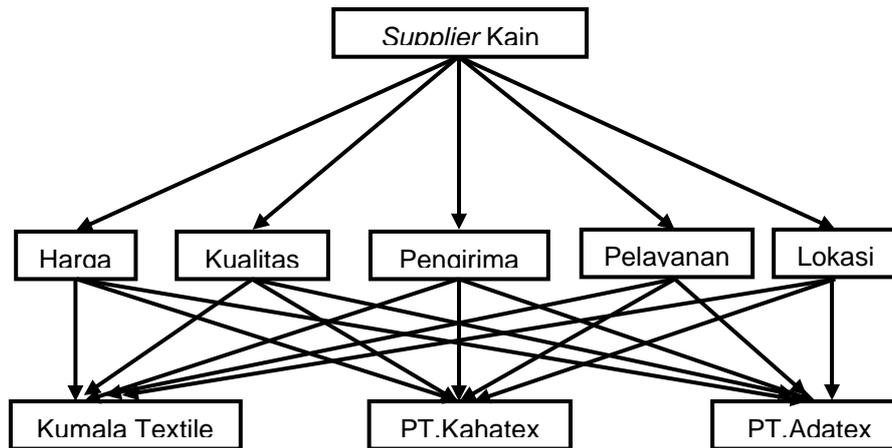
Penelitian awal dilakukan dengan melakukan observasi, teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data primer dilakukan dengan wawancara, kuesioner serta data. Data yang diperoleh dari wawancara langsung pada *supplier* kain dan sudah pengalaman yaitu pemilik perusahaan, yaitu: Kumala Textile, PT. Kaha Tex, dan PT. Ada Tex. Kriteria yang digunakan adalah harga, kualitas, pengiriman, pelayanan, dan lokasi, kriteria harga yang dimaksud adalah harga kain perkilo dan tingkat kenaikan harga maupun diskon yang diberikan oleh *supplier*, kualitas yang dimaksud disini yaitu kualitas dari kain, untuk kriteria pengiriman yang dimaksudkan adalah tepat waktunya pengiriman dan minimal gratis ongkos kirim, kriteria pelayanan ialah dimana *supplier* mudah dihubungi dan respon kepada konsumen, dan kriteria lokasi yang dimaksudkan adalah jarak *supplier* dengan perusahaan dan kondisi infrasuktur. Kemudian dilakukan penyebaran kuesioner pada beberapa orang yang paham dalam bidang *supplier* yaitu pemilik perusahaan, dan karyawan. Kuesioner diisi berdasarkan tabel skala perbandingan berpasangan. Dengan metodologi ini, alternatif-alternatif dapat diberi peringkat dengan tepat dan hasil-hasilnya dapat diprediksi (Ramadhon, 2021)

Langkah penyelesaian berikutnya dengan metode AHP (Oktaviani, 2019) yaitu pertama menyusun hirarki dan menentukan jenis-jenis kriteria yang digunakan; kedua menentukan nilai prioritas elemen dengan cara membuat perbandingan berpasangan, yaitu dengan membandingkan elemen secara berpasangan sesuai kriteria yang ada serta mengisi matriks perbandingan berpasangan menggunakan bilangan (Azhar, 2020). Langkah ketiga melakukan sintesis yaitu pertimbangan terhadap perbandingan pasangan disintesis untuk mendapat keseluruhan prioritas, yang dilakukan pada langkah ini yaitu menjumlahkan nilai dari setiap kolom pada matriks, membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk menormalisasi matriks dan menjumlahkan nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan nilai rata-rata (Adnyah, 2021). Langkah keempat mengukur konsistensi dengan tujuan untuk mengetahui seberapa baik konsistensi yang ada dengan mengkalikan setiap nilai pada kolom pertama dengan prioritas relatif elemen pertama, nilai pada kolom kedua dengan prioritas relatif elemen kedua dan seterusnya, menjumlahkan setiap baris, hasil dari penjumlahan baris dibagi dengan elemen prioritas relatif yang bersangkutan dan menjumlahkan hasil bagi diatas dengan banyaknya elemen yang ada, hasil ini disebut λ_{max} . Langkah berikutnya menghitung consistensi indeks, consistensi ratio dan memeriksa hasil konsistensi. Langkah-langkah metode ANP yaitu menentukan elemen dan *cluster*, membuat hirarki ANP, membuat matriks perbandingan berpasangan, nilai prioritas cluster dan elemen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kriteria yang akan digunakan untuk menilai *supplier* bahan baku kain meliputi harga, kualitas, pengiriman, pelayanan, dan lokasi. Kriteria tersebut digunakan untuk memilih masing-masing *supplier* yaitu Kumala Textile, PT. Kaha Tex, dan PT. Ada Tex. Gambar 1 menunjukkan

Hierarki AHP dalam pemilihan supplier kain berdasarkan kriteria yang ada dalam gambar 1 tersebut (Darmawan, 2018).



Gambar 1. Hierarki AHP

Berdasarkan gambar 1 selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai perbandingan kriteria atau sering disebut sebagai *pairwise comparison* dalam konteks AHP adalah metode yang digunakan untuk menilai pentingnya atau prioritas relatif dari berbagai kriteria yang digunakan dalam pengambilan keputusan. seperti yang ada dalam tabel 1 berdasarkan alternative-alternatif dari beberapa kriteria yang dipentingkan masing-masing supplier.

Tabel 1. Perbandingan kriteria

	Harga	Kualitas	Pengiriman	Pelayanan	Lokasi
Harga	1	2	3	3	5
Kualitas	0,5	1	2	3	5
Pengiriman	0,33	0,5	1	3	3
Pelayanan	0,33	0,33	0,33	1	3
Lokasi	0,2	0,2	0,33	0,33	1

Berdasarkan tabel 1 akan dilakukan perhitungan normalisasi nilai perbandingan kriteria, hitung prioritas dan menentukan nilai *eugen vector* yang digunakan untuk mengubah data menjadi sistem koordinat baru, sehingga dapat membantu menyederhanakan masalah kompleks dan membuatnya lebih mudah dipecahkan. Dengan cara mencari nilai perbandingan dibagi total kolom dengan rumus :

$$\text{Nilai normalisasi} = \frac{\text{nilai perbandingan}}{\text{Total kolom}} \dots\dots\dots(1)$$

Berdasarkan tabel 1 didapatkan perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} 1/2,37 &= 0,4225 \\ 0,5/4,03 &= 0,2113 \\ 0,33/6,67 &= 0,1408 \\ 0,33/10,33 &= 0,1408 \\ 0,2/17 &= 0,0845 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama akan diperoleh seperti dalam tabel 2, seperti halnya untuk mencari prioritas. Dengan rumus (2):

$$\text{Prioritas} = \frac{\text{Total Baris}}{\text{Jumlah kriteria}} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Prioritas} = \frac{1,9528}{5} = 0,3906$$

Sedang menghitung *eugen vector* dengan rumus 3.

$$\begin{aligned} \text{Eugen Vector} &= \text{Prioritas} \times \text{total kolom} \dots\dots\dots(3) \\ &= 0,3906 \times 2,73 \end{aligned}$$

= 0,9243

Sehingga perhitungan lengkapnya dalam tabel 2 .

Tabel 2. Matrix normalisasi kriteria

Normalisasi					Jumlah	Prioritas	Eugen Vector
0,4225	0,4959	0,4500	0,2903	0,2941	1,9528	0,3906	0,9243
0,2113	0,2479	0,3000	0,2903	0,2941	1,3436	0,2687	1,0839
0,1408	0,1240	0,1500	0,2903	0,1765	0,8816	0,1763	1,1755
0,1408	0,0826	0,0500	0,0968	0,1765	0,5467	0,1093	1,1299
0,0845	0,0496	0,0500	0,0323	0,0588	0,2752	0,0550	0,9356
					1		5,2492

Penentuan Indeks Konsistensi (CI), Indeks Rasio Konsistensi (CR), dan Rasio Konsistensi (IR) sangat penting untuk memastikan bahwa perbandingan berpasangan yang dilakukan konsisten. Menentukan CI,IR,dan CR

$$\lambda \max = \Sigma \text{eugen vector} \dots\dots\dots(4)$$

$$CI = (\lambda \max - n)/(n-1) \dots\dots\dots(5)$$

$$CI = \frac{5,2492-5}{5-1}$$

$$CI = 0,0623$$

$$CR = CI/IR \dots\dots\dots(6)$$

$$CR = 0,0623/1,12$$

$$CR = 0,0556$$

Nilai CR diperoleh sebesar 0,0556 sehingga $CR \leq 0,1$ maka hasil perhitungan diterima atau konsisten, ulangi langkah-langkah perhitungan antar kriteria yang ada kemudian tentukan prioritas alternatif dan tentukan alternatif yang optimal dan hasilnya ditampilkan dalam tabel 3.

Tabel 3. Nilai prioritas alternatif dan prioritas kriteria

	Harga	Kualitas	Pengiriman	Pelayanan	Lokasi
KumalateX	0,6806	0,1822	0,1226	0,2605	0,2828
Kaha Tex	0,2014	0,7028	0,5571	0,6333	0,6434
Ada Tex	0,1179	0,1149	0,3202	0,1062	0,0738

Sehingga dapat dilakukan perhitungan total prioritas alternatif dengan cara = $(0,6806 \times 0,3906) + (0,1822 \times 0,2687) + (0,1226 \times 0,1763) + (0,2605 \times 0,1093) + (0,2828 \times 0,055035) = 0,3805$

Dengan cara yang sama akan diperoleh urutan supplier yang dibutuhkan seperti tabel 4.

Tabel 4. Perangkingan alternatif

Perangkingan	
KumalateX	0,3805 2
Kaha Tex	0,4704 1
Ada Tex	0,1491 3

Bila dilakukan perhitungan menggunakan metode ANP langkah yang dilakukan adalah menghitung nilai perbandingan berdasarkan kriteria ANP (Faturrahman, 2020). Seperti dalam tabel 5 dibawah ini

Tabel 5. Perbandingan kriteria ANP

	Harga	Kualitas	Pengiriman	Pelayanan	Lokasi
Harga	1	2	3	3	5
Kualitas	0,5	1	2	3	5
Pengiriman	0,33	0,5	1	3	3
Pelayanan	0,33	0,33	0,33	1	3
Lokasi	0,2	0,2	0,33	0,33	1

Berdasarkan tabel 5 akan dilakukan pembuatan matrix kuadran digunakan untuk mengelompokkan data atau kriteria ke dalam kategori berdasarkan dua dimensi utama. Matriks kuadran sering digunakan dalam analisis bisnis, manajemen proyek, dan pengambilan keputusan untuk memvisualisasikan dan mengevaluasi berbagai opsi atau faktor dengan cara membandingkan antar kriteria. Perhitungan yang dihasilkan seperti dalam tabel 6.

Tabel 6. Matrix kuadrat

	Harga	Kualitas	Pengiriman	Pelayanan	Lokasi
Harga	5	7,5	12,6667	22,6667	38
Kualitas	3,6667	5	8,1667	15,1667	27,5
Pengiriman	2,5	3,2667	5	9,5	19,1667
Pelayanan	1,5444	2,1000	3,3333	5	10,3333
Lokasi	0,7222	1,0778	1,7778	2,8667	5

Berdasarkan ordo 5x5 maka akan dilakukan normalisasi dari jumlah yang diperoleh dengan cara menjumlahkan antar kriteria dalam kolom yang sama barisnya. Bila Kolom pertama dalam kriteria harga jumlah = 5 + 7,5 + 12,6667 + 22,6667 + 38 = 85,8333 kemudian dengan cara yang sama bisa dicari untuk masing-masing kriteria dan dijumlahkan sesuai persamaan 7.

$$\text{Normalized} = \frac{\text{Nilai total}}{\text{Jumlah}} \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{Normalized} = 85,8333/218,539 = 0,3928$$

Hasil secara keseluruhan untuk normalized seperti dalam tabel 7.

Tabel 7. Jumlah dan normalized

	Jumlah	Normalized
	85,8333	0,3928
	59,5000	0,2723
	39,4500	0,1805
	22,3111	0,1021
	11,4444	0,0524
	218,539	Total

Langkah berikutnya mengkuadratkan tabel matrix yang sudah di kuadratkan. Hasil yang diperoleh seperti dalam tabel 8 dengan cara melakukan perkalian ordo 5x5

Tabel 8. Matrix kuadrat tahap 2

	Harga	Kualitas	Pengiriman	Pelayanan	Lokasi
Harga	146,8296	204,933	331,028	569,683	1063,25
Kualitas	100,5046	140,667	227,556	391,194	727,583
Pengiriman	65,6593	92,1491	149,296	256,533	475,3
Pelayanan	38,9963	54,6093	88,4167	153,146	283,661
Lokasi	20,0756	28,0219	45,2833	78,2722	145,78

Menghitung jumlah dan normalisasikan matrix tahap 2 dengan cara yang sama dengan yang telah dilakukan sebelumnya seperti hasil dalam tabel 9. Menjumlahkan dalam satu baris untuk kriteria yang sama sehingga diperoleh = 146,8296+204,933+331,028+569,683+1063,25 = 2315,72 sesuai dengan persamaan 7.

$$\text{Normalized} = \frac{\text{Nilai total}}{\text{Jumlah}} = \frac{2315,72}{5878,43} = 0,3939$$

Tabel 9. Jumlah dan normalized matrix tahap 2

	Jumlah	Normalized
	2315,72	0,3939
	1587,5	0,2701
	1038,94	0,1767
	618,83	0,1053
	317,433	0,0540

5878,43	Total
---------	-------

$$\text{Jumlah} = 146,8296 + 204,933 + 331,028 + 569,683 + 1063,25 = 2315,72$$

$$\text{Normalized} = \frac{\text{Nilai total}}{\text{Jumlah}}$$

$$\text{Normalized} = 2315,72 / 5878,43 = 0,3939$$

Tabel 10. Selisih normalized

Selisih
-0,0012
0,0022
0,0038
-0,0032
-0,0016

Menghitung selisih dengan cara :

Selisih = normalized tabel pertama – normalized tabel tahap 2

$$\text{Selisih} = 0,3928 - 0,3939 = -0,0012 .$$

Diperoleh hasil selisih sebesar $-0,0012 \leq 0,05$ maka data dikatakan sudah optimal, jika data belum optimal atau belum mencapai limit maka di lakukan perhitungan secara berulang sehingga data menyentuh limit seperti dalam tabel 10. Dengan cara yang sama mengulangi perhitungan sama pada kriteria yang ada sehingga diperoleh alternative sesuai dengan tabel 11.

Tabel 11. Nilai prioritas

Alternatif	Prioritas	Rangking
Kumalatex	0,3579	2
Kaha Tex	0,5313	1
Ada Tex	0,1107	3

$$\begin{aligned} \text{Prioritas} &= (0,6833 * 0,3761) + (0,1287 * 0,1653) + (0,1194 * 0,2609) + (0,1782 * 0,0687) + (0,2172 * 0,1290) \\ &= 0,3579 \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Nilai bobot alternatif pada dua metode, pada metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) Kumala Textile mendapat nilai sebesar 0,381187, PT. Kaha Tex 0,470966 dan PT. Ada Tex 0,147847. Sedangkan pada metode *Analytic Network Process* (ANP) Kumala Textile mendapat nilai sebesar 0,315383, PT. Kaha Tex 0,565728 dan PT. Ada Tex 0,118889. Berdasarkan nilai bobot dari kedua metode dan hubungan antar kriteria yang diperoleh, pemasok bahan baku kain yang paling tepat yaitu PT. Kaha Tex sebagai alternatif pertama, Kumala Textile sebagai alternatif kedua dan PT. Ada Tex sebagai alternatif ketiga.

DAFTAR PUSTAKA

- Adniyah, N. (2021). Analisis Pemilihan Supplier Bahan Baku Kain Kasur Dengan Menggunakan Metode Decision Making Trial and Evaluation Labotary (DEMATEL) dan Analytic Network Process (ANP) (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Gresik).
- Azhar, Z. (2020). Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process dalam Pemilihan Bibit Jagung Unggul. *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, 6(2), 145-154.
- Darmawan, Dwi Putra. (2018). *Analytic Network Process*. Yogyakarta: Expert.
- Faturrahman, M. A., & Yustanti, W. (2020). Analisis Pemilihan Aplikasi Opensource ERP terhadap UKM Menggunakan Metode Kombinasi ANP dan PROMETHEE. *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, 1(03), 122-127.
- Giannakis, M., Dubey, R., Vlachos, I., & Ju, Y. (2020). Supplier sustainability performance evaluation using the analytic network process. *Journal of cleaner production*, 247, 119439.
- Li, M., Wang, H., Wang, D., Shao, Z., & He, S. (2020). Risk assessment of gas explosion in coal mines based on fuzzy AHP and bayesian network. *Process Safety and Environmental Protection*, 135, 207-218.

- Oktaviani, A., Wijayanto, D., & Prima, F. (2019). Penentuan Supplier Terbaik Menggunakan Metode Analytic Network Process (ANP). *Jurnal Teknik Industri*, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, 51–57
- Puspitasari, N. B., & Yancadianti, K. H. (2016). Analisa Pemilihan Supplier Ramah Lingkungan Dengan Metode Analytical Network Process (ANP) Pada PT Kimia Farma Plant Semarang. *Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 1-8.
- Ramadhon, R. B., Wisnubroto, P., & Simanjuntak, R. A. (2021). Analisis Pemilihan Supplier Bahan Baku Menggunakan Metode Ahp (Analytical Hierarchy Process) Dan Topsis (Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution) Pada Rockmantic Store Konveksi. *Jurnal Rekavasi*, 9(1), 54-64.
- Saaty, T. L., & Ozdemir, M. S. (2021). *The Encyclicon-Volume 1: A dictionary of decisions with dependence and feedback based on the analytic network process*. RWS Publications.

Pemanfaatan Mikrotik RB942-2ND Menggunakan Metode *Firewall Filtering* Untuk Keamanan Jaringan Dengan Model Forensik

Rahmat Sulaiman¹, Agustina Mardeka Raya², Laurentinus³, Padli⁴
¹²³⁴ISB Atma Luhur

Email: rahmatsulaiman@atmaluhur.ac.id¹, agustinamardekaraya@atmaluhur.ac.id²,
laurentinus@atmaluhur.ac.id³, 1911500057@mahasiswa.ac.id⁴

ABSTRACT

Nowadays as demand for fast and effective services increases, global technological and telecommunications developments also increase. Every village office, one of which is Belo Laut, must have an internet network to serve the community in accessing community data, therefore the development of technology and telecommunications is also very important for the government. To create a safe and effective internet network, this network security system uses mikrotik with the firewall filtering method. The research problem is how to design and build network security in the Belo Laut village office area using mikrotik to prevent the negative impacts of the internet, such as sites with adult content. Layer 7 protocol configuration and filter rules are included in blocking. Based on the keywords that have been determined, the test results show that Mikrotik has succeeded in blocking sites or websites that contain adult content.

Keywords: firewall filtering, firewall filtering method, forensic, microtic, network security.

INTISARI

Seiring dengan meningkatnya permintaan akan layanan yang cepat dan efektif, perkembangan teknologi dan telekomunikasi global juga meningkat. Setiap kantor desa salah satunya Belo Laut harus memiliki jaringan internet untuk melayani masyarakat dalam mengakses data masyarakat, oleh karena itu perkembangan teknologi dan telekomunikasi juga sangat penting bagi pemerintah. Untuk menciptakan jaringan internet yang aman dan efektif, sistem keamanan jaringan ini menggunakan mikrotik dengan metode firewall filtering. Masalah penelitian adalah bagaimana merancang dan membangun keamanan jaringan di area kantor desa Belo Laut menggunakan mikrotik untuk mencegah dampak negatif dari internet, seperti situs yang berbau konten dewasa. konfigurasi layer 7 protokol dan *filter rules* termasuk dalam pemblokiran. berdasarkan kata kunci yang telah ditentukan, hasil pengujian menunjukkan bahwa mikrotik berhasil memblokir situs atau website yang berbau konten dewasa

Kata kunci: firewall filtering, forensik, keamanan jaringan, metode firewall filtering, microtic.

PENDAHULUAN

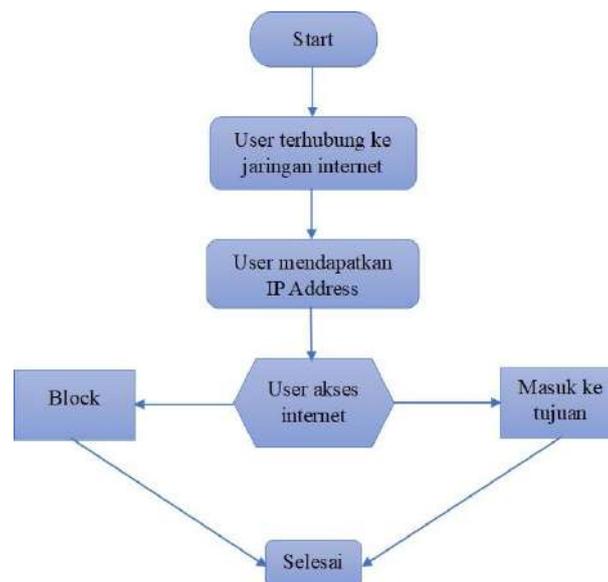
Teknologi saat ini telah mencakup seluruh aspek kehidupan dan juga telah berkembang ke seluruh dunia. Karena itu faktanya bahwa Internet adalah satu-satunya komputer jaringan terbuka di dunia, tidak ada jaminan keamanan untuk jaringan yang terhubung ke internet. Hal ini mengindikasikan bahwa jaringan yang terkoneksi internet kemungkinan besar akan mudah diakses oleh individu yang belum diundang dari luar jika operator jaringan kurang hati-hati dalam mengelola sistem. Peretas dapat dengan mudah memasuki jaringan dan menyebabkan gangguan dengan memanfaatkan celah dan *port* yang terbuka. Konsekuensinya, diperlukan *firewall* atau sistem keamanan jaringan untuk mengatasi hal tersebut (A. Robbahul Barra et al., 2022).

Dengan jaringan internet dimungkinkan untuk menghubungkan orang-orang melintasi jarak ratusan atau bahkan jutaan kilometer menggunakan jaringan internet. Kedua jaringan tersebut saling terkait dan saling terkoneksi antara jaringan internet dan jaringan komputer yang memungkinkan orang dapat berkomunikasi dan melintasi data dari jarak yang sangat jauh. Hasilnya pengiriman data dari satu komputer ke komputer lainnya dapat dipercepat dengan adanya jaringan internet. Faktanya, kedua jaringan ini sekarang menjadi blok bangunan dasar pekerjaan, Tidak sedikit perusahaan yang mengandalkan kedua perusahaan ini untuk siklus, barang, dan segala sesuatu yang berhubungan dengan bisnis yang dikerjakan. Alhasil, berbagai pihak memantau dan mengikuti perkembangan setiap perkembangan jaringan internet dan computer (Mhd. Ilham et al., 2022). *Router mikrotik* adalah alat atau perangkat yang dapat menghubungkan organisasi dengan organisasi yang berbeda. Sekilas *router* dan *bridge* mirip *Bridge* tidak memiliki kecerdasan router. Sakelar berfungsi menggunakan tabel kemudi yang disimpan dalam memori untuk menentukan

pilihan dimana dan bagaimana paket dikirim. Paket data yang berjalan pada rute terbaik dapat dipilih oleh *router* (Mhd. Ilham et al., 2022). Sehingga saat ini sangat diperlukan pemanfaatan mikrotik yang bertujuan untuk mempermudah staf dan pegawai akan lebih mudah dan lebih aman dalam mengakses data-data dan informasi saat sedang berkerja, dan mengetahui kerentangan keamanan informasi akibat serangan DoS dan DDoS pada kantor desa Belo Laut.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2023 hingga April 2024 awal, penelitian ini mengkaji perilaku staff dan karyawan serta memberikan solusi terhadap permasalahan yang ada di ruang lingkup kantor desa. Penelitian ini menerapkan metode *firewall filtering* yang mana merupakan jenis *firewall* yang paling mendasar yang tugasnya memeriksa paket hanya dari perspektif luar, misalnya, lokasi IP sumber dan tujuan, konvensi, dan nomor port. *Firewall* semacam ini tidak akan membuka item dalam parsel dengan benar-benar melihat keamanan paket. Dengan cara ini, jika dari pemeriksaan luar paket tersebut dianggap berisiko, paket tersebut akan secara alami diberhentikan, *firewall filtering* juga digunakan untuk menyaring atau membatasi akses atau *searching* dari karyawan desa Belo Laut bangka Barat. Berikut merupakan bagan alir yang direncanakan untuk pengembangan sistem yang akan dibangun:



Gambar 1 Metode *firewall filtering*

Pada gambar1 kegiatan dimulai dengan menginisiasi jaringan komputer dengan jaringan internet, kemudian pc atau computer user didata untuk mendapatkan IP Addressnya, setelah itu akan diberikan akses internet untuk lanjut ke tujuan atau tujuan yang diinginkan di *block* karena tidak sesuai dengan kondisi yang ditetapkan pada penggunaan internet dalam jaringan komputer yang digunakan.

Selain menerapkan metode *firewall filtering* penelitian ini juga memanfaatkan metode forensik. Forensik adalah studi tentang fakta dan kemampuan untuk mengumpulkan data dari lingkungan sekitarnya. Jaringan forensik adalah cabang forensik digital di mana bukti diperoleh dari jaringan dan ditafsirkan menggunakan pengetahuan jaringan yang beragam. Fungsi model forensik di sini yaitu adalah untuk menjelaskan secara menyeluruh mengenai tahap-tahap dan proses yang dilakukan penulis dalam penelitian, model forensik juga di gunakan untuk melihat apakah ada serangan yang terjadi terhadap sistem yang sudah dibuat melalui aplikasi *winbox*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

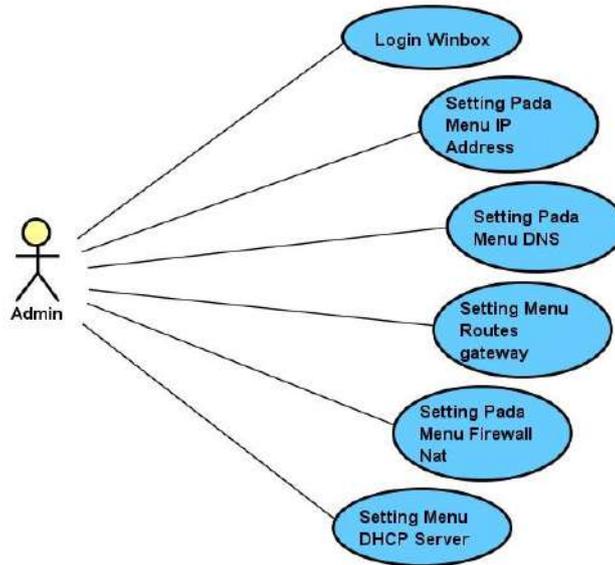
Kantor desa Belo Laut adalah kantor desa yang bergerak di bidang *government* / pemerintah. kantor desa Belo Laut saat ini bertugas mengatur dan mengurus perkembangan desa, juga melayani masyarakat dan kemajuan desa. Kantor desa Belo Laut menggunakan internet tipe ISP *Icon+*, Masalah yang di hadapi adalah salah satu laptop/PC karyawan desa Belo Laut sering terkena virus ketika sedang membuka situs-situs illegal, hal ini terjadi karena belum adanya

perlindungan pada jaringan internet di kantor Belo Laut seperti penerapan konfigurasi *firewall* lainnya, karena belum adanya perlindungan pada jaringan kantor desa Belo Laut membuat kepala desa atau karyawan khawatir akan serangan-serangan yang bisa membahayakan jaringan dan data yang ada di kantor desa Belo Laut.

Use Case Diagram Sistem

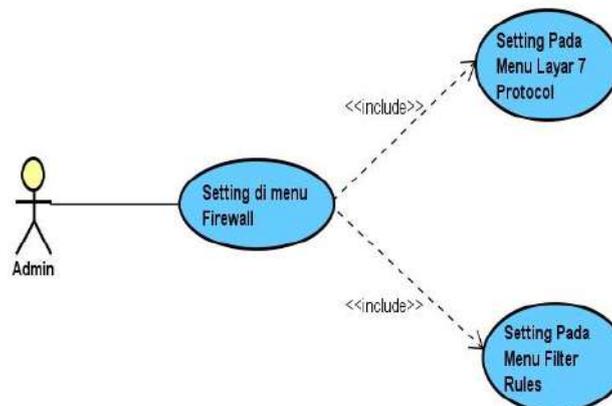
Use Case diagram di bawah menjelaskan gambaran interaksi dan fungsional antara Admin dan *Winbox*, penulis juga membuat Deskripsi yang bertujuan untuk menjelaskan setiap fungsi dari komponen *use case* tersebut.

Dibawah ini merupakan hasil Analisa terhadap pengembangan sistem yang akan digunakan, Dimana admin memiliki kapasitas dalam melakukan hal-hal sesuai dengan usecase yang ada dibawah ini:



Gambar 2 Use case diagram sistem usulan admin konfigurasi *ethernet*

Pada gambar 2 menggambarkan *usecase* diagram *admin system* yang akan dibangun, dengan *form* dan apa saja yang dapat dilakukan oleh admin dijelaskan pada setiap *suicase* yang sudah dirancang. Berikut adalah alur untuk admin menjalankan pengembangan sistem yang sudah dirancang sebelumnya:

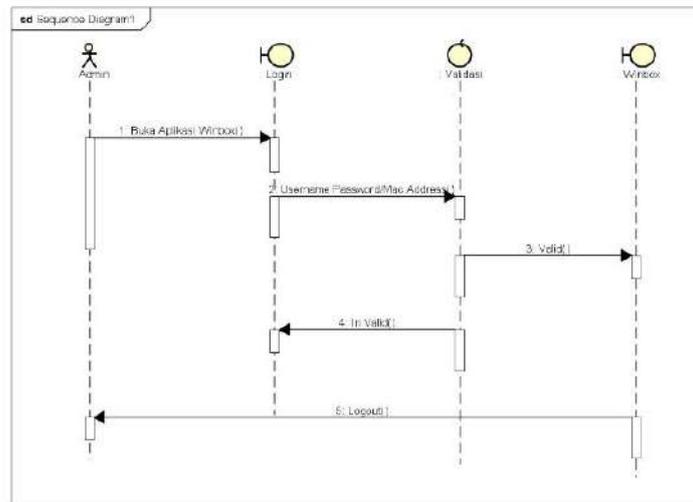


Gambar 3 Use case diagram sistem usulan admin *block* situs

Pada gambar 3 merupakan desain terhadap proses sistem usulan admin dalam menerapkan proses kerja pada pemanfaatan *firewall* filtering dengan menerapkan kondisi-kondisi yang sudah dianalisis sebelumnya.

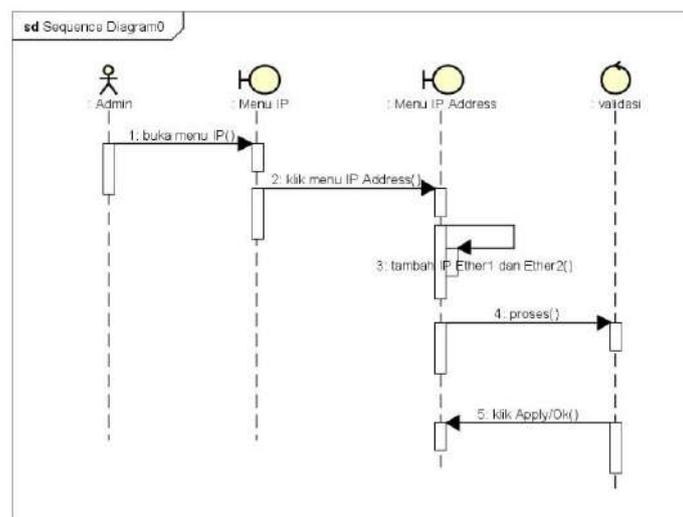
Sequence Diagram Sistem Usulan

Di bawah ini merupakan *sequence* diagram sistem usulan admin dalam melakukan login aplikasi *Winbox*, koneksi *Mikrotik* ke jaringan *Ethernet*, dan admin block situs menggunakan *Firewall*.



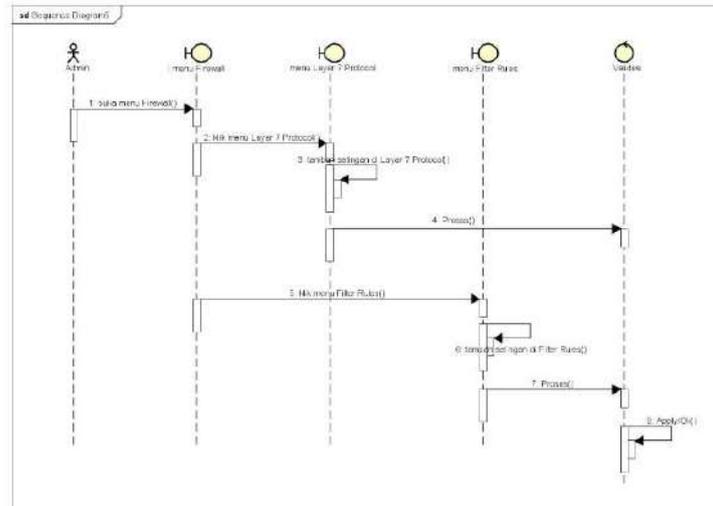
Gambar 4 Sequence diagram sistem usulan login *Winbox*

Dari gambar 4 *Sequence Diagram* Sistem Usulan Login *Winbox* di atas menjelaskan proses atau langkah-langkah Admin dalam melakukan login ke *winbox*, pertama yang dilakukan admin adalah membuka aplikasi *winbox*, kemudian admin masuk menggunakan Username/Password jika sudah di setting, jika belum admin bisa masuk melalui *Mac.Address* yang tampil di menu *neighbors*,



Gambar 5 Sequence diagram admin setting IP Address

Pada gambar 5 *sequence diagram* sistem usulan *setting IP Address* di atas menjelaskan proses atau langkah admin dalam *setting IP Address*, pertama yang dilakukan admin adalah buka menu IP, kemudian admin klik menu IP Address pada *Winbox*, lalu klik tanda tambah untuk menambahkan IP *Ether1* 192.168.1.5/24 dan *Ether2* 192.168.50.1/24 setelah selesai klik *Apply* lalu *Ok*

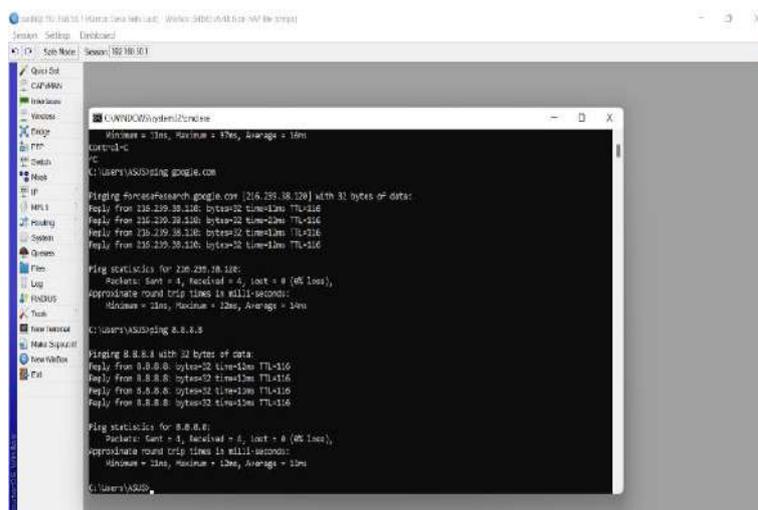


Gambar 6 Sequence admin *block* situs melalui *firewall*

Pada gambar 6 Sequence sistem usulan admin *block* situs melalui *firewall* di atas menjelaskan tahap-tahap admin dalam melakukan pemblokiran yaitu yang pertama admin buka menu *firewall*, setelah itu klik menu *Layar 7 Protocol* kemudian tambah setingan di *Layar 7 protocol* mengenai situs apa yang ingin di *block* kemudian klik *Apply/OK*, kemudian klik menu *Filter Rules*, tambah setingan pada *Filter Rules* setelah selesai klik *Apply/OK*.

Uji Coba Pada Command Prompt

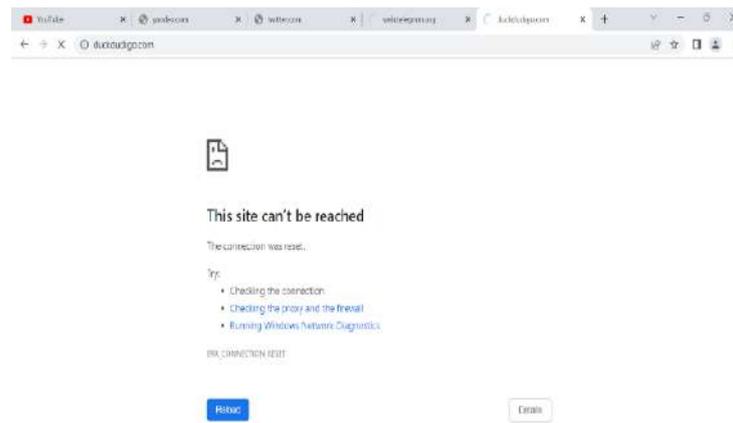
Pada gambar 7 dibawah merupakan proses admin melakukan test uji coba melalui menu *command prompt* untuk memeriksa apakah laptop admin sudah terhubung ke jaringan internet atau belum, jika *ether 2* pada laptop sudah terkoneksi ke jaringan maka hasil test menampilkan *Reply From* seperti di atas, tetapi jika salah sistem *command prompt* akan *invalid* dan harus di perbaiki



Gambar 7 Uji Coba Pada *Command Prompt*

Uji Coba block Situs

Selanjutnya pada gambar 8 dilakukan uji coba memblokir sebuah situs yang berbau dewasa, konten negatif juga pornografi secara langsung di kantor desa Belo Laut, pemblokiran menggunakan aplikasi *Winbox* dengan metode *Firewall Filtering*, konfigurasi pada menu *Layar 7 Protocol*, *Filter Rules* dan menggunakan satu jaringan ya sama, situs yang di *block* di antaranya *Yandex.com*, *twitter.com*, *web.telegram.org*, *duckduckgo.com* Setelah merasa berhasil melakukan pemblokiran bisa di lihat atau di cek di Google Chrome apakah situs berhasil di *block* atau tidak



Gambar 8 Uji Coba *block* Situs

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan metode *firewall filtering* untuk keamanan jaringan pada kantor Desa Belo Laut Bangka Barat, yaitu adanya keamanan jaringan menggunakan Mikrotik dengan metode *Firewall Filtering*, untuk memudahkan admin dikantor desa Belo Laut dalam mengamankan jaringan mikrotik dari serangan luar yang tidak bertanggung jawab. Setelah dibuatkan sistem keamanan yang sesuai, Sistem keamanan jaringan yang dibuat menggunakan Mikrotik RB941-2ND metode *Firewall Filtering* dengan model *forensik*, berhasil untuk memblok situs-situs yang tidak terkait dengan pekerjaan. Hasilnya adalah jaringan yang dibangun dapat melakukan *block* pada Website atau situs yang berbau pornografi, sedangkan website atau situs yang tidak berbau pornografi akan tidak akan di *block* dan akan berhasil masuk ke web atau situs yang dituju.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Robbahul Barra, R. Sujatmika, and I. Umami, 2022, Sistem Keamanan Jaringan Komputer Bridge Firewall Menggunakan Router Board Mikrotik Rb750, *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis JTEKSIS*, vol. 4, no. 1, p. 427, <https://doi.org/10.47233/jteksis.v4i2.561>
- Mhd. Ilham, Indra Gunawan, and Zulia Almada Siregar, 2022, Keamanan Jaringan Wlan Dengan Metode Firewall Filtering Menggunakan Mikrotik Pada SMP Negeri 1 Dolok Merawan, *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 3, pp. 01–16, doi: 10.55606/juisik.v2i3.309.
- B. Fasehan, 2020, *Rancang Bangun Sistem Keamanan Jaringan Komputer*.
- S. P. Putra and Y. Ramdhani, 2021, Memanfaatkan Fitur Firewall Rules Pada Mikrotik Untuk Keamanan Jaringan Di Hotel Lenora Bandung, *eProsiding Teknik Informatika*, Vol. 2, no. 1, pp. 122–126, 2021, <https://eprosiding.ars.ac.id/index.php/pti>
- S. Jayanto, A. Tanton, and H. Asyari, 2021, Implementasi Keamanan Jaringan dengan Packet Filtering Berbasis Mikrotik Untuk Internet Positif Di SMKN 1 Praya, *Jurnal Ranah Publik Indonesia Kontemporer*, vol. 1, no. 2, pp. 65–77, 2021, doi: 10.47134/rapik.v1i2.10.
- B. J. G. Putra, T. Musri, and L. M. Gultom, 2020, Pemanfaatan Mikrotik Routerboard Sebagai Keamanan Jaringan Dari UDP Flood Dengan Menggunakan Firewall Di Dinas Pendidikan Bengkalis, *Seminar Nasional Indonesia dan Teknologi (SNIT), Politek. Negeri Bengkalis*, pp. 260–269.
- I. P. G. A. Sudiatmika, I. P. Y. A. Ariwanta, and I. G. A. S. Melati, 2022, Mengoptimalkan Keamanan Jaringan Komputer Menggunakan Snort dan Telegram Bot yang Terintegrasi dengan Mikrotik, *Journal Computer and System Informatics*, vol. 3, no. 4, pp. 247–256, doi: 10.47065/josyc.v3i4.2037.
- M. Syarif and W. Nugraha, 2020, Pemodelan Diagram UML Sistem Pembayaran Tunai Pada Transaksi E-Commerce, *Jurnal Teknik Informatika Kaputama*, vol. 4, no. 1, p. 70 halaman, 2020, <http://jurnal.kaputama.ac.id/index.php/JTIK/article/view/240>
- M. Agnitia Lestari, M. Tabrani, and S. Ayumida, 2021, Sistem Informasi Pengolahan Data
- 70 Sulaiman et al., Pemanfaatan Mikrotik RB942-2ND Menggunakan Metode Firewall Filtering Untuk Keamanan Jaringan Dengan Model Forensik

- Administrasi Kependudukan Pada Kantor Desa Pucung Karawang, *Jurnal Interkom Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 13, no. 3, pp. 14–21, doi: 10.35969/interkom.v13i3.50.
- A. Wibowo, A. S. Hidayat, and E. Rahmawati, 2020, Pembangunan Aplikasi E-Commerce Pemasaran Batik pada Toko Batik Rifqi, *Journal of Computer System and Informatics Vol.*, vol. 1, no. 2, pp. 46–53.
- A. A. Astari, 2018, Implementasi Keamanan Jaringan dengan Metode Firewall Filtering Menggunakan Mikrotik, *Simki-Techsain Vol. 02 No. 01 Tahun 2018 ISSN 2599-3011*, vol. 02, no. 01.
- I. G. S. Widharma, 2020, *Pengamanan Sistem Jaringan Komputer Dengan Teknologi Firewall*.
- R. O. Nitra and M. Ryansyah, 2019, Implementasi Sistem Keamanan Jaringan Menggunakan Firewall Security Port pada Vitaa Multi Oxygen, *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 1, p. 52, 2019, doi: 10.26418/justin.v7i1.29979.
- D. H. Sudaryanto, 2017, Merancang Pengaman (Security) Jaringan Komputer, *Swara Patra*, vol. 07, no. 1, 2017, <http://ejournal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/168>
- F. Yohaness, 2020, Analisa Dan Perancangan Keamanan Jaringan Lokal Menggunakan Security Onion Dan Mikrotik, *Journal of Computer System and Informatics*, vol. 01, no. 02, pp. 37–61, 2020, <https://journal.uib.ac.id/index.php/joint/article/view/4309>
- M. Gustiawan, R. J. Yudianto, J. Pratama, and A. Fauzi, 2021, Implementasi Jaringan Hotspot Di Perkantoran Guna Meningkatkan Keamanan Jaringan Komputer, *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 4, pp. 244–247, doi: 10.32672/jnkti.v4i4.3098.
- L. Riyandari and J. Purnomo, 2020, Rancang Bangun Jaringan Internet dengan Memperhatikan Etika Profesi TI Menggunakan Web Filtering Pada Router Mikrotik 951G-2HND, *Jurnal Teknologi. Informasi, Ilmu Komputer dan Manajemen*, vol. 4, no. 1, pp. 35–45.
- M. A. Novianto and S. Munir, 2022, Analisis dan Implementasi Restful API guna Pengembangan Sistem Informasi Akademik pada Perguruan Tinggi, *Jurnal Informatika Terpadu*, vol. 8, no. 1, pp. 47–61.

Pemodelan Identifikasi Objek Kendaraan Bermotor Menggunakan *Faster Region based Convolutional Neural Network (R-CNN)* Berbasis *Python*

Rosalia Arum Kumalasanti¹, Erma Susanti²

¹Universitas Sanata Dharma

²Universitas AKPRIND Indonesia

Email: rosalia.santi@usd.ac.id¹, erma@akprind.ac.id²

ABSTRACT

The vehicles are currently experiencing a surge in number and variation. This is evident from the kinds of vehicles that are passing through the highway area. The rise in the number of motorized vehicles will surely give a squeeze to the traffic density. The increase in the number of motor vehicles is one of the biggest factors in the impact of the congestion. The congestion can also cause damage to the highway. It's supposed to be the focus of the local government in dealing with the problem. Each road point has its own potential, so it is necessary to have a calculation in identifying the number of vehicles and the type of vehicles that are slipped on the road. Motor vehicle identification can be solved using the Faster Region based Convolutional Neural Network approach. Faster R-CNN is a deep learning architecture used to detect inside computers. Research will run at several highway points to take samples of video at a certain time, for identified the type of vehicle. Vehicle labelling will facilitate the calculation of the number of vehicles crossing the road in a given unit of time. The vehicle identification needs are used to see the density of the highway so that it can help the local government in making the right decision or solution to reduce the traffic density. The results of research such as quantitative data can be easily used to give the right picture and decision.

Keywords: *Faster R-CNN, identification, traffic, vehicles.*

INTISARI

Kendaraan bermotor saat ini mengalami lonjakan jumlah dan variasi. Hal ini terlihat dari jenis-jenis kendaraan yang berlalu-lalang di area jalan raya. Lonjakan jumlah kendaraan bermotor tentunya akan memberikan dampak pada padatnya lalu lintas. Bertambahnya jumlah kendaraan bermotor merupakan salah satu faktor terbesar dari dampak kemacetan yang terjadi. Kemacetan yang terjadi juga dapat menyebabkan kerusakan jalan raya. Hal ini sudah seharusnya menjadi fokus pemerintah daerah dalam menanggulangi permasalahan. Setiap titik jalan memiliki potensi masing-masing, maka perlu adanya perhitungan dalam mengidentifikasi jumlah kendaraan dan jenis kendaraan yang lewat di jalan tersebut. Identifikasi kendaraan bermotor dapat tersolusikan dengan menggunakan pendekatan *Faster Region based Convolutional Neural Network*. *Faster R-CNN* merupakan arsitektur *deep learning* yang digunakan untuk mendeteksi di dalam komputer. Penelitian akan berjalan pada beberapa titik jalan raya untuk diambil sampel video pada waktu tertentu, untuk diidentifikasi jenis kendaraannya. Pelabelan kendaraan akan memberikan kemudahan dalam menghitung jumlah kendaraan yang melintasi jalan dengan satuan waktu tertentu. Kebutuhan identifikasi kendaraan ini digunakan untuk melihat kepadatan jalan raya sehingga dapat membantu pemerintah daerah dalam memberikan keputusan atau solusi yang tepat untuk mengurangi kepadatan jalan. Hasil penelitian berupa data kuantitatif akan dapat dengan mudah digunakan untuk memberikan gambaran dan keputusan yang tepat.

Kata kunci: *Faster R-CNN, identifikasi, kendaraan, lalu lintas.*

PENDAHULUAN

Transportasi lalu lintas, aktivitas industri, pariwisata dan kegiatan-kegiatan masyarakat saat ini menjadi salah satu aktivitas mobilitas yang tidak dapat dihindari. Kebutuhan mobilitas yang semakin tinggi diimbangi pula dengan bertambahnya jumlah kendaraan bermotor sehingga kendaraan melebihi kapasitas jalan (Mela, et al., 2021). Hal ini berdampak pada lalu lintas jalan yang semakin padat dan juga mengakibatkan kerusakan aspal di titik-titik jalan tertentu. Kerusakan aspal sering terjadi apabila area tersebut sangat sering dilalui kendaraan bermotor dengan alat beratnya. Pemerintah daerah tak jarang melakukan pengalihan jalur dalam rangka memberikan perbaikan jalan yang rusak untuk dibenahi kembali. Namun keadaan ini akan terus terulang kembali setiap tahunnya apabila tidak ada perhitungan secara aktual terkait jumlah kendaraan bermotor yang menggunakan

jalan raya dalam satuan waktu. Menurut BPS (Badan Pusat Statistik), perkembangan jumlah kendaraan bermotor berdasarkan jenisnya memiliki angka yang fantastis. Jumlah kendaraan bermotor jenis mobil sebanyak 17.168.862, bus sebanyak 243.450, truk sebanyak 5.544.173, sepeda motor sebanyak 125.305.332, maka jumlah keseluruhan kendaraan bermotor pada tahun 2022 mencapai 148.261.817 (BPS, 2024).

Saat ini masyarakat tengah menghadapi tantangan pada meningkatnya kepadatan lalu lintas di berbagai kota di dunia. Populasi saat ini sangat bergantung pada kendaraan untuk tujuan kelancaran komutasi. Hal ini disebabkan oleh urbanisasi terus menerus di daerah pedesaan. Antisipasi yang bisa dilakukan adalah *smart traffic management*. Pemerintah daerah saat ini sedang berusaha keras dalam memberikan pelayanan transportasi yang optimal bagi masyarakat khususnya di Yogyakarta. Yogyakarta merupakan kota pelajar sekaligus menjadi primadona tempat wisata yang hingga saat ini terus bertambah. Kelayakan jalan tentunya menjadi kebutuhan pokok dalam berkendara dan hal ini berkaitan langsung dengan keselamatan dalam berkendara. Di era digital saat ini GPS sudah memberikan solusi dalam pemilihan jalur yang cepat dengan menghindari titik-titik kemacetan, namun ternyata hal ini dirasa belum cukup menjadi solusi. Tentunya dengan jumlah kendaraan yang semakin bertambah, setiap pengemudi kendaraan pasti akan mencari jalan untuk berlalu lintas yang menurut mereka aman dari kemacetan hingga sebagian besar yang menggunakan GPS berkumpul pada titik yang sama dan menurut para pengemudi, jalan tersebut adalah jalan yang tepat untuk dilalui. Masalah tersebut menjadi latar belakang dari ide penelitian ini.

Yogyakarta memiliki fasilitas berupa CCTV yang dipasang hampir di setiap sisi jalan. CCTV milik Dinas Perhubungan ini akan digunakan sebagai sumber data berupa video dan akan dijadikan data sampel. Kebutuhan sampel video ini akan diambil pada waktu-waktu tertentu yang dianggap berpotensi terjadi kemacetan, misal saat jam berangkat kantor di pagi hari dan pulang kantor di sore hari. Tren yang akan diambil adalah saat jalan raya mengalami lonjakan kendaraan bermotor sehingga didapat perhitungan yang maksimal. Diharapkan dari hasil penelitian ini, dapat membantu pemerintah daerah dalam menemukan solusi dari kemacetan jalan raya yang terjadi hampir setiap hari di jam-jam tertentu. Diharapkan pula pemerintah daerah dapat mengambil tindakan dalam memberikan solusi bagi para pengendara bermotor. Kenyamanan dan keamanan berkendara menjadi ukuran keselamatan dalam berkendara.

Di era digital saat ini tentunya teknologi dapat dimanfaatkan untuk mengurangi dampak volume kendaraan yang semakin tinggi. Salah satu bidang yang saat ini dapat dimanfaatkan adalah *machine learning*. Banyak sekali metode yang dapat digunakan dalam *machine learning*, namun saat CNN banyak digunakan untuk pemanfaatan deteksi objek. Jaringan CNN dapat memproses *dataset* sebanyak 3 dimensi sekaligus. Ada beberapa teknik CNN yang populer, terutama dilihat dari kecepatannya yaitu *Faster R-CNN*. *R-CNN* memiliki keunggulan berupa kecepatan dalam mempelajari karakteristik suatu objek. Objek berupa video CCTV akan digunakan sebagai data input untuk dipelajari *Faster R-CNN* untuk kemudian diberikan label berdasarkan jenis kendaraan. Setelah sistem berhasil memberikan label pada setiap jenis kendaraan maka akan dengan mudah untuk menghitung jumlah kendaraan berdasarkan jenis pada satuan waktu tertentu.

METODE

Deteksi Objek

Data diambil dari CCTV milik Dinas Perhubungan yang diletakkan di sisi jalan untuk memantau dan merekam lalu lintas. CCTV atau kamera yang digunakan saat ini terbilang merupakan sensor serbaguna dalam mendeteksi objek kendaraan dari berbagai sudut dan lebih dari satu lajur. Deteksi objek merupakan teknik *computer vision* dalam menemukan lokasi objek pada video yang terekam pada CCTV (Jasman & Hendri, 2022).

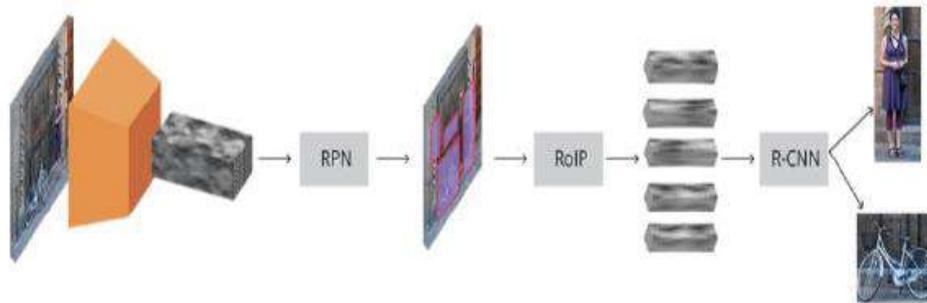
Deteksi objek dalam pembelajaran mesin merupakan proses yang melibatkan identifikasi dan klasifikasi objek dalam citra atau video. Beberapa langkah di dalam deteksi objek meliputi pengumpulan data, *preprocessing*, pemilihan model, pelatihan model, evaluasi model, penyempurnaan model dan *deploy* model.

Faster R-CNN

Permasalahan dalam deteksi objek pada penelitian ini adalah berupa variasi kendaraan bermotor. Deteksi objek melibatkan deteksi kelas yang berbeda-beda pada setiap video sehingga membutuhkan *machine learning* dalam identifikasi (Moch, et al., 2021). Secara konvensional, strategi yang digunakan adalah untuk mendistribusikan klasifikator pada dua kelas (objek dan non objek), namun penelitian ini membutuhkan lebih dari itu. CNN merupakan arsitektur yang cukup mumpuni dalam melakukan klasifikasi di dalam *deep learning*. CNN merupakan jaringan yang memiliki banyak *layer* dan di setiap *layer* yang terdiri dari beberapa dimensi, namun penelitian ini

memiliki kebutuhan lebih dari sekedar pelabelan seperti deteksi objek pada umumnya. Arsitektur jaringan yang lebih kompleks dibutuhkan untuk memberikan performa yang optimal.

Faster R-CNN hadir dengan keunggulannya yaitu kecepatan dalam mempelajari objek. Arsitektur *Faster R-CNN* terdiri dari tiga bagian utama yaitu *Convolutional Neural Network*, *Region Proposal Network*, dan *ROI Pooling Layer* (Jasman & Hendri, 2022). Penelitian ini terdiri dari dua fase penting yaitu fase *training* dan fase *testing*. Fase *training* merupakan tahap untuk mempersiapkan *dataset* untuk dipelajari oleh *Faster R-CNN* dalam mendapatkan karakteristik dari setiap objek, sedangkan fase *testing* adalah tahap dimana *machine learning* akan membandingkan hasil pelatihan dengan *dataset testing* (Sunario & Wulan, 2020). Gambar 1. merupakan arsitektur *Faster R-CNN*.



Gambar 1. Arsitektur *Faster R-CNN* (Mohan, et al., 2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dataset

Dataset berupa video kendaraan bermotor diambil dari CCTV secara langsung yang berlokasi di titik kepadatan jalan raya. Sampel yang diambil untuk penelitian ini adalah jalan raya area Jogja yang memiliki intensitas kepadatan kendaraan yang signifikan. Beberapa titik diambil untuk digunakan sebagai sampel dan pembandingan. *Dataset* berupa video diambil dan akan dikonversi ke dalam *frame by frame* untuk diolah lebih lanjut. Data citra yang didapat dari hasil konversi kemudian akan diolah di dalam pemodelan *Faster R-CNN*. Penelitian ini akan membagi objek menjadi 4 kelas yaitu, mobil, bus, truk dan sepeda motor. Gambar 2. merupakan sampel citra pada saat pelabelan.

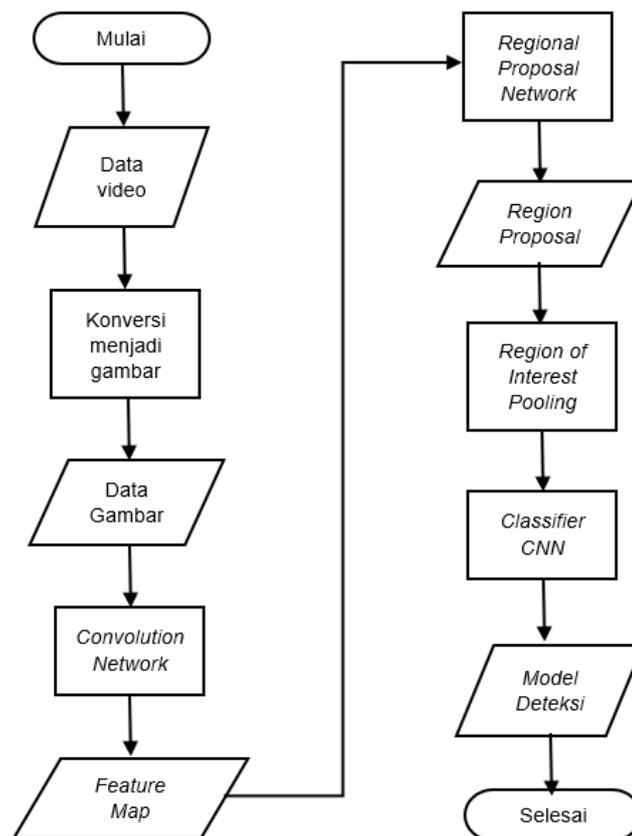


Gambar 2. *Dataset* sebelum pelabelan

Training

Penelitian ini memiliki dua fase penting di dalam pemodelan, yaitu fase *training* dan *testing*. Fase *training* pada penelitian ini melibatkan *dataset* yang sudah diambil dari rekaman CCTV untuk diubah menjadi citra. Parameter-parameter berupa *epoch*, *optimizer*, *learning rate* dan *batch size* menjadi hal penting dalam pencapaian akurasi. Adapun alur *training* di dalam penelitian ini, meliputi pengumpulan *dataset* berupa video hasil rekaman CCTV untuk dikonversi ke dalam *frame by frame*

sehingga menjadi *dataset* citra atau gambar. Data berupa citra akan diolah di dalam model yaitu menggunakan *Convolutional Network* dan kemudian akan didapat *feature map*. *Feature map* di sini merupakan hasil dari operasi konvolusi antara input dan *kernel* (filter). Proses ini menghasilkan peta fitur yang menyoroti pada fitur-fitur tertentu dari input asli seperti *edge*, tekstur, atau pola lainnya. Setiap *kernel* mempelajari fitur secara spesifik. Hasil dari *feature map* kemudian akan diproses oleh *Regional Proposal Network* (RPN). RPN merupakan komponen penting dalam model jaringan syaraf tiruan. RPN menghasilkan regional proposal atau proposal wilayah yang mungkin berisi objek dalam gambar. Proposal wilayah akan dilanjutkan oleh *Region of Interest* (RoI) untuk mengekstrak fitur dengan ukuran yang tetap. Tahap berikutnya hasil ekstraksi akan diklasifikasikan oleh CNN. CNN dirancang secara otomatis dan adaptif mempelajari fitur hierarki dari data input melalui penggunaan lapisan konvolusi, *pooling* dan *fully connected*. Fase *training* ini dilakukan hingga mendapatkan model yang tepat dalam pengklasifikasian. Alur fase *training* dapat dilihat pada Gambar 3.

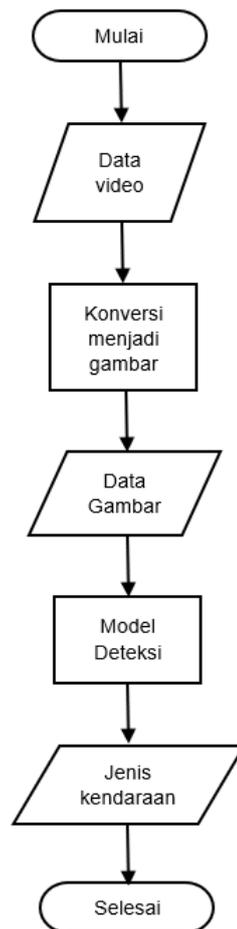


Gambar 3. Alur fase *training*

Testing

Fase *testing* merupakan fase utama kedua setelah fase *training*. Fase ini membutuhkan *dataset* yang diperlakukan sama seperti saat berada di fase *training*. *Dataset* berupa video dikonversi ke dalam citra untuk diberikan proses *Convolution Network* hingga mendapatkan *feature map*. Hasil dari *testing* kemudian akan dibandingkan dengan hasil *training*. Citra akan dideteksi dan mendapatkan akurasi. Apabila akurasi masih belum maksimal maka perlu melakukan pemodelan lagi dalam rangka mendapatkan model yang tepat dan memberikan akurasi yang optimal.

Fase *testing* dalam CNN adalah langkah di mana model yang sudah dilatih menggunakan data yang belum pernah dilihat oleh sistem. Tujuannya adalah untuk menilai kinerja model dalam hal akurasi, generalisasi, dan kemampuan untuk menangani data yang belum pernah ditemui. Alur fase *testing* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur fase *testing*

Hasil dan Pembahasan

Implementasi R-CNN pada *dataset* video rekaman CCTV membutuhkan banyak preparasi karena pada saat menentukan video yang akan digunakan, tentu perlu menentukan sisi pengambilan gambar, waktu dan kepadatan. *Dataset* yang digunakan adalah pagi dan sore pada saat volume kendaraan meningkat. Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah apabila terdapat video yang memiliki beberapa *frame* dengan objek yang kosong maka data tersebut tidak digunakan. Ada pula kendaraan yang tidak perlu diolah, misal kendaraan yang di luar dari label yang sudah ditentukan. Keberhasilan pelabelan akan memberikan perhitungan aktual terkait jumlah kendaraan pada satuan waktu tertentu. Sampel video yang digunakan memang dengan sengaja diambil pada saat jalur lalu lintas padat karena itu adalah titik optimal dari perhitungan, sehingga ini sangat membantu untuk mengambil keputusan pada saat *worst case*.

Pada penelitian ini R-CNN memiliki dua fase penting yaitu fase *training* dan fase *testing*, maka akurasi bisa didapatkan dari pemodelan tersebut. Parameter-parameter berupa *epoch*, *optimizer*, *learning rate* dan *batch size* menjadi hal penting dalam menentukan model yang tepat. Memerlukan beberapa kali eksperimen untuk mendapatkan model tersebut. Hasil pelabelan terdiri dari 4 target yaitu mobil, motor, bus dan truk. Apabila di dalam video terdeteksi kendaraan lain makan objek tersebut akan diabaikan. Anotasi dilakukan menggunakan CVAT (*Computer Vision Annotation Tool*) secara manual. Akurasi berupa persentase akan muncul pada kotak setiap label kendaraan. Apabila akurasi dirasa belum optimal maka pemodelan dapat disesuaikan kembali, terutama pada parameter yang mempengaruhi.

Setelah akurasi pada setiap label didapatkan maka langkah berikutnya untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah menghitung jumlah kendaraan bermotor pada masing-masing jenis. Perhitungan ini dapat menggunakan perhitungan secara manual dalam satu satuan waktu. Kepadatan lalu lintas akan dihitung dari volume kendaraan yang melintasi titik jalan tersebut. Beberapa eksperimen dapat divariasikan berdasarkan waktu, sisi pengambilan video (depan,

samping kiri, samping kanan, atau belakang) dan pencahayaan. Perhitungan jumlah kendaraan ini membutuhkan pemilihan CCTV yang strategis dalam pengambilan gambar terbaik. Hasil pelabelan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Dataset setelah pelabelan

KESIMPULAN

Rancangan arsitektur *Faster R-CNN* digunakan untuk deteksi objek berupa citra, yaitu hasil konversi video rekaman CCTV. Pemodelan yang tepat akan memberikan akurasi yang optimal. Hasil pelabelan memberikan perhitungan untuk setiap variasi motor pada setiap satuan waktu, sehingga bisa dihitung jumlah motor, mobil, truk dan bus di setiap menitnya. Jumlah kendaraan ini yang digunakan untuk memberikan solusi terhadap dampak kemacetan. Volume kendaraan yang didapat bisa digunakan pemerintah daerah untuk memberikan kebijakan terkait perubahan jalur, tambahan jalur ataupun kebijakan lainnya yang tentunya dengan tujuan meminimalkan kemacetan jalan dan kecelakaan.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS, 2024. *Badan Pusat Statistik*. [Online] Available at: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/VjJ3NGRGa3dkRk5MTIU1bVNFOTVVbmQyVURSTVFUMDkIMw==/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-provinsi-dan-jenis-kendaraan-unit-.html?year=2022> [Accessed 1 Juli 2024].
- Jasman, P. & Hendri, H., 2022. Deteksi Objek Kereta Api menggunakan Metode *Faster R-CNN* dengan Arsitektur *VGG 16*. *Multimedia Artificial Intelligent Networking Database*, 7(1), pp. 21-36.
- Mela, T. A., Fitri, U. & Dahrial, S., 2021. Sistem Deteksi dan Klasifikasi Jenis Kendaraan berbasis Citra dengan Menggunakan Metode *Faster-RCNN* pada *Raspberry Pi 4B*. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(2), pp. 814-819.
- Moch, D. L. Y., Wawan, S. & Yaya, W., 2021. Deteksi Sepeda Motor di Jalan Raya Menggunakan *Faster R-CNN* Berbasis *VGG16*. *Jurnal Aplikasi dan Teori Ilmu Komputer*, 4(2), pp. 10-13.
- Mohan, K. K., Sowmya, A., Jerusha, D. & Susmitha, D., 2021. Comparative Study of Vehicle Detection using *SSD* and *Faster R-CNN*. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 10(7), pp. 28-33.
- Sunario, M. & Wulan, S. L., 2020. Deteksi Spoofing Wajah Menggunakan *Faster R-CNN* dengan Arsitektur *Resnet50* pada Video. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 9(3), pp. 261-267.
- Viky, P. S., Ulinnuha, L. & Ibrahim, 2023. Simulasi Detection Counter pada Objek Kendaraan Motor dan Mobil Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network* Berbasis *Python*. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(16), pp. 760-766.

Porositas Serbuk Jahe Merah (*Zingiber officinale* Roscae var. Rubrum) terhadap Variasi Suhu dan Kadar Gula Pasir

Kristin Valentina Sinabutar¹, Dessy Agustina Sari^{2*}

¹Universitas Singaperbangsa Karawang

Email: dessy.agustina8@staff.unsika.ac.id

ABSTRACT

Ginger is one of Indonesia's most abundant and widespread cultivated plants and is widely used in people's daily lives as a raw material and additive in the manufacture of food and beverages. One type of ginger that is in great demand in the herbal beverage industry is red ginger. The bioactive compounds found in ginger include 6-gingerol, 6-paradol, 6-methylshogaol, 8-methylshogaol, 8-gingerol, 10-gingerol and 6-shogaol. Red ginger contains various bioactive compounds with pharmacological effects such as analgesic, anti-inflammatory, anti-cancer, antioxidant and cardiogenic effects. Scanning Electron Microscopy (SEM) is a microscopy technique used to produce high-resolution images of the surface of an electron sample. This study aimed to analyze the porosity of red ginger powder against variations in temperature and sugar content. The temperatures were 80 and 90°C with a sugar content of 60 and 100%. The results showed that the increase and decrease in the percentage of porosity values were caused by differences in temperature variations applied to the crystallization process. The rate of red ginger powder's porosity that approaches the fresh red ginger rate is red ginger powder at 80°C and 60% crystallization agent. The research results contributed to the characteristics of the materials used and the development of red ginger drink powder products.

Keywords: crystallization, crystallization agent, evaporation, ginger extract, origin lab.

INTISARI

Jahe merupakan salah satu tanaman budidaya paling melimpah dan tersebar luas di Indonesia serta banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari masyarakat sebagai bahan baku dan bahan tambahan dalam pembuatan makanan dan minuman. Salah satu jenis jahe yang banyak diminati dalam industri minuman herbal adalah jahe merah. Senyawa bioaktif yang ditemukan dalam jahe antara lain 6-gingerol, 6-paradol, 6-methylshogaol, 8-methylshogaol, 8-gingerol, 10-gingerol dan 6-shogaol. Jahe merah yang mengandung berbagai senyawa bioaktif dengan efek farmakologis seperti analgesik, anti-inflamasi, anti-kanker, antioksidan, dan efek kardiogenik. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan teknik mikroskop yang digunakan untuk menghasilkan gambar permukaan sampel elektron dengan resolusi tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis porositas serbuk jahe merah terhadap variasi suhu dan kadar gula pasir. Suhu yang digunakan adalah 80 dan 90°C dengan kadar gula pasir 60 dan 100%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan dan penurunan persentase nilai porositas yang disebabkan oleh perbedaan variasi suhu yang diterapkan pada proses kristalisasi. Persentase porositas serbuk jahe merah yang mendekati persentase porositas jahe merah segar adalah serbuk jahe merah pada suhu 80°C dan 60% agen kristalisasi. Hasil dari penelitian mampu memberikan kontribusi atas karakteristik bahan yang digunakan dan pengembangan produk serbuk minuman jahe merah.

Kata kunci: agen kristalisasi, ekstrak jahe, evaporasi, kristalisasi, origin lab.

PENDAHULUAN

Jahe merah (*Zingiber officinale*) merupakan tanaman rimpang yang banyak dibudidayakan di berbagai negara seperti India, Cina, Australia, Nigeria dan negara lainnya (Onu & Okafor, 2002). Jahe juga merupakan salah satu tanaman yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari masyarakat Indonesia sebagai bahan baku dan bahan tambahan dalam pembuatan makanan dan minuman. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2021, produksi tanaman jahe merah di Indonesia mencapai 300.000 ton per tahun, naik dua kali lipat dibanding tahun-tahun sebelumnya (Badan Pusat Statistik, 2021). Di Indonesia, jahe merah diklasifikasikan ke dalam spesies yang berbeda menurut ukurannya, yaitu jahe emprit, jahe gajah dan jahe merah (Anwar & Azizah, 2020; Iqbal et al., 2024). Salah satu jenis jahe yang banyak dicari dalam industri minuman herbal adalah

jahe merah. Masyarakat Indonesia umumnya menerapkan budidaya sebagai bentuk kemandirian ekonomi lokal dengan memanfaatkan pupuk olahan dan pekarangan sekitar (Fardiensyah et al., 2023; Fauzia et al., 2023; Sari et al., 2021, 2021, 2023; Sari & Sukanta, 2020; Wagiono et al., 2020).

Jahe merah adalah varietas jahe dengan warna merah kecoklatan yang mengandung senyawa kimia seperti minyak atsiri, minyak non-volatil dan pati. Jahe merah memberikan aroma dan rasa yang kuat dan berperan sebagai anti mual dan memberikan rasa pahit dan pedas yang kuat (Asyafa & Sari, 2023; Siswantito et al., 2023; Tritanti & Pranita, 2018). Jahe merah mengandung berbagai senyawa bioaktif dengan efek farmakologis seperti analgesik, anti-inflamasi, anti-kanker, antioksidan, dan efek kardiotonik (Salmon et al., 2012; Sari et al., 2024). Senyawa bioaktif yang ditemukan dalam jahe antara lain 6-gingerol, 6-paradol, 6-methylshogaol, 8-methylshogaol, 8-gingerol, 10-gingerol dan 6-shogaol. Senyawa ini memiliki efek antioksidan dan dapat memberikan manfaat kesehatan bila digunakan dengan benar (Nagendra chari et al., 2013).

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan teknik mikroskop elektron yang digunakan untuk menghasilkan gambar permukaan sampel dengan resolusi tinggi. Teknik ini menggunakan elektron yang diarahkan ke sampel dan menghasilkan sinyal yang digunakan untuk membuat gambar permukaan sampel dalam skala nanometer. SEM digunakan dalam berbagai bidang, termasuk ilmu material, biologi, dan ilmu lingkungan (Pereira-da-Silva & Ferri, 2017). Uji SEM ini dilakukan untuk mengamati struktur mikro, ukuran partikel, dan porositas (Zhao et al., 2010) pada sampel serbuk jahe merah sebelum dan sesudah diberi perlakuan suhu dan kadar gula pasir. Peneliti (Kurniyanto & Sari, 2023) juga telah meninjau porositas serbuk jahe merah dengan agen kristalisasi berupa gula batu.

Pada uji SEM diamati porositas serbuk jahe merah pada pengujian tersebut. Porositas adalah ukuran dari jumlah ruang kosong atau pori-pori dalam suatu bahan yang mengacu pada rasio volume pori terhadap volume total bahan. Porositas dapat mempengaruhi sifat-sifat fisik dan mekanik bahan, seperti kekuatan, kepadatan, dan kemampuan bahan untuk menyerap air atau zat lainnya. Proses kristalisasi membentuk serbuk yang pembentukannya dapat memperpanjang umur simpan dari sebuah produk (Suhag et al., 2018). Porositas serbuk jahe merah disebabkan oleh proses kristalisasi yang terjadi pada saat pembuatan serbuk. Proses kristalisasi membentuk serbuk yang berperan dalam memperpanjang umur simpan produk pascapanen jahe merah (Sari & Hadiyanto, 2013; Ulfa et al., 2022).

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis porositas serbuk jahe merah terhadap variasi suhu dan kadar gula pasir. Suhu yang digunakan adalah 80 dan 90°C serta kadar gula pasir 60 dan 100%. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu memahami karakteristik bahan yang digunakan dan memberikan informasi yang berguna untuk pengembangan produk minuman serbuk jahe merah.

METODE

Preparasi Sampel

Sampel serbuk jahe merah didapatkan dari hasil ekstrak serbuk jahe merah. Terdapat 5 sampel yang akan diuji yaitu 1 sampel berupa potongan jahe merah kering dipotong ukuran setiap sisi 1 x 1 cm dan ketebalan 1 cm, 4 sampel ekstrak serbuk jahe dengan variasi suhu dan kadar gula pasir yang berbeda. Massa masing-masing sampel serbuk jahe merah yang akan diuji adalah 10 gram per sampel.

Kristalisasi adalah proses pembentukan kristal dari suatu zat yang awalnya berupa larutan atau cairan. Proses ini terjadi ketika suatu zat mengalami pendinginan atau penguapan yang menyebabkan partikel mulai saling berikatan dan membentuk struktur kristal yang teratur. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kristalisasi adalah suhu, konsentrasi dan kecepatan pengadukan (RW Hartel, 2019).

Semakin rendah suhu yang digunakan pada proses ini, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses kristalisasi terjadi. Sedangkan pada suhu yang lebih tinggi, kristalisasi terjadi lebih cepat, tetapi dapat menghasilkan kristal yang lebih kecil dan kurang teratur (Pontoh et al., 2012). Semakin tinggi konsentrasi, semakin cepat kristalisasi terjadi. Namun, jika konsentrasi terlalu tinggi, kristal yang dihasilkan dapat menjadi tidak stabil dan mudah pecah (Fachry et al., 2008). Semakin cepat laju penguapan, maka semakin kecil kristal yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin lambat proses penguapan, maka semakin besar kristal yang dihasilkan (Mohammed & Abdullah, 2018).

Pengujian Sampel

Karakteristik morfologi serbuk jahe merah dilakukan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), JSM-6510 SEM (JEOL Ltd. Boston) pada tegangan 20 kV dengan jarak kerja 10 mm dan

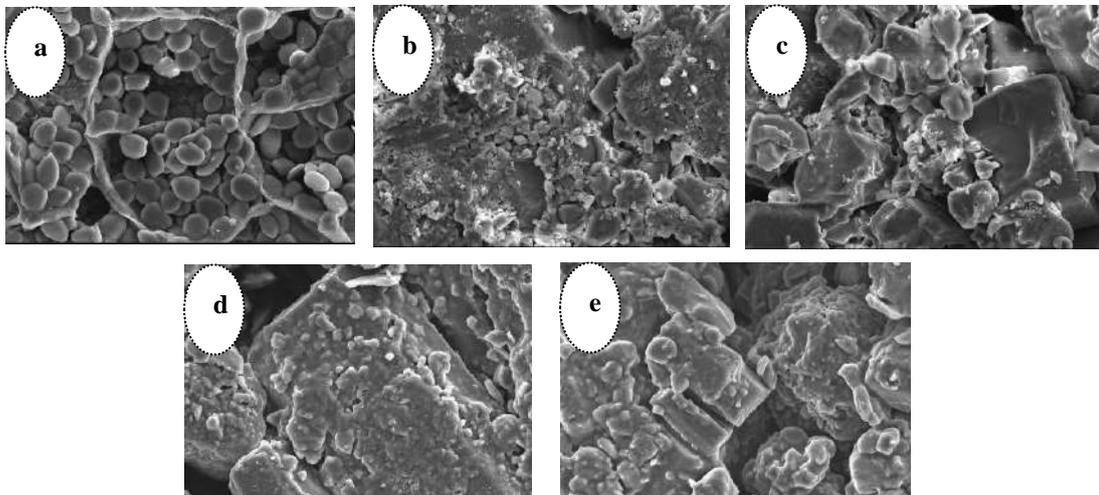
perbesaran 500x. Alat penganalisis komposisi kimia berupa detektor sinar-X. Elektron akan diarahkan ke dalam sampel dan menghasilkan sinyal yang digunakan untuk membuat citra nanometer dari permukaan sampel (Fachry et al., 2008). Sumber elektron menghasilkan elektron dan mengalir ke sampel dengan kolom elektron. Ketika elektron bertabrakan dengan sampel dan menghasilkan sinyal yang dapat ditangkap oleh detektor. Detektor kemudian mengubah sinyal menjadi sinyal listrik yang dikirim ke sistem kontrol elektronik. Sistem kontrol kemudian memproses sinyal listrik menjadi gambar dan grafik yang dapat dianalisis. Sinyal yang dihasilkan dalam SEM dapat berupa elektron sekunder, elektron pantulan, dan sinar-X, yang dapat digunakan untuk mengamati dan menganalisis pola permukaan, struktur, dan komposisi kimia sampel (Khalifah et al., 2022). Informasi yang didapatkan dari SEM berupa morfologi, ukuran partikel, porositas, dan struktur permukaan sampel (Zhao et al., 2010).

Pengolahan Data

Analisis hasil penelitian dilakukan dengan melihat hubungan antara perlakuan terhadap parameter variasi suhu dan kadar gula pasir yang diuji. Data yang diperoleh diolah dan dianalisis dengan menggunakan program Origin Lab 2019. Hasil tersebut diproses selanjutnya dengan menggunakan Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Serbuk jahe merah yang telah diuji melalui SEM ditunjukkan pada Gambar 1. Gambar 1.a menunjukkan bahwa sampel jahe merah tanpa adanya perlakuan suhu dan kontribusi gula pasir. Penampilannya mengindikasikan adanya bulatan yang lebih halus dibandingkan hasil SEM pada sampel Gambar 1.b hingga 1.e



Gambar 1. Porositas produk serbuk jahe merah

Empat sampel sisanya menampilkan struktur mikro serbuk jahe merah berupa kristal-kristal kecil yang saling menempel akibat variabel proses yang diberikan. Kehadiran struktur tersebut disebabkan adanya proses pengentalan selama waktu proses dan dilanjutkan keberadaan proses kristalisasi. Proses yang terakhir mampu memberikan distribusi ukuran kristal pada permukaan berubah yang menunjukkan warna putih keabu-abuan. Bagian yang berwarna hitam menunjukkan struktur mikro pada serbuk jahe merah memiliki rongga atau dikenal sebagai porositas. Produk bubuk pasca proses kristalisasi turut mendapatkan proses lanjutan berupa penghalusan untuk menyeragamkan ukuran serbuk (Sari et al., 2021, 2023).

Ruang kosong atau porositas dari hasil uji SEM pada perbesaran 500x mampu memberikan hasil porositas sebesar 66,773 (tanpa perlakuan); 53,079 - 59,007 (suhu 80°C) serta 53,537 – 53,577% (kondisi 90°C) untuk setiap penurunan kadar gula pasir secara berturut-turut. Suhu 80°C selama proses evaporasi dan kristalisasi berlangsung mampu memberikan perbedaan nilai porositas kristal yang terbentuk. Kenaikan suhu menghasilkan kristal yang lebih kecil dan terkesan tidak merata. Suhu 90°C di kedua kadar gula pasir menghasilkan porositas yang mendekati serupa dengan suhu 80°C pada 100% agen kristalisasi. Sisi lain, kebutuhan energi panas selama kedua proses berlangsung akan menghubungkan waktu produksi yang dibutuhkan antara 80°C pada 100% kadar

gula pasir yang diumpangkan terhadap suhu 90°C di kedua variasi agen kristalisasi. Capaian optimum dari (Kurniyanto & Sari, 2023) adalah suhu proses evaporasi-kristalisasi dan gula batu sebagai agen kristalisasi pada 90°C dan 100%. Porositas yang dimiliki atas produk tersebut sebesar 68,03 dan 76,48% dengan bahan baku segar – ampas secara berturut-turut.

Variabel suhu yang lebih rendah memberikan pembentukan kristal yang cenderung berukuran lebih kecil dan juga memadat. Suhu sebaliknya, produknya lebih berkristal dengan ukuran lebih besar dan longgar. Kuantitas temperatur memberikan pengaruh pada sisi pola kristalisasi (Tyapkova et al., 2012). Peningkatan suhu menyebabkan perluasan dan ekspansi material sehingga porositas turut membesar. Kemudian, penurunan suhu sebaliknya yaitu menyebabkan kontraksi bahan dan mereduksi porositas (P & S, 2014; Tonon et al., 2010).

Keterlibatan peran gula pasir sebagai agen kristalisasi mengarah kepada ukuran, bentuk, dan distribusi produk kristal. Konsentrasi gula pasir yang lebih meningkat mampu menghasilkan kristal yang lebih besar dan padat serta fenomena sebaliknya untuk penurunan peran gula pasir pasca proses kristalisasi (Queiroz et al., 2022). Agen kristalisasi menjadi perantara dalam proses pembentukan kristal atau mengisi ruang kosong pada bahan baku selama proses evaporasi berlangsung dengan cara mengurangi porositas yang dimilikinya. Ragam produk kristal memiliki ketergantungan pada jenis agen kristalisasi dan kondisi operasi yang diterapkan selama proses evaporasi hingga kristalisasi tercapai (Iqbal et al., 2024; Quintas et al., 2007; Suhag et al., 2018).

KESIMPULAN

Dari kegiatan penelitian serbuk jahe merah dapat disimpulkan bahwa kondisi suhu 80°C dengan kadar gula pasir maksimal mampu bersaing dengan keterlibatan suhu 90°C di kedua variasi agen kristalisasi (60 dan 100%) selama proses evaporasi dan kristalisasi berlangsung. Porositas di kedua suhu proses memberikan kisaran $53,328 \pm 0,249\%$. Peran suhu proses dan jenis agen kristalisasi dapat menjadi peran keberlanjutan dalam memproduksi serbuk jahe merah. Hal ini memberikan dampak pada ukuran dan kepadatan produk kristal pasca melalui proses evaporasi dan kristalisasi dengan kondisi operasi yang dijalankan selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, N. H., & Azizah, N. (2020). Respon pertumbuhan dan hasil tanaman jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) pada berbagai jenis dan komposisi media tanam substrat. *Plantropica: Journal of Agricultural Science*, 5(1), 37–42. <https://doi.org/10.21776/ub.jpt.2020.005.1.5>
- Asyafa, A. C., & Sari, D. A. (2023). Effect of process temperature and percentage of rock sugar on the functional group intensity of red ginger extract. *International Journal of Basic and Applied Science*, 12(3), 92–99.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Produksi tanaman biofarmaka menurut provinsi dan jenis tanaman*. <https://www.bps.go.id/indicator/55/63/1/produksi-tanaman-biofarmaka-obat-.html>
- Fachry, A. R., Tumanggor, J., & L, N. P. E. Y. (2008). Pengaruh waktu kristalisasi dengan proses pendinginan terhadap pertumbuhan kristal amonium sulfat dari larutannya. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2), 9–16.
- Fardiansyah, M. I., Sari, D. A., Firdaus, M. A., & Ulfa, V. S. (2023). Pengembangan label kemasan botol pada produk bubuk jahe merah. *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(9), 3033–3038. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i9.3033-3038>
- Fauzia, F., Kamil, M. I., Savitri, M. D., Dhiya, S., Suherman, M., Ratnasari, Y., Malik, L. A., Marendra, A. G., Wibowo, L. K., Sinabutar, K. V., Sari, D. A., Hasyim, M., & Sukanta, S. (2023). Strategi usaha mikro kecil menengah (UMKM) kuliner lokal dalam menghadapi kompetisi global. *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(8), 2977–2985. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i8.2977-2985>
- Hartel, R. W. (2019). *Crystallization in foods. Handbook of industrial crystallization* (3rd ed, pp. 460–478). Cambridge University Press.
- Iqbal, M., Sari, D. A., Saputro, N., Sukanta, S., & Hasyim, M. (2024). Proximate, total phenolic, carotenoid, antioxidant activity, color, and FTIR analysis of red ginger powders (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) through the evaporation-crystallization process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1324(012129), 1–13. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012129>
- Khalifah, S. N., Tyas, U., Fiddaroini, S., & Amalia, S. (2022). Pengaruh pemeraman dan suhu pada sintesis zeolit Y dari lumpur. *Alchemy: Journal of Chemistry*, 10(1), 27–32. <https://doi.org/10.18860/al.v10i1.17334>

- Kurniyanto, V. E., & Sari, D. A. (2023). Porositas produk olahan jahe merah terhadap variasi suhu evaporasi- kristalisasi dan persentase gula batu. *Jurnal Teknologi*, 16(2), 146–152. <https://doi.org/10.34151/jurtek.v16i2.4548>
- Mohammed, A., & Abdullah, A. (2018). Scanning electron microscopy (SEM): A review. *Proceedings of 2018 International Conference on Hydraulic and Pneumatics*, 77–85.
- Nagendra chari, K. L., Manasa, D., Srinivas, P., & Sowbhagya, H. B. (2013). Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Food Chemistry*, 139(1–4), 509–514. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.099>
- Onu, L. I., & Okafor, G. I. (2002). Effect of physical and chemical factor variations on the efficiency of mechanical slicing of Nigerian ginger (*Zingiber officinale* Rose). *Journal of Food Engineering*, 56(1), 43–47. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00146-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00146-2)
- P, W., & S, W. (2014). Effect of sugar types on physical attributes and crystalline structure of sweet-dried chicken meat product. *International Food Research Journal*, 216, 2285–2291.
- Pereira-da-Silva, M. de A., & Ferri, F. A. (2017). Scanning electron microscopy. In *Nanocharacterization Techniques: Vol. Micro and Nano Technologies* (1st ed, pp. 1–35). Elsevier.
- Pontoh, J., Mirah, G., Karundeng, P., & Kamuh, D. V. (2012). Metode analisa dextran dalam nira dan gula aren. *Buletin Palma*, 13(2), 109–114.
- Queiroz, M. B., Sousa, F. R., Silva, L. B. D., Alves, R. M. V., & Alvim, I. D. (2022). Co-crystallized sucrose-soluble fiber matrix: Physicochemical and structural characterization. *LWT*, 154(112685), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112685>
- Quintas, M., Guimarães, C., Baylina, J., Brandão, T. R. S., & Silva, C. L. M. (2007). Multiresponse modelling of the caramelisation reaction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(2), 306–315. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.02.002>
- Salmon, C. N. A., Bailey-Shaw, Y. A., Hibbert, S., Green, C., Smith, A. M., & Williams, L. A. D. (2012). Characterisation of cultivars of Jamaican ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) by HPTLC and HPLC. *Food Chemistry*, 131(4), 1517–1522. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.115>
- Sari, D. A., & Sukanta, S. (2020). Pendampingan peningkatan ekonomi warga kabupaten karawang melalui budidaya tanaman jahe merah. *Prosiding Seminar Nasional Rekarta 2020*, 91–97. <https://doi.org/10.36765/semarta.v0i0.292>
- Sari, D. A., Sukanta, S., Saputro, N. W., Hasyim, M., & Fardiansyah, M. I. (2023). Transformasi sistem pengadukan dalam produksi serbuk jahe merah. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (JIPEMAS)*, 6(2), 430–439. <https://doi.org/10.33474/jipemas.v6i2.19130>
- Sari, D. A., Saputro, N. W., Ulfa, V. S., Sukanta, S., Wagiono, W., & Hasyim, M. (2024). Utilization of ginger and its waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1324(012125), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012125>
- Sari, D. A., Sukanta, S., Saputro, N. W., Hasyim, M., & Fitriah, F. (2023). Ekstensifikasi tahap akhir bagi umkm jahe merah (size reduction pasca proses kristalisasi). *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(9), 3139–3146. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i9.3139-3144>
- Sari, D. A., Sukanta, S., Wagiono, W., & Irawan, A. (2021). Peningkatan produksi bubuk jahe merah melalui introduksi sistem penghalusan. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 5(2), 615–623. <https://dx.doi.org/10.31764/jmm.v5i2.4104>
- Sari, D., & Hadiyanto, H. (2013). Teknologi dan metode penyimpanan makanan sebagai upaya memperpanjang shelf life. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(2), 52–59.
- Siswantito, F., Nugroho, A. N. R., Iskandar, R. L., Sitanggang, C. O., Al-Qordhiyah, Z., Rosidah, C., Nurhayati, S., & Sari, D. A. (2023). Produksi minyak atsiri melalui ragam metode ekstraksi dengan bahan baku jahe. *Inovasi Teknik Kimia*, 8(3), 178–184. <http://dx.doi.org/10.31942/inteka.v8i3.8072>
- Suhag, Y., Nayik, G. A., & Nanda, V. (2018). Modelling of moisture sorption isotherms and glass transition temperature of spray-dried honey powder. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(4), 2553–2560. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9872-7>
- Tonon, R. V., Brabet, C., & Hubinger, M. D. (2010). Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*, 43(3), 907–914. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.12.013>
- Tritanti, A., & Pranita, I. (2018). The making of red ginger (*Zingiber officinale* rovb. Var. Rubra) natural essential oil. *Journal of Physics: Conference Series*, 1273(1), 012053. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1273/1/012053>

- Tyapkova, O., Bader-Mittermaier, S., & Schweiggert-Weisz, U. (2012). Factors influencing crystallization of erythritol in aqueous solutions: A preliminary study. *Journal of Food Research*, 1(4), 207–217. <https://doi.org/10.5539/jfr.v1n4p207>
- Ulfa, V. S., Fardiansyah, M. I., Firdaus, M. A., & Sari, D. A. (2022). Peran transformasi kemasan pada produk bubuk jahe merah (botol ke standing pouch). *Jurnal Qardhul Hasan: Media Pengabdian kepada Masyarakat*, 8(2), 1–7.
- Wagiono, W., Sari, D. A., Miledhiya, S. A., Fitria, I. A., Sidabutar, K. V., Kamiil, M. I., & Fadzrin, A. G. M. (2020). Pengaruh pemberian kombinasi pupuk organik dan anorganik terhadap keragaan pertumbuhan dan tanaman jahe merah (*Zingiber officinale* Rubrum) di kecamatan Majalaya kabupaten Karawang. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 2(5), 41–46.
- Zhao, X., Ao, Q., Du, F., Zhu, J., & Liu, J. (2010). Surface characterization of ginger powder examined by X-ray photoelectron spectroscopy and scanning electron microscopy. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 79(2), 494–500. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.05.019>

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.

eISSN: 2338-6711



9 7 7 2 3 3 8 6 7 1 0 0 9

pISSN: 1979-3405



9 7 7 1 9 7 9 3 4 0 0 0 8