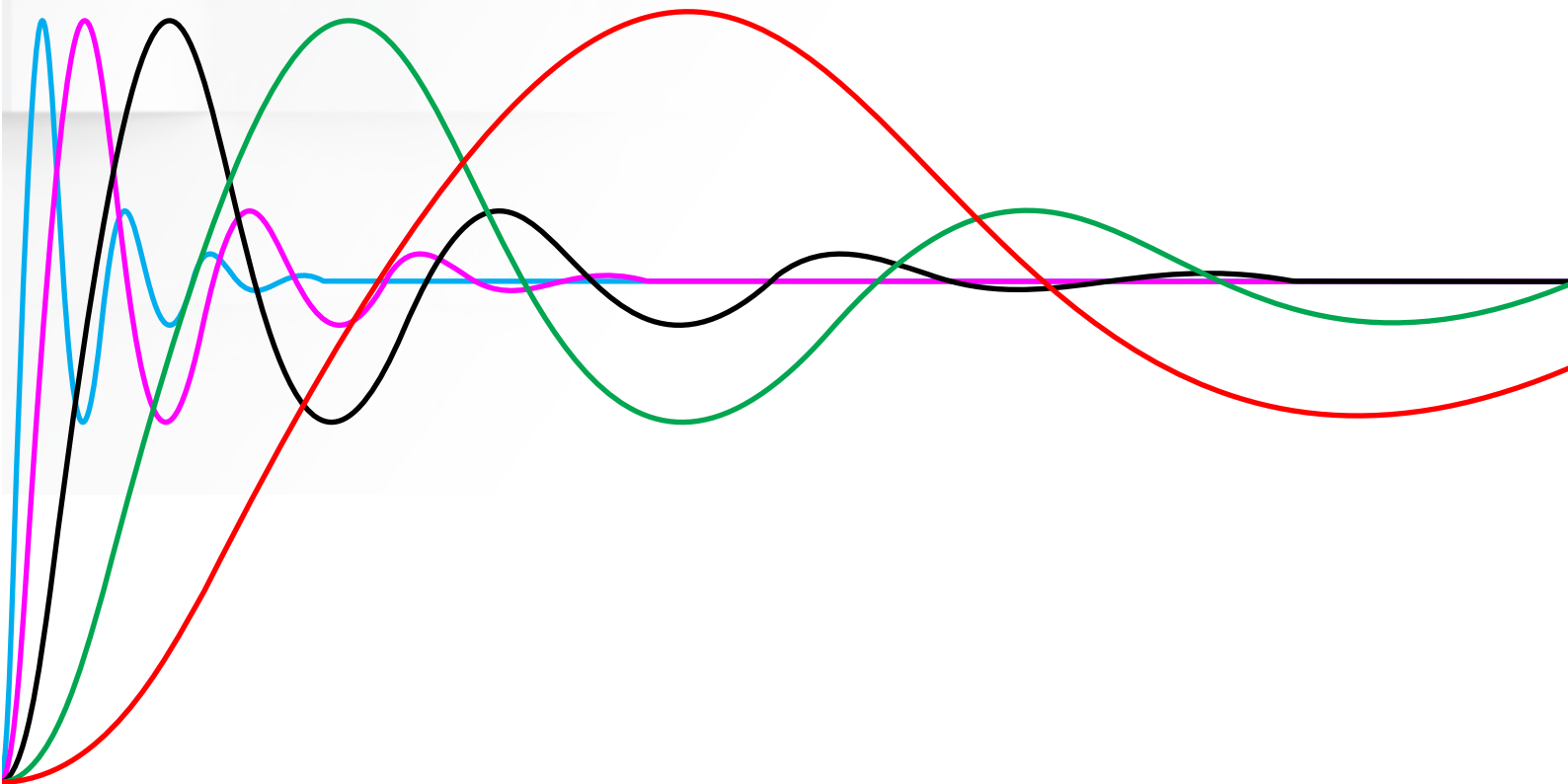


P-ISSN : 2685 - 4341
E-ISSN : 2685 - 5313

Vol. 5, No. 2, Desember 2023

Jurnal Riset Rekayasa Elektro



Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Purwokerto



Jurnal Riset Rekayasa Elektro

Terbit pertama kali tahun 2019
p-ISSN : 2685-4341

Penanggung Jawab/Publisher

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Pemimpin Redaksi/Editor-in-Chief

Arif Johar Taufiq, S.T., M.T

Dewan Redaksi/Editors

Muhamad Taufiq Tamam, S.T., M.T (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)
Wakhyu Dwiono, ST, MT (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)

Sekretaris Redaksi/Secretary of Editor

Bayu Aji Kurniawan, A.Md.T (Universitas Muhammadiyah Purwokerto)

Alamat Redaksi/Address

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jl. KH Ahmad Dahlan PO Box 202, Purwokerto 53182

<http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE/index>

email: jurnaljrre@ump.ac.id

Jurnal Riset Rekayasa Elektro (JRRE) adalah terbitan berkala ilmiah yang diterbitkan oleh Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto. JRRE menyajikan artikel hasil pemikiran dan penelitian serta perkembangan terkini dari Teknik Elektro. Redaksi mengundang para peneliti, dosen, dan praktisi untuk bertukar pikiran dan memajukan keilmuan di bidang teknik elektro

(JRRE) Electrical Engineering Research Journal is a periodical scientific publication published by Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Science, Muhammadiyah University of Purwokerto. JRRE presents articles of thought and research as well as the latest developments from Electrical Engineering. Editors invite researchers, lecturers, and practitioners to exchange ideas and advance knowledge in the field of electrical engineering

Jurnal Riset Rekayasa Elektro

Volume 5 No 2 Desember 2023

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

i

Prediction of Age Loss on 160 KVA Transformer PT. PLN ULP Kenjeran Surabaya using The Linear Regression Method

(83 – 92)

Reza Sarwo Widagdo, Aris Heri Andriawan

Pemantauan Daya Luaran Panel Surya Secara Jarak Jauh Melalui Aplikasi Berbasis Website

(93 – 102)

Zaenal Arifin, Silviana Giri Puspita, Diah Putri Widya, Dika Prasetyo
Zuwarnando, Angga Prasetyawan, Helmy Rahadian, Nur Islahudin, Ahmad
Vicqieh Al Jabbar

Based on Outseal Studio and Haiwell Cloud Scada to Check Parking System Availability using Arduino Nano on The Miniature Parking Lot

(103 – 114)

Henri Sulistiawan, Rini Puji Astutik, Yunani Ristanto

Potensi Pantai Sine Kabupaten Tulungagung Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

(115 – 128)

Geston Bakti Muntoha, Dian Septi Nur Afifah, Diesty Hayuhantika

Alat Deteksi Nominal Uang Kertas Untuk Penyandang Tuna Netra Dengan Metode Deteksi Warna

(129 – 136)

Marstelani Adias Sabara, Bahrin Niam, Rony Darpono

Rancang Bangun Sistem Kontrol Waktu Otomatis Pada Mesin Cuci Buah Berbasis Arduino Nano

(137 – 144)

Titi Andriani, Aldian Mukaddani, Lalu Suryadi, Mahmud Husyairi,
Dahman

Identifikasi Kinerja Arsitektur Transfer Learning VGG16, ResNet-50, dan Inception-V3 Dalam Pengklasifikasian Citra Penyakit Daun Tomat

(145 – 154)

Muhammad Iqbal Fathur Rozi, Nelly Oktavia Adiwijaya, Dwiretno Istiyadi
Swasono

Implementasi ESP32-CAM pada Pemantauan Penetasan Telur Ayam Berbasis Notifikasi Telegram

(155 – 164)

Sahri Dian Suandi, Titi Andriani, Lalu Suryadi, Mahmud Husyairi, Dahman

PETUNJUK PENULISAN

ii

1. KETENTUAN UMUM

Jurnal Riset Rekayasa Elektro

Volume 5 No 2 Desember 2023

Artikel yang diterima yaitu artikel yang belum pernah dipublikasikan dalam jurnal apapun berupa atau tidak dalam status telah diterima (accepted) untuk dipublikasikan

2. PETUNJUK PENULISAN

2.1. Diketik dengan spasi 1 dalam kertas ukuran A4 dengan jenis huruf Time New Roman 10. Tulisan yang akan dimuat menggunakan bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris yang baik.

2.2. Susunan artikel terdiri dari : Judul (Bahasa dan English), Nama Penulis, Abstrak (Bahasa dan English), Kata Kunci (maksimal 5), Pendahuluan, Metode Penelitian, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terima kasih (optional) dan Daftar Pustaka.

2.3. Ketentuan Penulisan Artikel :

- a. **Judul** : Judul dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris (Kapital setiap kata)
- b. **Nama Penulis** : ditulis lengkap tidak disingkat tanpa gelar, disertai nama dan alamat institusi, beserta email korespondensi
- c. **Abstrak** ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris, terdiri dari 100-250 kata dan memuat tentang : Latar belakang singkat jika ada, Tujuan dan atau ruang lingkup penelitian, Metode (singkat) yang digunakan, Ringkasan hasil / finding, Simpulan. Abstrak ditulis dengan font time new roman 9
- d. **Kata kunci** ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris, maksimal 5 kata
- e. **Pendahuluan** : berisi kondisi atau masalah yang melatar belakangi atau menginspirasi pelaksanaan kegiatan penelitian. Berisi kajian review literatur atau penelitian sebelumnya secara singkat. Data – data yang mendukung penelitian dari paper-paper yang lain dan paragraph terakhir berisi tujuan penelitian (tidak memuat tinjauan teori). Pernyataan kesenjangan (orisinalitas) atau kontribusi kebaruan (novelty statement) atau beda unik penelitian ini dibanding penelitian penelitian sebelumnya , juga dari sisi penting tidaknya penelitian tersebut dilakukan .
- f. **Metode Penelitian** : menguraikan cara yang digunakan untuk menyelesaikan masalah. Meliputi alat, bahan dan metode yang digunakan dalam pemecahan masalah
- g. **Hasil dan Pembahasan** : Menjelaskan tentang hasil atau luaran penelitian yang membahas tentang perbedaan antara hasil dengan teoritis ataupun dengan penelitian lain yang relevan. Penjelasan dapat menggunakan tabel, gambar dan *chart* yang memudahkan pembaca dalam memahami isi artikel.
- h. **Kesimpulan** : ditulis secara ringkas tetapi menggambarkan substansi kesimpulan hasil penelitian dan rekomendasi dari hasil penelitian. Kesimpulan menjawab permasalahan atau tujuan penelitian atau menghasilkan sebuah teori baru
- i. **Ucapan Terima Kasih** : ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak yang pantas , terutama kepada lembaga atau orang yang benar benar membantu penelitian , misalnya : kepada pemberi dana penelitian , fasilitas , bahan , atau saran
- j. **Daftar Pustaka** : Daftar pustaka dan citation ditulis dengan font time new roman 9. Daftar Pustaka disusun berdasarkan urutan sitasi dalam artikel dan diberi nomor, model *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. Penulisan daftar pustaka dan sitasi harus menggunakan software reference manager (e.g. Mendeley) untuk memudahkan dalam editing dan review. Minimal 15 referensi

Prediction of Distribution Transformer Age Loss using the Linear Regression Method

Reza Sarwo Widagdo, Aris Heri Andriawan, M. Fauzi Thohir

Department of Electrical Engineering, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Surabaya, Indonesia

Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118

Informasi Makalah

Dikirim, 23 Juni 2023
Diterima, 9 November 2023
Diterbitkan, 14 Desember 2023

Keywords:

Age Loss
Effect of Loading
Transformer
Regression Linear

ABSTRACT

Distribution transformer is one of the important equipment in the distribution of electricity to consumers. The electricity demand increases every year, so that the transformer works optimally, it must also be considered regarding the loading. According to IEC 354 if the transformer is loaded stable 80% with conditions around 20°C and the winding temperature is 98°C, but if the ambient temperature is more than 20°C then the age of the transformer will decrease. With an average loading of 71.75%, based on the calculation that the predicted useful age of the 160 KVA distribution transformer in 2027 will have an age loss index of 1.1 p.u, so it is estimated that the remaining age of the distribution transformer is 12 years and 7 months. Analysis using a statistical approach assisted by SPSS software was also carried out to see how much influence the loading has on the age loss of the transformer.

Korespondensi Penulis:

Reza Sarwo Widagdo
Department of Electrical Engineering
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia
Jl. Semolowaru No.45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118
rezaswidagdo@untag-sby.ac.id

1. INTRODUCTION

A component of the electric power system is the electric power distribution system. Electricity from huge power sources (also known as bulk power sources) may be delivered to customers via this distribution system [1]. PT. PLN (Persero) ULP Kenjeran, Surabaya has had extremely quick growth every year. The stability and dependability of the electric power system are crucial for its functioning since they enable the provision of comfortable services to customers. This may be done by keeping an eye on and examining the condition of the current electrically powered machinery. A transformer is one of the most crucial pieces of electrical equipment for an electric power supply to function.

Equipment for electrical power systems, such as distribution transformers, have a design life set by the manufacturer so that they can run for a specific amount of time. However, the transformer's life may differ from its intended life depending on usage and environmental factors. Several factors can shorten a transformer's life. Loading is one of the factors that contribute to a transformer's shorter service life. The temperature of the transformer may rise as a result of loading. The heat generated leads to the degradation of transformer materials, which might quicken aging. The structural characteristics of the transformer parts can be altered by the presence of excessive heat. Reduced age will occur from deviations from the permitted limit of roughly 6°C [2].

The aging of this insulation will be so fast if the insulation operates in temperatures that exceed the permissible limits. A transformer will operate normally for its entire lifespan at a Hot Spot temperature of 98°C while continuously loaded, according to the IEC 354 standard. The aging process can be sped up and the loss of age will occur so quickly that it may shorten the transformer's age, which is not what is planned, if the hotspot temperature surpasses 98°C [3].

Alternating current is utilized for the generation and distribution of electric power in a very large scale for a number of fundamental reasons, one of which is that it is highly simple and dependable [4]. Three-phase and single-phase step-down transformers rated at 20 kV/400 volts are the most used distribution transformers; some systems even employ three single-phase transformers. The low voltage network system has 380 V of

phase-to-phase voltage. In order to ensure that the voltage at the receiving end is more than 380V, the low voltage is raised above that value due to a voltage loss [5].

Load unbalance is a condition where one or all of the phases in the transformer experience differences. The amount of the current or voltage and the angle of each transformer phase may be used to determine this difference. If a transformer phase satisfies the following requirements, it is said to be in a balanced state: (a) the three current vectors of each phase (R, S, and T) have the same magnitude; and (b) the angle difference between the three phase vectors is, respectively, 120° [6]. If the load imbalance is more than 20%, the system is not compliant [7]. The decrease in the ability of an insulating material due to heat is called aging. This is the primary reason preventing distribution transformers from lasting as long as they should. In other words, overloading will result in heat in the transformer coil's winding, which will eventually result in a shorter lifespan (age depreciation) for the transformer. Water temperatures for transformers using water cooling medium shall not exceed 25°C, whereas air temperatures for transformers using air cooling media should not exceed 40°C and may not be lower than -25°C for exterior installations and -5°C for installation within [8].

Insulation deterioration will accelerate if the insulation works at temperatures that exceed the permissible limits (in this case the hot spot temperature). The IEC 354 standard, which is now the current PLN standard, states that a transformer will operate normally when the "hot spot temperature is 98°C at continuous loading" and the ambient temperature is 20°C. The predicted age of the transformer will be shortened if the hot spot temperature exceeds 98°C since the loss of age would be higher and faster [9]. It is possible to determine the continuous loading capability based on ambient temperature thanks to the continuous loading factor provided by the IEC 354 standard, which will generate a hot spot temperature of 98°C from different temperatures or environmental conditions in the area where the transformer is installed and for each type of cooling in the transformer. According to SPLN, transformers in Indonesia are made to function at temperatures below 40 °C, with daily averages of 30°C and annual averages of 30°C.

The IEC stipulates that the age of a transformer is around 20 years or the equivalent of 7300 days when it is loaded at 100% of the rating value of the transformer power at an ambient temperature of 20°C, so that the normal age loss is 0.0137% per day. Various researchers do not fully agree on the loss of age of a transformer at a certain temperature. But they agree that over a range of 80 ÷ 140°C the aging rate of the transformer doubles for every 6°C increase in temperature and this value is used as the basis of the study [10].

When the transformer is on voltage and not loaded, losses will arise which can cause the transformer to be hot, but the heat generated is small. If the transformer is loaded, the coils and oil in the transformer will heat up according to the increase in load. Based on the background above, to determine load imbalance and age losses in distribution transformers due to loading, it is necessary to carry out an analytical study with a statistical approach using the simple linear regression method to determine the age losses of 160 KVA transformers at PT. PLN ULP Kenjeran Surabaya. In the research methods section, we will explain the use of the linear regression method to calculate loading predictions from 2023 to 2027. In the results and discussion section, the predicted loading results will be used to calculate the age loss value of the transformer using a statistical approach assisted by SPSS software. Furthermore, the overall research results are written in the conclusion.

2. METHODS

Research at PT. PLN (Persero) ULP Kenjeran was conducted using a quantitative research design, in which the outcomes of field measurements were processed using a statistical approach and formula conversion without giving the variables under study any special consideration. Distribution transformer-specific data as well as information on the loading of distribution transformers during the day and night are needed for the calculations in this study. Direct measurements are taken on a 160 KVA three-phase transformer in the Kenjeran ULP region to collect loading information. Determine the transformer load on the R, S, and T phases by measuring the load using an ampere meter.



Figure 1. Transformator 160 kVA PT. PLN ULP Kenjeran

2.1. Regression Linear Methods

The trend method is a method that is made based on the tendency of past relationships without regard to the causes or things that influence it (economic influences, climate, technology, etc.). Time series analysis whose results are trend equations that can be used for forecasting [11]. The following is the linear regression equation used for forecasting transformer loads in this study as follows [12]:

$$Y_t = aX_t + b \quad (1)$$

Where,

Y_t = Loading at time t

X_t = Time period t (day, week, month, year)

a = slope (slope) or changes in the value of Y over time

b = fixed value (constant) or the value of Y_t at X_t equals zero

To determine the constant values a and b as follows [12]:

$$a = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2)$$

$$b = \frac{\sum Y}{n} - a \left(\frac{\sum X}{n} \right) \quad (3)$$

Where,

n = Amount of data

$\sum X$ = Number of time periods t

$\sum Y$ = The amount of loading at time t

$\sum XY$ = the number of time periods t multiplied by the amount of loading at time t

2.2. Thermal Effect on Transformer

The hotspot temperature is one factor that influences the distribution transformer's temperature. The transformer winding experiences the transformer section's hot spot temperature, which is the highest possible situation. The change in hotspot temperature is dependent on the surrounding temperature. The hotspot temperature rises with increasing ambient temperature and vice versa [13]. The transformer's temperature rise is also influenced by the quantity of loads applied to it. The temperature rise can be assumed as shown in Figure 3. This figure is understandable because it is a simplified diagram of a more complicated distribution.

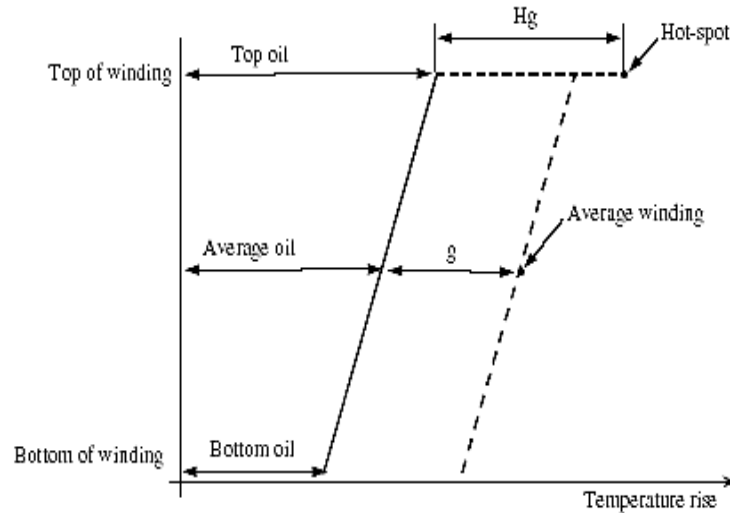


Figure 2. Thermal transformer diagram

In calculating the prediction of the age of a transformer, there are several equations that must be used in order to determine how much the remaining age of the transformer. First calculate the loading ratio with the following equation:

$$K = \frac{S}{S_r} \quad (4)$$

Where,

K = Load ratio

S = Load percentage

S_r = Full load (100%)

Furthermore, after determining the predicted results of transformer load in the following year with linear regression, then proceed to determine transformer losses using equation as follows:

$$d = \frac{P_{cu}}{P_{core}} \quad (5)$$

Where,

d = Loss ratio

P_{cu} = Copper losses (Watt)

P_{core} = Core losses (Watt)

After knowing the ratio of losses, then determine the top oil temperature rise using the following equation [14]:

$$\Delta\theta_b = \Delta\theta_{br} \left(\frac{1+dK^2}{1+d} \right)^x \quad (6)$$

Where,

$\Delta\theta_b$ = Increase in top oil temperature

$\Delta\theta_{br}$ = 40°C (Off), 55°C (On)

d = Loss ratio

K = Load ratio

x = 0,9 (ONAN/ONAF), 1,0 (OFAF/OWF)

After knowing the results of the calculation of the top oil temperature increase, then determine the hotspot temperature increase with the following equation [14]:

$$\Delta\theta_H = \Delta\theta_b + (\Delta\theta_{cr} - \Delta\theta_{br}) K^{2(y)} \quad (7)$$

Where,

$\Delta\theta_H$ = Increase in hotspot temperature

$\Delta\theta_b$ = Increase in top oil temperature

$\Delta\theta_{cr}$ = 78°C

$\Delta\theta_{br}$ = 55°C

K = Load ratio

y = 0,8 (ONAN dan ONAF), 0,9 (OFAF dan OFWF)

After knowing the results of calculating the hotspot temperature rise, then determine the difference in temperature between the hotspot and the top oil with the following equation [14]:

$$\Delta\theta_{ou} = (\Delta\theta_{cr} - \Delta\theta_{br})k^{2Y} \quad (8)$$

Where,

$\Delta\theta_{ou}$ = Temperature difference between hotspot and top oil

$\Delta\theta_{cr}$ = 78°C

$\Delta\theta_{br}$ = 55°C

K = Load ratio

Y = 0,8 (ONAN dan ONAF), 0,9(OFAF dan OFWF)

Then determine the hotspot temperature linearly which is calculated based on the following equation (9) [14]:

$$\theta_H = \theta_a + \Delta\theta_H + \Delta\theta_{ou} \quad (9)$$

Where,

θ_H = Hotspot temperature

θ_a = Ambient temperature

$\Delta\theta_H$ = Increase in hotspot temperature

$\Delta\theta_{ou}$ = Temperature difference between hotspot and top oil

2.3. Relative Aging of The Winding Insulation

The decrease in the ability of an insulating material due to heat is called aging. The main factor that limits the ability to maintain the age of a transformer is due to overload [15]. The overload that is carried by the transformer will result in an increase in the temperature of the transformer. The heat that arises causes the decomposition of transformer materials which can accelerate the aging process of a transformer. The IEC standard 60076-7 of 2005 stipulates that the normal life of a transformer is 30 years [16] when loaded at 100% of the rating value of the transformer power at an ambient temperature of 20°C with a hot spot temperature reaching 98°C. The aging factor for the age of the transformer at each hot spot temperature increase above normal temperature (98 °C) can be calculated using the Monstinger formula as in equation (10) [17]:

$$V = 2^{\frac{\theta_H - 98^\circ\text{C}}{6}} \quad (10)$$

Where,

θ_H = Hotspot temperature

V = Relative thermal aging factor (p.u.)

After determining the relative value of the lifespan of the transformer, the last step is to calculate the predicted lifespan of the transformer with the following equation (11) [17]:

$$\text{Estimated age} = \frac{\text{based age} - n}{V} \quad (11)$$

Where,

n = Transformer operating time (tahun)

V = Relative thermal aging factor (p.u.)

3. RESULT AND DISCUSSION

In this study, the transformer used was a transformer with a capacity of 160 KVA, the transformer loading data was taken from peak load historical data. Calculation of the estimated remaining age of the transformer is calculated using a calculation method based on daily loading and a calculation method based on forecasting transformer load using the linear regression method. The research procedure shows the process of calculating the estimated remaining age of a transformer starting from a literature study and then continuing with a location survey, after which it collects data, namely transformer specification data, transformer peak load history data from 2021 - 2022, and environmental temperature data for Surabaya. After the data is complete, start calculating the load forecast using the regression linear method based on equations (1) – (3). After obtaining the results of the next period's load forecasting, we will then calculate the estimated age of the transformer based on forecasts (4) - (11).

3.1. Transformer Load Prediction Data

Based on the results of observations on distribution transformers with a rating of 160 kVA at PT. PLN ULP Kenjeran with 5 observation periods is explained in figure 2 and figure 3. In figure 2 and figure 3 there is an increase when observing the load at night, this is because at night there is a peak load so that the performance of the transformer increases to with 75% both in 2021 and 2022. Peak load (maximum demand) is defined as the largest demand load that occurs during a certain period [18].

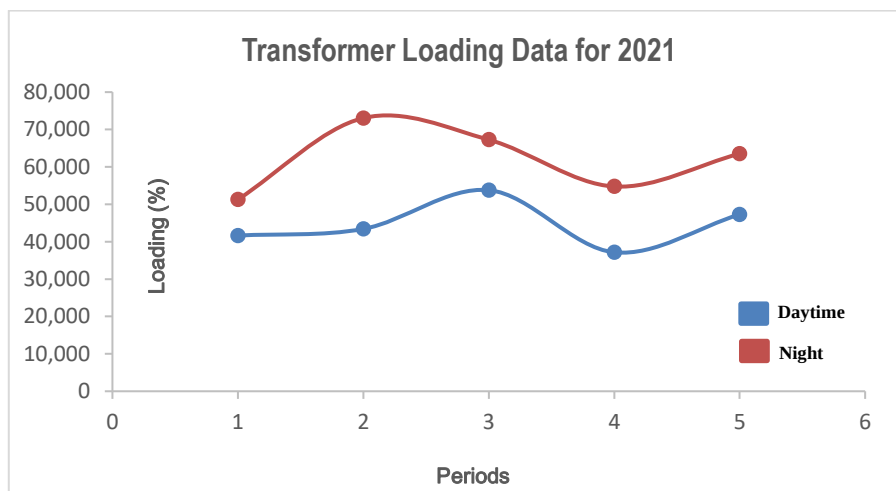


Figure 3. Loading chart during the day and night in 2021

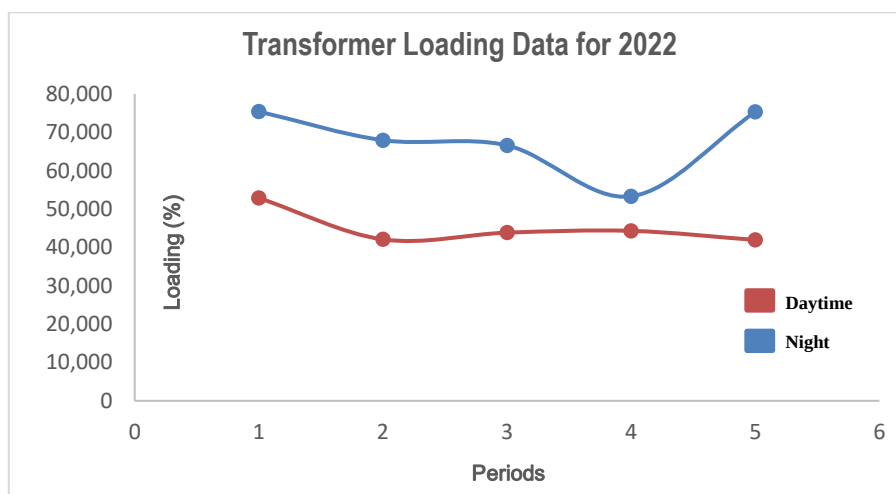


Figure 4. Loading chart during the day and night in 2022

This research was conducted to determine the prediction of transformer service life which is influenced by hotspot temperature and the effect of loading. Table 1 is the loading data and hotspot temperature from the distribution transformer which is the subject of research.

Table 1. Load Percentage and Hotspot Temperature

Year of The Operation	Data Collection Period	Load Percentage & Hotspot Temperature			
		Daytime		Night	
		Loading (%)	Hotspot Temperature (°C)	Loading (%)	Hotspot Temperature (°C)
2021	1	41,636	40	51,273	30
	2	43,416	39	73,060	32
	3	53,786	40	67,270	33
	4	37,162	42	54,766	31
	5	47,291	41	63,537	29
2022	1	52,872	35	75,410	32
	2	42,083	38	67,941	30
	3	43,838	40	66,587	31
	4	44,305	33	53,310	29
	5	41,941	41	75,305	33

Table 2. Result of Forecasting the Load

Year	Load Percentage (%)	
	Daytime	Night
2023	55,37	63,18
2024	57,14	65,38
2025	59,32	67,62
2026	61,86	69,86
2027	63,95	71,75

To find out the results of forecasting the load, first look for the constants and coefficients using equations (2) – (4). After the constants and coefficients are obtained to predict the load in the coming year. The results of the load forecasting can be seen in table 2. According to the results of the predicting, it is certain that over the course of the next five years, the proportion of transformer load will rise by 2% annually at peak load. Additionally, after applying linear regression to forecast the consequences of transformer loads over the following few years, use equation (5) to calculate transformer losses. Equation (6) can be used to calculate the top oil temperature rise after knowing the transformer losses. The next step is to use equation (7) to calculate the hotspot temperature increase after knowing the outcomes of the calculation of the top oil temperature rise. The temperature difference between the hotspot and the top oil temperature may then be calculated using equation (8) after the results of the hotspot temperature rise calculation are known. After that, use equation (9) to calculate the hotspot temperature linearly. After then, use equation (10) to determine the relative value of the transformer's age in units per unit (p.u.). The final step is to use equation (11), after establishing the relative value of the transformer lifespan, to get the predicted transformer lifetime. The results predictions for 2023 – 2027 age loss of the 160 kVA transformer can be seen in table 3 and you can also see the graph of the loading will reduce the age of the transformer in Figure 5.

Table 3. Prediction of age loss in transformer 160 kVA

Year	Loading Prediction (%)		θH (°C)		$V_{(p.u)}$		Total $V_{(p.u)}$	Age Loss (year)
	Daytime	Night	Daytime	Night	Daytime	Night		
2023	55,37	63,18	86,09	90,24	0,26	0,43	0,7	25,7
2024	57,14	65,38	87,018	91,62	0,28	0,48	0,76	22,4
2025	59,32	67,62	88,40	92,54	0,33	0,53	0,86	18,6
2026	61,86	69,86	89,46	93,92	0,38	0,61	0,99	15,1
2027	63,95	71,75	90,24	95,29	0,41	0,73	1,1	12,7

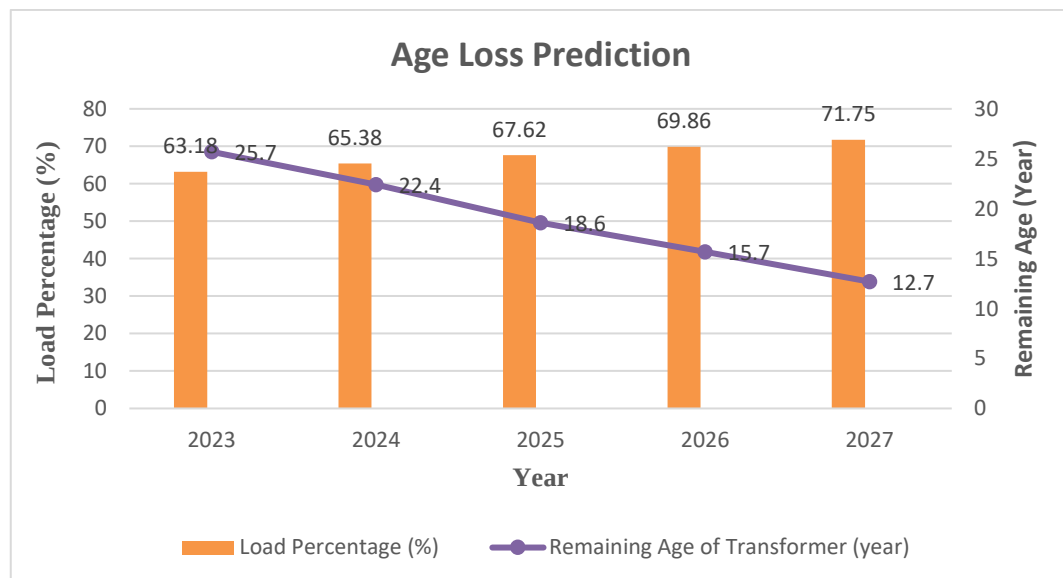


Figure 5. Age Loss Prediction Graph of a Transformer.

Because it hasn't achieved its maximum loading capacity of 80%, the percentage of 160 KVA transformer loading in 2027 is anticipated to utilize the load to reach 71.75%, which is a long life of the transformer and indicates that its lifespan is still quite long. Apart from the level of loading on the transformer and the environmental temperature around the transformer, there are several other factors that influence the life of the transformer. The quality of the insulation also greatly influences the service life of the transformer. Insulation in a transformer, such as insulating assembly, insulating oil, and dielectric materials, is very important. Poor insulation quality or one that degrades over time can accelerate the aging process of the transformer [19].

3.2. Analysis the Regression Linear Methods using SPSS

The use of SPSS software helps process various types of formats such as transformer loading data by calculating raw data faster than manual calculations. So, can make reports in the form of tabulations, charts (graphs), plots (diagrams). The Summary model explains the correlation/relationship (R) value of 0.987. From the output, a determination coefficient (R Square) of 0.975 is obtained which means that the effect of the independent variable (total loading (p.u)) on the dependent variable (transformer age loss) is of 97.5% can be seen in Figure 6. The calculated F value = 114.816 with a significance level of 0.002 < 0.05, so the regression model can be used to predict the age loss variable of the transformer or in other words there is an effect of variable (X) on variable (Y) can be seen in Figure 7.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,987 ^a	,975	,966	,9727

Figure 6. Result of Model Summary

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	108,622	1	108,622	114,816	,002 ^b
	Residual	2,838	3	,946		
	Total	111,460	4			

Figure 7. Result of Analysis of Variance

3.3. Discussion

Predicting loss over the life of a distribution transformer using the linear regression method can be done by collecting historical data about the age of the transformer and factors that influence the life of the transformer. Linear regression is a prediction method, and the results will be better if you have good data and understand well the factors that influence the life of a distribution transformer [20]. In addition, other factors that may not be documented in the data can also influence the life of the transformer. Therefore, the use of linear regression for predictions must be accompanied by a deep understanding of the system that will be studied further later. The hope is that the relevant parties can carry out load stability and maintain the operational temperature of the transformer in accordance with its working temperature. The linear regression method is a statistical approach that is often used to predict damage or loss of distribution transformer life. Linear regression can provide consistent and reliable transformer life predictions if used correctly. This is useful in planning maintenance and replacement of distribution transformers.

4. CONCLUSION

In this research, the loading data used is a 160 kVA distribution transformer from 2021-2022 at PT. PLN ULP Kenjeran, Surabaya using the linear regression method, the linear regression method aims to predict the loading in the following year. From this analysis, the loading increases by 2% every year, it is obtained that the lifetime prediction of the 160 kVA distribution transformer in 2027 is 12 years and 7 months, which has experienced an increase in load percentage of 71.75%. The effect of temperature on the prediction of the age of a 160 kVA transformer is very influential because the greater the loading, the temperature of the transformer will increase which will cause the age of the transformer to decrease from its standard.

REFERENCES

- [1] Delboni, L. F., Marujo, D., Balestrassi, P. P., & Oliveira, D. Q. (2019). Electrical power systems: Evolution from traditional configuration to distributed generation and microgrids. *Microgrids design and implementation*, 1-25.
- [2] Tenbohlen, S., Coenen, S., Djamali, M., Müller, A., Samimi, M. H., & Siegel, M. (2016). Diagnostic measurements for power transformers. *Energies*, 9(5), 347.
- [3] Sun, C. C., Xiao, C., Hou, J., Kong, L., Ye, J., & Yu, W. J. (2020, October). Analysis of Factors Affecting Temperature Rise of Oil-immersed Power Transformer. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1639, No. 1, p. 012087). IOP Publishing.
- [4] Stanelyte, D., & Radziukynas, V. (2019). Review of voltage and reactive power control algorithms in electrical distribution networks. *Energies*, 13(1), 58.
- [5] Usman, M., Bignucolo, F., Turri, R., & Cerretti, A. (2017, August). Power losses management in low voltage active distribution networks. In *2017 52nd International Universities Power Engineering Conference (UPEC)* (pp. 1-6). IEEE.
- [6] Pan, Y., Han, S., Feng, J., & Hu, X. (2020). An analytical electromagnetic model of "Sen" transformer with multi-winding coupling. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 120, 106033.

- [7] Bina, M. T., & Kashefi, A. (2011). Three-phase unbalance of distribution systems: Complementary analysis and experimental case study. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 33(4), 817-826.
- [8] Bunn, M., Das, B. P., Seet, B. C., & Baguley, C. (2019). Empirical design method for distribution transformer utilization optimization. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 34(4), 1803-1813.
- [9] Sodilesmana, A. E., Nasrulloh, N., & Prasetyono, R. N. (2021). The Effect of Loading and Unbalanced Load on Determination of Life Loss of Distribution Transformers. *Journal of Electronic and Electrical Power Applications*, 1(2), 1-7.
- [10] Dao, T., & Phung, B. T. (2018). Effects of voltage harmonic on losses and temperature rise in distribution transformers. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 12(2), 347-354.
- [11] Murugan, R., & Ramasamy, R. (2019). Understanding the power transformer component failures for health index-based maintenance planning in electric utilities. *Engineering Failure Analysis*, 96, 274-288.
- [12] Oliveira, M. M., Bender, V., Marchesan, T. B., Kaminski, A. M., Medeiros, L. H., Wilhelm, H. M., & Neto, J. B. F. (2020, September). Power transformers assessment applying health index and apparent age methods. In *2020 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exhibition-Latin America (T&D LA)* (pp. 1-6). IEEE.
- [13] Susa, D., & Nordman, H. (2013). IEC 60076-7 Loading Guide Thermal Model Constants Estimation. *International transactions on electrical energy systems*, 23(7), 946-960.
- [14] Vasquez, W. A., & Jayaweera, D. (2020). Risk-based approach for power transformer replacement considering temperature, apparent age, and expected capacity. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 14(21), 4898-4907.
- [15] Sah, R. M., & Srivastava, J. (2013). Modelling And Simulation of Distribution Transformer for Analysing the Transformer Losses Using Analytical and Simulation Method. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)* ISSN, 2248-9622.
- [16] Sim, H. J., & Digby, S. H. (2017). Power transformers. In *Electric power transformer engineering* (pp. 2-1). CRC Press.
- [17] Diantari, R. A., & Fitri, V. A. (2022, November). Analysis of the Effect of Loading on Age Loss and Efficiency on Dry Type Transformer at PT MRT Jakarta. In *2022 5th International Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE)* (Vol. 1, pp. 1-6). IEEE.
- [18] Kim, Y., Son, H. G., & Kim, S. (2019). Short term electricity load forecasting for institutional buildings. *Energy Reports*, 5, 1270-1280.
- [19] , C. C., Xiao, C., Hou, J., Kong, L., Ye, J., & Yu, W. J. (2020, October). Analysis of Factors Affecting Temperature Rise of Oil-immersed Power Transformer. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1639, No. 1, p. 012087). IOP Publishing.
- [20] Velásquez, R. M. A., Lara, J. V. M., & Melgar, A. (2019). Converting data into knowledge for preventing failures in power transformers. *Engineering Failure Analysis*, 101, 215-229.

Pemantauan Daya Luaran Panel Surya Secara Jarak Jauh Melalui Aplikasi Berbasis Website

Monitoring Solar Panel Output via Website-Based Application

Zaenal Arifin¹, Silviana Giri Puspita¹, Diah Putri Widya¹, Dika Prasetyo Zuwarnando¹, Angga Prasetyawan¹, Helmy Rahadian¹, Nur Islahudin², Ahmad Vicqieh Al Jabbar³

¹Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia

²Program Studi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia

³PT. Sogy Semarang Jl. Karonsih Utara V No.3, Ngaliyan, Kec. Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah 50181, Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 25 Oktober 2023
Diterima, 14 November 2023
Diterbitkan, 14 Desember 2023

Kata Kunci:

Monitoring
Software
Antarmuka pengguna
Sistem

Keyword:

Monitoring System
Software
User Interface
System

INTISARI

Penelitian ini membahas tentang sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh. Yaitu sebuah aplikasi berbasis web yang dikembangkan untuk monitoring dan mengendalikan sistem secara efektif. Tujuan utama dari pengembangan aplikasi ini adalah menyediakan antarmuka berbasis web untuk pengguna yang intuitif dan mudah digunakan dalam memonitor dan mengontrol berbagai sistem. Penelitian ini menjelaskan proses pengembangan sistem pemantau daya luaran panel surya secara jarak jauh, termasuk tahap perancangan, implementasi, dan pengujian. Desain antarmuka pengguna yang responsif dan menarik menjadi fokus utama dalam pengembangan aplikasi ini, agar pengguna dapat dengan mudah memahami status sistem dan melakukan kontrol yang diperlukan. Selain itu, juga membahas fitur-fitur utama yang disediakan oleh sistem, seperti visualisasi data secara real-time, pengaturan parameter sistem, dan pelaporan keadaan sistem. Keunggulan aplikasi ini terletak pada kemudahan pengguna dalam memantau dan mengendalikan sistem secara efisien, sehingga membantu meningkatkan efektivitas operasional dan pengambilan keputusan. Melalui penelitian dan pengujian yang dilakukan, sistem ini terbukti mampu memberikan manfaat signifikan dalam monitoring dan pengendalian sistem. Hasil evaluasi pengguna juga menunjukkan bahwa antarmuka pengguna yang disediakan oleh aplikasi ini sangat mudah dipahami dan digunakan. Dalam kesimpulan, sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh merupakan solusi yang efektif dan efisien dalam monitoring dan kendali sistem.

ABSTRACT

This research discusses remote monitoring system for PV power output. It is a web-based application developed for effective system monitoring and control. The primary goal of developing this application is to provide an intuitive and user-friendly web-based interface for users to monitor and control various systems. Research explains the process of developing a remote power output monitoring system for solar panels, including the design, implementation, and testing phases. User interface design is a major focus in the development of this application, allowing users to easily understand the system status and perform necessary controls. Additionally, it also discusses the key features provided by the system, such as real-time data visualization, system parameter settings, and system condition reporting. The advantage of this application lies in its user-friendliness in efficiently monitoring and controlling the system, thereby enhancing operational effectiveness and decision-making. Through the research and testing conducted, this system has proven to provide significant benefits in system monitoring and control. User evaluation results indicate that the user interface provided by this application is very easy to understand and use. In conclusion, a remote power output monitoring system for solar panels is an effective and efficient solution for system monitoring and control.

Korespondensi Penulis:

Nama Penulis : Zaenal Arifin

Asal Institusi/ Afiliasi : Universitas Dian Nuswantoro

Alamat Institusi/ Afiliasi : Indonesia

Email : xzaenal@dsn.dinus.ac.id

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin pesat, sejalan dengan perubahan gaya hidup masyarakat serta bertambahnya kebutuhan energi listrik. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dengan nomor surat 143K/20/MEM/2019 tentang rencana umum ketenaga listrikan nasional tahun 2019 sampai dengan tahun 2038. Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) memproyeksikan rata-rata kebutuhan energi listrik nasional mengalami pertumbuhan sekitar 6,9 persen per tahun. Proyeksi ini dapat membawa dampak positif bagi kesejahteraan masyarakat, tetapi hal tersebut juga berpotensi menimbulkan konsekuensi negatif jika terjadi pemborosan energi [1].

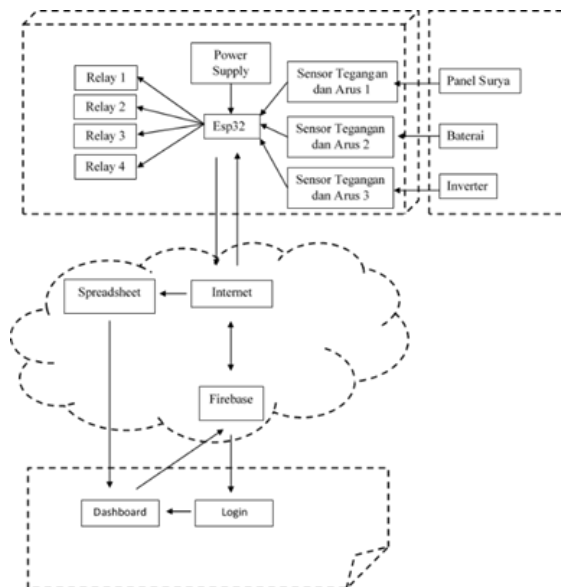
Peningkatan kebutuhan energi listrik secara global dari sumber energi konvensional menimbulkan dampak yang negatif, seperti permasalahan lingkungan. Panel surya atau *Photovoltaic* (PV) saat ini menjadi perhatian dunia sebagai energi alternatif pembangkit listrik yang ramah lingkungan. Banyak akademisi dan peneliti diseluruh dunia yang mengembangkan sistem PV [2]. Perkembangan PV di dunia semakin mengalami peningkatan yang pesat, dengan kemajuan industri mencapai 45% setiap tahun diseluruh dunia [3].

Salah satu cara memperoleh pasokan listrik melalui sumber energi terbarukan adalah dengan mengambil manfaat dari radiasi energi matahari menggunakan sel surya sebagai alat untuk mengubah matahari menjadi energi listrik, yang sering disebut sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Untuk menjaga kinerja sistem PLTS dan mencegah kerusakan, diperlukan suatu perangkat yang bertujuan untuk mengawasi atau mengukur kinerja serta dapat mengendalikan sistem ON/OFF pada beban [3].

Pada kesempatan ini, kami dengan PT. Sogy yang merupakan perusahaan yang beroperasi di bidang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), membuat alat dan sistem yang berfungsi untuk menunjang kemudahan dalam monitoring dan kendali sistem PV khususnya pada produk lampu Penerangan Jalan Umum (PJU). Konsumen dapat melakukan pengecekan melalui aplikasi berbasis *website* yang telah dirancang sehingga hal tersebut menjadikan PT. Sogy memiliki inovasi pada produk yang ditawarkan kepada para pembelinya.

2. METODE PENELITIAN**2.1 Blok Diagram Alat**

Pada sistem pengendalian alat pemantauan daya luaran sistem PLTS secara jarak jauh, terdapat sensor tegangan arus 1 yang akan mengukur tegangan dari PV, sensor tegangan dan arus 2 untuk baterai serta keluaran inverter menggunakan sensor tegangan dan arus 3. Sensor tegangan dan arus 3 (luaran inverter) untuk mengukur arus beban dari sistem penerangan lampu jalan berbasis panel surya, sedangkan sensor tegangan dan arus 2 digunakan untuk memantau kapasitas dari baterai. Di dalam *microcontroller* terdapat perhitungan daya dari perkalian tegangan dan arus setiap objek pengukuran. *Power supply* digunakan untuk memberikan daya esp32 serta komponen lainnya. Pada sub sistem ini juga terdapat *relay* yang digunakan untuk mengendalikan lampu. Pengendalian lampu nantinya akan menjadi penentu jumlah nyala lampu sesuai dengan kapasitas baterai. Semua hasil pembacaan sensor akan dikirimkan ke *server* penyimpanan melalui jaringan internet [4]. Blok diagram sistem pemantauan tersebut dapat diamati pada Gambar 1.

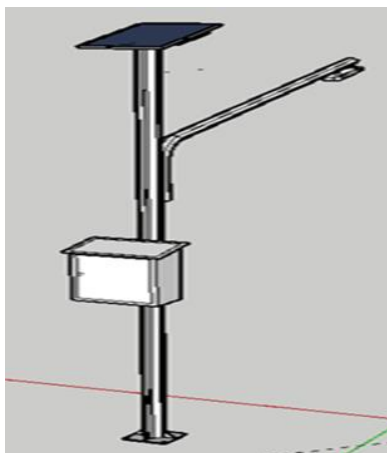


Gambar 1. Blok Diagram Sistem Pemantauan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti klasifikasi berikut: perancangan *hardware*, perancangan *software*, pengujian sistem, pengambilan data, serta analisis[4].

2.2 Komponen dan Alat (*Hardware*)

Adapun komponen dan alat yang digunakan pada sistem ini adalah *relay*, sensor tegangan, sensor arus, aplikasi web, *firebase*, dan *spreadsheet*. Contoh penerangan jalan umum berbasis panel surya dapat dilihat pada Gambar 2.

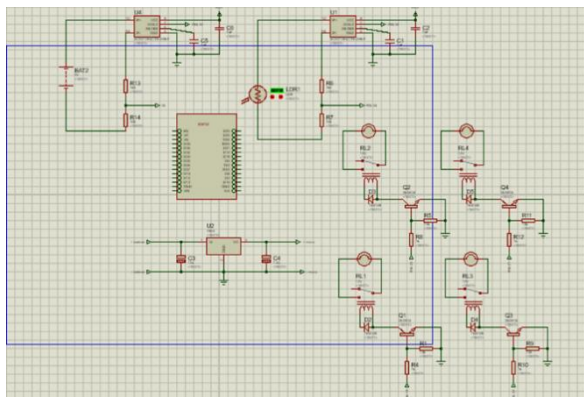


Gambar 2. Tiang PJU

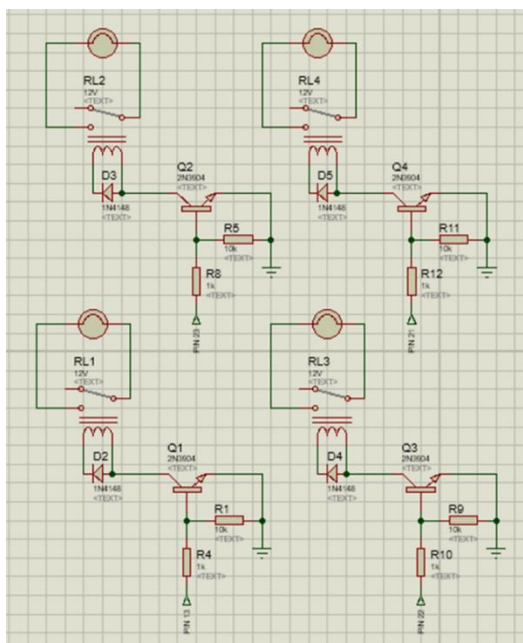
Gambar diatas merupakan penerangan jalan umum berbasis panel surya. Untuk menjadikan penerangan jalan umum berbasis panel surya menjadi *IoT* hanya perlu menambahkan *hardware* yang terdiri dari sensor dan komponen komunikasi data yang ditempatkan pada kotak yang di sertai baterai dan *Solar Charger Control* (SCC), dengan dimensi seperti pada Gambar 3 [5].

Gambar 3. Dimensi Kotak Penempatan *Hardware*

Gambar diatas merupakan dimensi/ukuran dengan panjang 195 mm, tinggi 50 mm, lebar 130 mm. Kemudian untuk gambar rangkain penuh bisa dilihat pada Gambar 4. Sedangkan susunan *relay* pada *microcontroller* dapat dilihat pada Gambar 5.

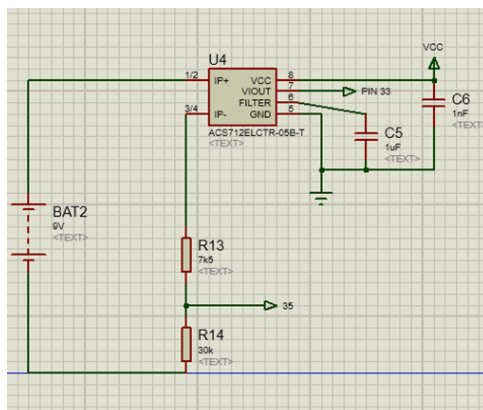


Gambar 4. Schematic Diagram Komponen



Gambar 5. Schematic Relay

Pada Gambar 4 merupakan rangkaian penuh dari *hardware* monitoring berbasis web yang ditunjukkan pada Gambar 5. Terdapat beberapa komponen penyusun *hardware*, yang terdiri dari *microcontroller* yang digunakan untuk pemrosesan, modul *power supply* untuk menurunkan tegangan, *relay* 4 buah yang digunakan untuk mengendalikan lampu, selanjutnya modul sensor tegangan serta sensor arus untuk memonitoring tegangan dan arus. Gambar 5 merupakan gambar *schematic* rangkaian *relay* yang diambil dari rangkaian penuh. Pada Gambar 5 *relay* 1 digunakan untuk mengendalikan lampu 1 yang nantinya akan terhubung ke pin 13 pada *microcontroller esp32*, *relay* 2 digunakan untuk mengendalikan lampu 2 dan output *relay* dikendalikan pada pin 23 pada *microcontroller*, *relay* 3 digunakan untuk mengendalikan lampu 3 dengan pengendalian *relay* diatur pada pin 22 pada *microcontroller*, yang terakhir adalah *relay* 4 yang akan digunakan untuk mengendalikan lampu ke-4 dengan pengaturan dari pin 21 pada *microcontroller* [7]. Untuk rangkaian tegangan dan arus pada baterai dapat dilihat pada Gambar 6.

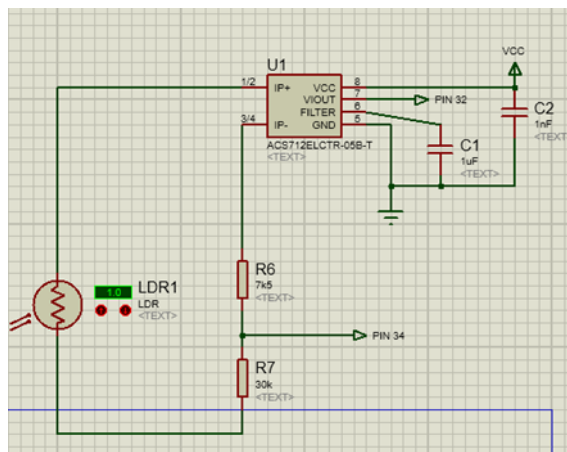


Gambar 6. Rangkaian Tegangan dan Arus pada Baterai

Pada rangkaian diatas menunjukkan rangkaian *schematic* untuk mendeteksi tegangan yang ditandai dengan huruf b sedangkan untuk sensor arus ditandai dengan huruf a, untuk sensor tegangan menggunakan modul sensor tegangan yang terdiri dari 2 resistor yang bernilai 30K Ohm dan 7K5 Ohm nantinya akan membagi tegangan menjadi seperlima dari tegangan input dengan menggunakan rumus (1), dimana R1 7K5 Ohm dan R2 30K Ohm, hasil pembagian akan di diproses ke *microcontroller* melalui pin 35, sedangkan hasil dari pembacaan sensor acs712 nantinya akan diproses ke *microcontroller* melalui pin 33.

$$V_{out} = R1 / (R1 + R2) V_{in} \quad (1)$$

Rangkaian tegangan dan arus di panel surya merupakan rangkaian *schematic* untuk membaca tegangan dan sensor pada panel surya, pada Gambar 3.9. komponen yang ditandai dengan huruf a merupakan sensor arus acs712 yang akan digunakan untuk mengukur arus yang mengalir pada panel surya, sedangkan komponen yang ditandai dengan huruf b merupakan rangkaian pembagi tegangan dari modul sensor tegangan, maksimal tegangan yang dapat di ukur adalah adalah 25 Volt. Kemudian data pembacaan akan dikirimkan ke dalam *database*, *database* ini berfungsi untuk menampung semua data hasil dari pembacaan yang nantinya akan di tampilkan melalui web atau aplikasi. Rangkain tegangan dan arus dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkain Tegangan dan Arus pada Panel Surya

Sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh mengacu pada antarmuka grafis yang digunakan untuk memantau dan mengendalikan sistem atau perangkat tertentu. Sistem ini dirancang untuk memudahkan pengguna dalam melihat status, kinerja, dan keadaan sistem secara visual melalui elemen-elemen grafis seperti grafik, grafik batang, ikon, dan teks yang lebih mudah dimengerti daripada data mentah atau teks panjang [8].

Monitoring dan kendali berarti pemantauan dan pengendalian sistem atau perangkat untuk memastikan bahwa operasinya berjalan dengan benar dan sesuai dengan parameter yang ditentukan. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk melakukan tindakan seperti mengatur konfigurasi, memulai atau menghentikan proses, menentukan batas nilai, atau merespons peristiwa yang terjadi dalam sistem [9].

Dalam sistem ini, dibahas mengenai pemantauan daya luaran yang dirancang untuk memonitor dan mengendalikan sistem secara efektif. Sistem ini menawarkan antarmuka pengguna yang intuitif dan interaktif untuk memvisualisasikan data dari berbagai parameter sistem dan memberikan laporan keadaan sistem secara

real-time. Pada tahap monitoring, *software* ini mampu mengumpulkan dan menganalisis data yang relevan dari sistem yang sedang dipantau. Data tersebut kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik, diagram, atau tampilan lainnya yang mudah dipahami. Hal ini memungkinkan pengguna untuk melacak kinerja sistem dengan lebih efisien dan mengidentifikasi potensi masalah atau anomali [10].

Selain itu, *software* ini juga memiliki fitur kendali yang memungkinkan pengguna untuk melakukan tindakan perbaikan atau penyesuaian terhadap sistem secara langsung melalui antarmuka pengguna. Pengguna dapat mengontrol berbagai parameter sistem dan mengoptimalkan operasional sesuai kebutuhan. Selama proses monitoring, sistem ini juga menyediakan pelaporan keadaan sistem yang dapat digunakan sebagai referensi untuk evaluasi dan pengambilan keputusan. Informasi yang dihasilkan melalui laporan ini memungkinkan pengguna untuk memantau performa sistem secara keseluruhan dan mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan atau dioptimalkan [11].

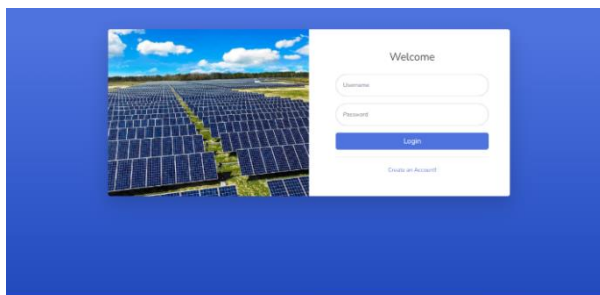
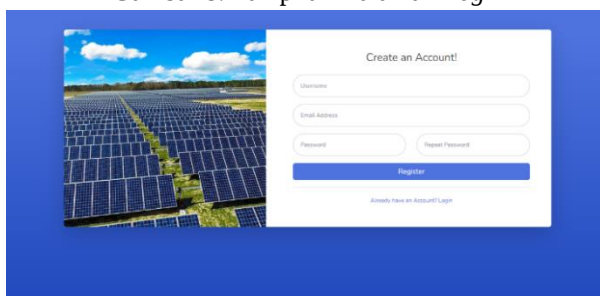
Dengan menggunakan sistem ini, diharapkan efektifitas operasional sistem dapat ditingkatkan secara signifikan. Antarmuka pengguna yang *user-friendly* dan visualisasi data yang jelas mempermudah pengguna dalam memahami kondisi sistem dan mengambil tindakan yang tepat. Selain itu, laporan keadaan sistem yang akurat membantu pengambilan keputusan yang lebih baik dalam mengelola sistem secara efisien. Pada sistem pengendalian alat pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh, terdapat sensor tegangan yang mengukur tegangan dari panel, baterai serta keluaran *inverter*, sedangkan sensor arus untuk mengukur arus beban dari sistem PLTS. Modul *step-down* digunakan untuk memberikan daya untuk esp32 serta komponen lainnya. Pada sub sistem ini juga terdapat *relay* yang akan digunakan untuk mengendalikan lampu. Pengendalian lampu nantinya akan menjadi penentu jumlah nyala lampu sesuai dengan kapasitas baterai [12]. Sensor arus pada sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh memiliki fungsi untuk mengukur arus listrik yang mengalir melalui PV. Sensor ini ditempatkan di antara PV dan *inverter* atau sistem pemantauan daya. Besarnya arus yang dihasilkan oleh panel surya, merupakan indikator penting dalam mengevaluasi performa dan efisiensi panel surya. Dengan informasi tentang arus yang diperoleh dari sensor ini, dapat dilakukan pemantauan terhadap kinerja panel surya secara *real-time* dan mendeteksi adanya masalah seperti penurunan arus yang tidak normal atau kerusakan pada PV [13].

Sementara itu, sensor tegangan pada sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh berfungsi untuk mengukur tegangan listrik yang dihasilkan oleh PV. Sensor ini dipasang pada terminal output panel surya atau sebelum *inverter*. Pengukuran tegangan yang dilakukan oleh sensor ini memberikan informasi mengenai tingkat tegangan yang dihasilkan dari PV. Dengan memantau tegangan, dapat diketahui apakah PV bekerja dengan baik dan menghasilkan tegangan yang sesuai dengan spesifikasi. Jika terdapat penurunan tegangan yang tidak normal, sensor tegangan akan mendeteksi. Ini memberikan data yang dibutuhkan untuk analisis dan perbaikan. Dengan adanya sensor arus dan sensor tegangan dalam sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh, dapat dilakukan pemantauan yang akurat terhadap daya luaran PV. Informasi tentang arus dan tegangan yang dikumpulkan oleh kedua sensor ini sangat berguna dalam mengevaluasi performa PV, mendeteksi masalah, dan mengoptimalkan kinerja panel surya secara keseluruhan [14]. Secara keseluruhan, sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh merupakan solusi yang inovatif dalam mengoptimalkan pemantauan dan pengendalian sistem. Dengan fitur-fitur yang ditawarkan, *software* ini memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan efektivitas operasional dan kualitas pengambilan keputusan pada berbagai jenis sistem [15].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

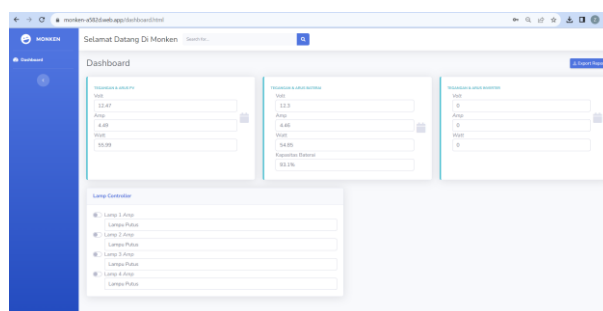
3.1 Hasil

Dalam melakukan pengujian, langkah pertama yang harus dilakukan adalah memastikan seluruh komponen dan rangkaian alat sistem pemantauan telah terpasang. Setelah seluruh komponen sistem pemantauan telah terpasang, maka dilakukanlah pengujian untuk memastikan kinerja sistem pemantauan berjalan dengan baik. Pengujian dilakukan dengan memastikan sistem terhubung dengan jaringan internet atau *Wifi*. Setelah terhubung ke jaringan internet, sistem membaca hasil yang tertangkap oleh sensor. Kemudian hasil pembacaan sensor tersebut dikirim data *spreadsheet* dan masuk ke *firebase* (pastikan *firebase* siap). Setelah data masuk ke *firebase*, pengguna dapat melihat data hasil pengukuran dengan cara membuka laman monitoring <https://monken-a582d.web.app/>. Maka akan diarahkan ke halaman *log in* seperti pada Gambar 8. Jika belum memiliki akun, pada sistem ini juga terdapat *form register* dengan tampilan seperti pada Gambar 9.

Gambar 8. Tampilan Halaman *Login*Gambar 9. Tampilan Halaman *Register*

Pada pengujian yang dilakukan pada tanggal 5 juni 2023, terdapat pengukuran beberapa parameter yang terkait dengan sistem PV dan baterai. Data tersebut mencakup tegangan PV, arus PV, daya yang dihasilkan oleh PV, tegangan baterai, arus baterai, daya yang diambil dari baterai, tegangan inverter, arus *inverter*, dan daya yang dihasilkan oleh *inverter*. Dalam pengukuran pertama pada pukul 15:04:37, tegangan PV sebesar 11,22 V, arus PV 0,07 A, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 0,79 W. Tegangan baterai pada saat itu adalah 11,01 V, dengan arus baterai sebesar 2,97 A dan daya baterai sebesar 32,70 W. Tegangan *inverter* adalah 220 V, sedangkan arus *inverter* dan daya *inverter* tidak ada. Pada pengukuran berikutnya, terlihat fluktuasi pada parameter-parameter tersebut. Misalnya, pada pengukuran pukul 15:05:13, tegangan PV adalah 11,18 V, arus PV 0,22 A, dan daya panel surya 2,46 W. Tegangan baterai sebesar 10,98 V, dengan arus baterai 2,95 A dan daya baterai 32,39 W. Tegangan *inverter* tetap pada 220 V, namun arus dan daya *inverter* tidak ada. Dalam beberapa pengukuran lainnya, terlihat variasi nilai tegangan, arus, dan daya pada PV dan baterai. Pengukuran terakhir pada pukul 15:07:29 menunjukkan tegangan PV sebesar 11,18 V, arus PV 0,24 A, dan daya PV 2,68 W. Tegangan baterai adalah 10,99 V, dengan arus baterai 3,01 A dan daya masuk mengisi baterai 33,08 W. Tegangan *inverter* tetap pada 220 V, namun arus dan daya *inverter* tidak ada (karena beban dalam posisi off). Tegangan PV berkisar antara 11.17 V hingga 13.06 V, dengan arus PV antara 1.92 A hingga 2.35 A, dan daya PV antara 22.37 W hingga 30.48 W. Tegangan baterai stabil pada 11.34 V hingga 11.81 V, dengan arus baterai berkisar antara 1 A hingga 10.98 A, dan daya baterai antara 11.85 W hingga 112.73 W. Tegangan *inverter* konstan pada 220 V, dengan arus inverter sebesar 1 A. kondisi pengujian yaitu lampu-lampu pada sistem ini dalam kondisi *off* kecuali pada beberapa kasus dimana lampu hidup.

Data yang diberikan adalah hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya pada sistem PV, baterai, dan inverter pada waktu dan tanggal tertentu. Tegangan PV berkisar antara 12.21 V hingga 12.6 V, dengan arus PV antara 3.53 A hingga 4.71 A, dan daya PV antara 43.1 W hingga 58.78 W, dengan arus baterai berkisar antara 3.68 A hingga 4.5 A, dan daya baterai antara 29.26 W hingga 39.02 W. Untuk melihat hasil pengukuran terlihat pada halaman *dashboard*, tampilan *dashboard* dapat dilihat pada Gambar 10.

Gambar 10. Tampilan *Dashboard* Monitoring dan Kendali

3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, mengungkapkan keefektifan sistem monitoring kendali dalam mengontrol dan memantau daya luaran panel surya secara *real-time*. Sistem monitoring kendali ini dirancang untuk memonitor dan mengontrol daya luaran PV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi sistem monitoring kendali mampu meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional sistem. Dengan adanya pemantauan secara *real-time*, sistem dapat mendeteksi adanya kegagalan atau perubahan kondisi yang tidak diinginkan, sehingga tindakan koreksi dapat segera dilakukan untuk mencegah kerusakan atau kegagalan sistem yang lebih serius. Sistem Monitoring dan kendali ini juga dapat menyajikan data *report* dalam bentuk *spreadsheet*. Untuk menampilkan data *report* tersebut pengguna hanya cukup mengklik *button export report*. Berikut adalah *report* hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 11.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	date	tegangan_pv	arus_pv	daya_pv	tegangan_bat	arus_bat	daya_bat	tegangan_inv	arus_inv	daya_inv		
2	Thursday, June-08-2023-11:35:30	12,47	4,49	56,04	8,72	4,46	38,89	220	0	0		
3	Thursday, June-08-2023-11:35:48	12,45	4,29	53,38	8,24	4,26	35,14	220	0	0		
4	Thursday, June-08-2023-11:36:00	12,38	4,52	55,96	8,34	4,45	37,09	220	0	0		
5	Thursday, June-08-2023-11:36:11	12,36	4,34	53,58	8,57	4,35	37,28	220	0	0		
6	Thursday, June-08-2023-11:36:23	12,4	4,71	58,47	8,61	3,81	32,81	220	0	0		
7	Thursday, June-08-2023-11:36:38	12,47	4,52	56,36	8,25	4,12	33,98	220	0	0		
8	Thursday, June-08-2023-11:36:50	12,43	4,52	56,18	8,07	4,08	32,95	220	0	0		
9	Thursday, June-08-2023-11:37:04	12,35	4,51	55,66	7,7	4,46	34,35	220	0	0		
10	Thursday, June-08-2023-11:37:16	12,38	4,49	55,65	8,47	4,25	36,01	220	0	0		
11	Thursday, June-08-2023-11:37:29	12,38	4,53	56,11	8,38	3,86	32,35	220	0	0		
12	Thursday, June-08-2023-11:37:41	12,4	4,48	55,59	8,21	4,13	33,9	220	0	0		
13	Thursday, June-08-2023-11:37:53	12,4	4,54	56,35	8,13	4,5	36,56	220	0	0		
14	Thursday, June-08-2023-11:38:04	12,44	4,4	54,68	8,36	3,87	32,4	220	0	0		
15	Thursday, June-08-2023-11:38:16	12,34	4,48	55,32	8,14	4,46	36,31	220	0	0		
16	Thursday, June-08-2023-11:38:28	12,46	4,41	54,92	8,23	3,81	31,38	220	0	0		
17	Thursday, June-08-2023-11:38:44	12,45	4,7	58,55	8,19	4,09	33,51	220	0	0		
18	Thursday, June-08-2023-11:38:57	12,47	4,53	56,51	8,23	4,26	35,1	220	0	0		
19	Thursday, June-08-2023-11:39:08	12,38	4,51	55,79	8,23	4,37	36,01	220	0	0		
20	Thursday, June-08-2023-11:39:20	12,4	4,4	54,52	8,02	4,42	35,46	220	0	0		

Gambar 11. Tampilan Hasil Data Pengukuran

Keterangan:

Kolom A = Waktu dan Tanggal

Kolom B = Tegangan PV

Kolom C = Arus PV

Kolom D = Daya PV

Kolom E = Tegangan Baterai

Kolom F = Arus Baterai

Kolom G = Daya Baterai

Kolom H = Tegangan Inverter

Kolom I = Arus Inverter

Kolom J = Daya Inverter

Hasil pengujian di semua aspek di alat pada sistem pemantauan dan sistem kendali pada PV menunjukkan beberapa temuan yang penting. Pengujian terhadap modul relay juga berhasil, dengan modul relay dapat mengontrol kinerja elemen pemantauan secara efektif. Pada sistem pengukuran parameter-parameter seperti tegangan PV, arus PV, dan daya PV menunjukkan fluktuasi yang bisa dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal. Namun, tegangan baterai, arus baterai, dan daya baterai tetap dalam rentang yang diharapkan. Dengan demikian, hasil pengujian pada semua aspek alat menunjukkan kinerja yang memadai dan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang sistem PV secara keseluruhan. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa sistem monitoring kendali memiliki peran krusial dalam meningkatkan kontrol, keandalan, efisiensi, dan keamanan sistem. Dengan penerapan sistem ini, pengguna dapat mengoptimalkan kinerja sistem, mengurangi kerugian akibat kegagalan, dan meningkatkan produktivitas secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem monitoring dan kendali PV dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional PV. Dengan menggunakan sensor dan monitoring berbasis *web*, sistem ini mampu memantau kinerja PV. Peneliti menunjukkan bahwa sistem monitoring kendali PV dapat bekerja dengan baik. Melalui pemantauan *real-time*, sistem ini dapat mendeteksi gangguan atau masalah yang mungkin terjadi pada PV dan memungkinkan tindakan perbaikan yang cepat. Hal ini mengurangi waktu henti dan meningkatkan masa pakai PV. Salah satu manfaat utama dari sistem monitoring kendali PV adalah kemampuannya untuk memantau PV secara jarak jauh. Dengan menggunakan teknologi jaringan dan internet,

pengguna atau teknisi dapat memonitor kinerja panel surya dari lokasi yang jauh. Ini sangat bermanfaat dalam mengelola dan memelihara instalasi panel surya yang tersebar secara geografis.

Penelitian ini juga menyoroti kemampuan sistem monitoring kendali panel surya untuk terintegrasi dengan sistem energi terbarukan lainnya, seperti sistem baterai penyimpanan energi atau sistem *grid*. Integrasi ini memungkinkan pengoptimalan energi yang lebih efisien dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan secara keseluruhan. Kesimpulan ini menunjukkan bahwa sistem monitoring kendali panel surya memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya operasional, meningkatkan keandalan, dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dalam penggunaan energi terbarukan. Dalam konteks yang lebih luas, penggunaan sistem monitoring kendali PV dapat berkontribusi pada peralihan yang lebih baik menuju sumber energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Salam, Brilyan Edward Muhammad, Ikhsan Kamil, and Nuha Nadhiroh. "Sistem Monitoring Luaran Daya Panel Surya Solar Tracker Berbasis Internet of Things Dengan GOIOT." *ELECTRICES* 3.2 (2021): 53-59. R. Arulmozhiyal and K. Baskaran, "Implementation of a Fuzzy PI Controller for Speed Control of Induction Motors Using FPGA," *Journal of Power Electronics*, vol. 10, pp. 65-71, 2010.
- [2] Nadhiroh, Nuha, et al. "Pemanfaatan Reflektor Untuk Peningkatan Daya Luaran Panel Surya." *Jurnal Poli-Teknologi* 21.3 (2022): 97-106. Z. Yin Hai, et al., "A Novel SVPWM Modulation Scheme," in *Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2009. APEC 2009. Twenty-Fourth Annual IEEE*, 2009, pp. 128-131.
- [3] Pratama, M. Freza. Sistem Monitoring Dan Kontrol Daya Plts Menggunakan Iot Berbasis Fuzzy Logic. Diss. Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2021. D. Zhang, et al., "Common Mode Circulating Current Control of Interleaved Three-Phase Two-Level Voltage-Source Converters with Discontinuous Space-Vector Modulation," *2009 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, Vols 1-6*, pp. 3906-3912, 2009.
- [4] Rifky, Rifky, Dan Mugisidi, and Agus Fikri. "Kinerja Solar Cell Yang Ditempatkan Pada Atap Dan Dinding Model Bangunan Terintegrasi Sistem Fotovoltaik." *Prosiding SNST Fakultas Teknik 1.1* (2021). Motors Using FPGA," *Journal of Power Electronics*, vol. 10, pp. 65-71, 2010.
- [5] Wahyu, Syafrima, Mohamad Syafaat, and Agnes Yuliana. "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Menggunakan Arduino Bertenaga Surya Terintegrasi Internet of Things (IoT)." *Jurnal Teknologi* 8.1 (2020): 22-33. Z. Yin Hai, et al., "A Novel SVPWM Modulation Scheme," in *Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2009. APEC 2009. Twenty-Fourth Annual IEEE*, 2009, pp. 128-131.
- [6] Febriani, Siti Diah Ayu, Risse Entikaria Rachmanita, and Mochamad Irwan Nari. "Instalasi pembangkit listrik tenaga surya berbasis teknologi informasi guna terbentuknya pondok mandiri energi di pp. nurussalam ambulu jember." *Prosiding* (2019). D. Zhang, et al., "Common Mode Circulating Current Control of Interleaved Three-Phase Two-Level Voltage-Source Converters with Discontinuous Space-Vector Modulation," *2009 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, Vols 1-6*, pp. 3906-3912, 2009.
- [7] Wahyu, Syafrima, et al. "Aplikasi Sensor BH1750 Untuk Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Menggunakan Arduino Bertenaga Surya Terintegrasi Internet of Things (IoT)." *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika* 9.1 (2021): 71-78. Motors Using FPGA," *Journal of Power Electronics*, vol. 10, pp. 65-71, 2010.
- [8] Wicaksono, Darma Arif, et al. "Peningkatan Efisiensi Panel Surya pada Instalasi Rooftop berbasis Internet of Things (IoT)." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)* 3.2 (2021): 104-110.
- [9] Muslim, Supari, Khusnul Khotimah, and Alfiantin Noor Azhiimah. "Analisis Kritis Terhadap Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Tipe Photovoltaic (Pv) Sebagai Energi Alternatif Masa Depan." *Rang Teknik Journal* 3.1 (2020): 119-130.
- [10] Erwanto, D., & Sugiarto, T. (2020). Sistem Pemantauan Arus Dan Tegangan Panel Surya Berbasis Internet of Things. *MULTITEK INDONESIA*, 14(1), 1-12.
- [11] Haris, A., & Hendrian, E. (2019). Sistem Monitoring dan Klaster Ketersediaan Energi Menggunakan Metode K-Means pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 4(2), 266-271.
- [12] Sinaga, W. D., & Prabowo, Y. (2018). Monitoring Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan Oleh Sel Surya Berbasis Web Secara Online. *SKANIKA*, 1(3), 1273-1277.
- [13] Putri, Y. S., Suryono, S., & Suseno, J. E. (2017). Wireless sensor system untuk pengukuran daya listrik panel surya. *Youngster Physics Journal*, 6(3), 221-228.
- [14] C. Wang, B. Wang, H. Liu, and H. Qu, "Anomaly Detection for Industrial Control System Based on Autoencoder Neural Network," *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2020, pp. 1–10, Aug. 2020, doi: 10.1155/2020/8897926.
- [15] S. Mokhtari, A. Abbaspour, K. K. Yen, and A. Sargolzaei, "A Machine Learning Approach for Anomaly Detection in Industrial Control Systems Based on Measurement Data," *Electronics*, vol. 10, no. 4, p. 407, Feb. 2021, doi: 10.3390/electronics10040407.

Based on Outseal Studio and Haiwell Cloud Scada to Check Parking System Availability using Arduino Nano on The Miniature Parking Lot

Henri Sulistiawan¹, Rini Puji Astutik², Yunani Ristanto³

^{1,2,3} Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Muhammadiyah University Gresik
Jl. Sumatra No. 101, Mt. Malang, Randuagung, Gresik Regency 61121

Informasi Makalah

Dikirim, 27 Oktober 2023
Diterima, 17 November 2023
Diterbitkan, 14 Desember 2023

Keyword:

Arduino nano PLC
Outseal studio
SCADA
Slot
Parking area

ABSTRACT

The availability of parking areas is still difficult to monitor effectively. User often encounter messy vehicles in the parking lot. It caused the vehicle to disappear. This research needs to determine the availability of vehicles at the parking location. The field of electronics is in the form of industrial automation systems. This development began with the emergence of several controllers, including microcontrollers and microprocessors. One of the functions of this development was to make human work easier by controlling a system automatically, for example, automated parking. This system works in the area of a parking slot and records the number of vehicles in each slot parking. This system is controlled via Arduino nano PLC which then displays using SCADA, namely Haiwell Cloud SCADA. This parking system proved to connect parking slots, open automatic door latches, and provide information in the form of data reports for each slot to the parking attendant. This research was able to make user easier for parking officers, to control the parking area as well as increase the security of the parking area and minimize the loss of vehicles parked in each slot.

Korespondensi Penulis:

Henri Sulistiawan, Rini Puji Astutik, Yunani Ristanto
Undergraduate Study Program in Electrical Engineering
Faculty of Engineering, Muhammadiyah University Gresik
Jl. Sumatra No. 101, Mt. Malang, Randuagung, Gresik Regency 61121
Email : henri.sulistiawan@gmail.com; astutik_rpa@umg.ac.id

1. INTRODUCTION

In this era of rapid technological development, especially in the electrical sector, one of them is automation. Basically, this development leads to control (processing systems), one of which is PLC. The programmable Logic Controller (PLC) is the central controlling unit in the industry or a process [1]. An example of a PLC type is the Arduino nano PLC. One of the benefits of a PLC is an automatic parking system.

In general, the parking system is an element that aims to provide a place to tidy up the position of the vehicle. In public cases, what often happens is that the vehicle disappears in the parking area and makes the owner less comfortable when leaving the vehicle to carry out activities. Apart from that, parking is often messy due to a lack of real monitoring of parking slots.

Based on previous research, this controlled parking system has been discussed. From [2] with the title "Design and Construction of an Automatic System Trainer Module for Controlling Motorbike Capacity in Parking Areas Based on Outseal PLC," it can be seen that in calculating vehicles using the display of incoming and outgoing vehicles with MAX7129 LED dot matrix, not with SCADA. In the second research discussed in [3] with the title "Design and Construction of an Information System for the Availability of Parking Slots in Malls" here it can be seen that this parking system uses an Arduino Mega 2560 as a processor. In the input device, the researcher uses an infrared sensor, and an ultrasonic sensor, while the output uses a motor. servo in each parking slot and for display using a TFT LCD and using thermal printing as a print of incoming vehicle tickets. This research uses an Arduino idea without using an external PLC and is not equipped with SCADA. The third research is discussed in [4] with the title "Designing a Parking System Design Using Outseal PLC Based on Internet of Things (IoT)". This research creates a tool using Outseal PLC v3.2 and ESP8266 as a wireless communication medium. This research uses RFID and proximity cylinders. The fourth research is discussed in [5] with the title "Miniature determination of 3-story automatic parking availability based on PLC and HMI". This research creates a 3-story parking lot with a PLC and then displays it on the HMI. In [6] with

the title "Designing Automatic Vertical Rotating Car Parking System Control Using Outseal PLC and Android HMI". This research creates a rotating parking system with Mega V1 outseal which is then displayed on the Android HMI. In [7] with the title "prototype of an automatic multi-story parking system based on a programmable logic controller and SCADA-HMI". This research designs and makes a prototype of an automatic multi-story parking system using control based on a Programmable Logic Controller (PLC) and SCADA-Human Machine Interface (HMI). The programming language used is a ladder diagram created using CX-Program 9.0 software. Making a prototype of a multi-story parking lot with 16 spaces in the form of a 4 x 4 matrix column, a lift lifting mechanism with chain transmission, a drive wheel mechanism with straight gears (spurs gears), and a pneumatic tool moving mechanism using a slider. In [8] with the title "Informative parking system model based on a programmable logic controller (PLC)". This research creates an automatic parking system that can provide information on the location of empty parking slots to drivers by using a Programmable Logic Controller (PLC) and LDR sensors as portal openers. In [9] with the title "parking system design with parking location recommendations". This research designs a parking system with recommended parking locations. The motorist will receive a printout of a ticket from a thermal printer that says the recommended parking location, namely the one closest to the entrance to the building or facility, programmed via a microcontroller. In [10] with the title "parking system design with parking location recommendations". This research designs a system to open and close entry and exit portals automatically and provide information on parking slots that are still available to parking service users on a monitor screen placed before the entry portal. This design uses an infrared sensor and LED lights in each parking slot, where the infrared sensor will read obstacles that are right in front of the sensor, and the LED lights function to provide an indication that it will light up if the slot is filled and the lights will not come on if the parking slot is not filled.

From the background above, the author innovated, namely creating a Based on Outseal Studio and Haiwell Cloud Scada to Check Parking System Availability using Arduino Nano on The Miniature Parking Lot. The work process in this system is monitoring workflow in the area of a parking slot and recording the number of vehicles in each parking slot. This system is controlled via Arduino nano PLC which then displays using SCADA, namely Haiwell Cloud SCADA. This parking system is designed to monitor parking slots, open automatic door latches and provide information in the form of report data for each slot to parking officers. From the results of making this tool, this problem can be overcome.

2. METHOD

This research method is divided into three stages to implement the Parking Check Availability System. The first stage is Designing the detail part and the next stage is designing the overall system as a prototype. The third stage the last stage is the implementation

2.1. Designing Detailed Part

This design process uses Arduino Nano[11] as a PLC and the main control system is programmed using Outseal Studio software[12]. Apart from that, to monitor this system, Haiwell Cloud SCADA software is used. Haiwell Cloud SCADA is a SCADA and HMI design software developed by Xiamen Haiwell Technology Co., Ltd based on Net-framework[13]. The design is started by assembling the electronic components and programming them so that the system can work as the desired work plan. The detailed design system can be seen in Figure 1.

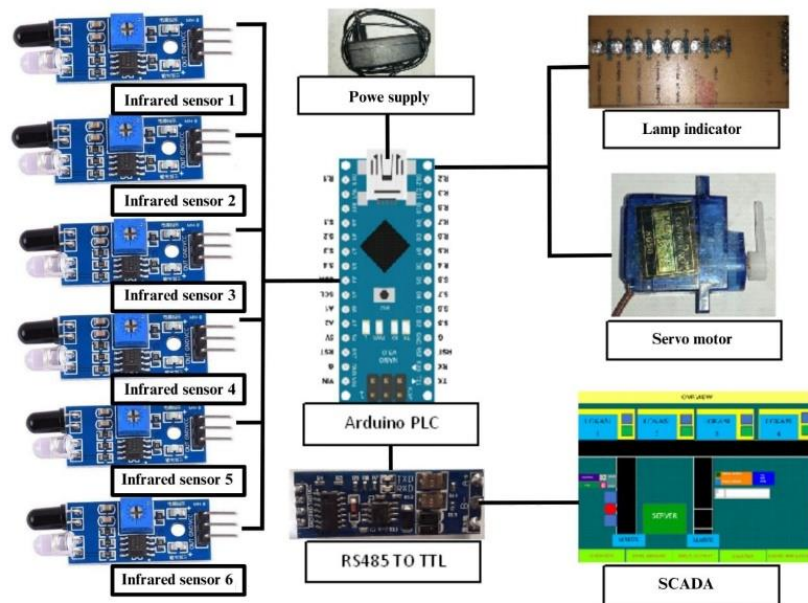


Figure 1. Designing Detailed Part

The following is the location of the system design input and output configuration in Figure 1.

Table 1. Input And Output Configuration

Input Component	Pin Arduino nano PLC	Output Component	Pin Arduino nano PLC
Infrared sensors 1	S1	Lamp Indicator slot 1	R1
Infrared sensors 2	S2	Lamp Indicator slot 2	R2
Infrared sensors 3	S3	Lamp Indicator slot 3	R3
Infrared sensors 4	S4	Lamp Indicator slot 4	R4
Infrared sensors 5	S5	Lamp Indicator slot full	R5
Infrared sensors 6	S6	Lamp Indicator start mode	R6
RS 485 to ttl	Rx,Tx	Lamp Indicator stop mode	R8
Power supply	V.in	Servo motor	R7

The interface design and its features as in SCADA(Supervisory control and data acquisition)[14] which contained input-output device, report, overview design, and counter as shown in Figure 2

2.1.1. Input Output

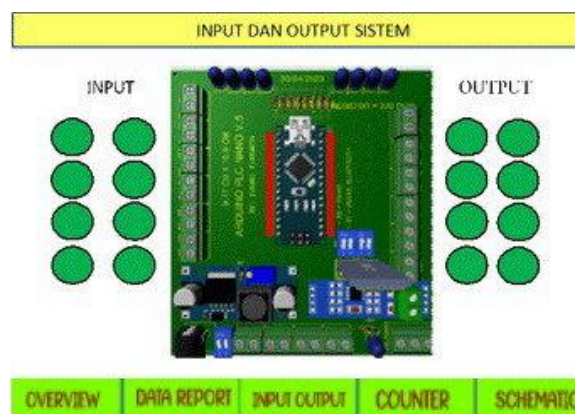


Figure 2. Scada Input-Output Display Design

In the input and output display, it indicates the input-output part used in the both external and internal system.

2.1.2. Data Report



The image shows a software interface for a data report. At the top is a yellow header bar labeled "REPORT". Below it is a large teal rectangular area. In the center of this area is a white table with the title "REPORT COUNTER SLOT PARKIR". The table has five columns: "START DATE : TIME", "COUNTER 1", "COUNTER 2", "END DATE :", and "COUNTER 4". There are several empty rows for data entry. At the bottom of the interface is a green navigation bar with five buttons: "OVERVIEW", "DATA REPORT", "INPUT OUTPUT", "COUNTER", and "SCHEMATIC".

Figure 3. Scada Data Report Display Design

The report Display part shows system events in real-time from the start until the end of the operation system as seen on Figure 3. In this part, the report can also be saved as a document in PDF, XLS, and CSV formats. The read data contains counter data for each parking slot per day.

2.1.3. Overview

In Figure 4, the overview display is used for monitoring the condition of the parking lot as real. In this part, the server can monitor and find out the location of the parking that is being used. This display is also the main display because the program start button is located here.

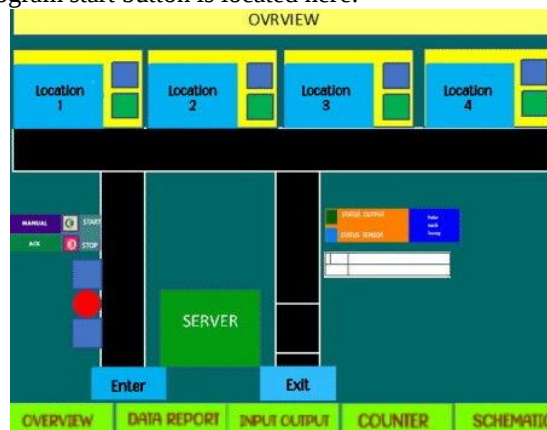


Figure 4. Scada overview display design

2.1.4. Counter

The counter display is to determine the number of vehicles parked in each slot per day as shown in Figure 5. This platform is also equipped with a reset button on each parking slot counter that functions to reset the number of counters per day.



Figure 5. Scada Counter Display Design

2.2. Prototype Design

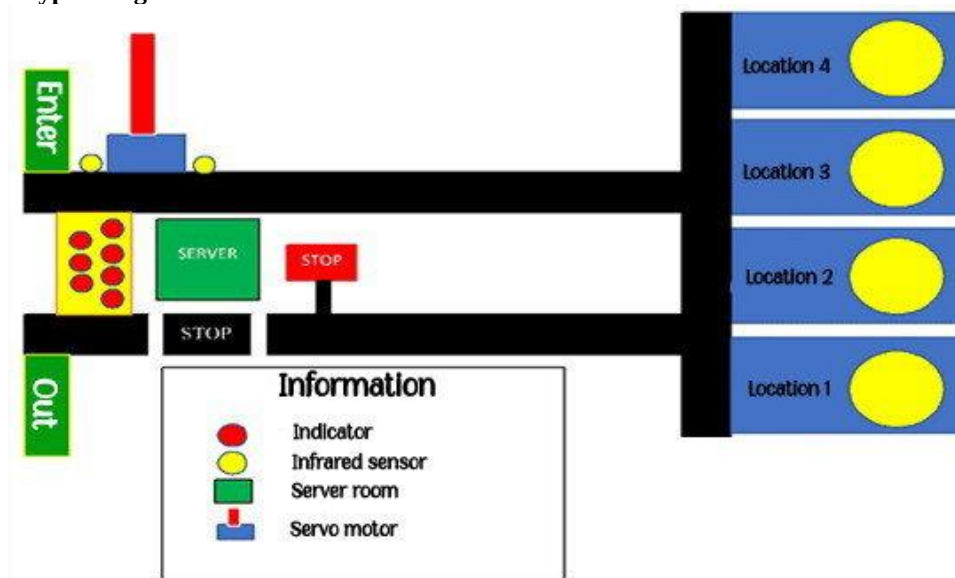


Figure 6. Prototype Design

Figure 6 displays a prototype design plan using 6 infrared sensors, where the 2 sensors are placed to automatically open and close the door bars. In the meantime, the other 4 sensors are for detecting and counting the vehicles in each slot. The SG90 servo motor is used as a controller for opening and closing the door bars. All processes will be controlled and monitored via the SCADA system with running time on a PC or laptop in real-time.

2.3. Function Diagram

The function of diagram of this system is a sequence of instructions for running the system program tool in a design. Functionally, flowcharts can provide a clear picture of the work sequence of the tool system that has been made. The purpose of making flowcharts is to show step-by-step problem-solving in a simple, structured, and clear way. An explanation of the flow of the tool system can be seen in Figure 7.

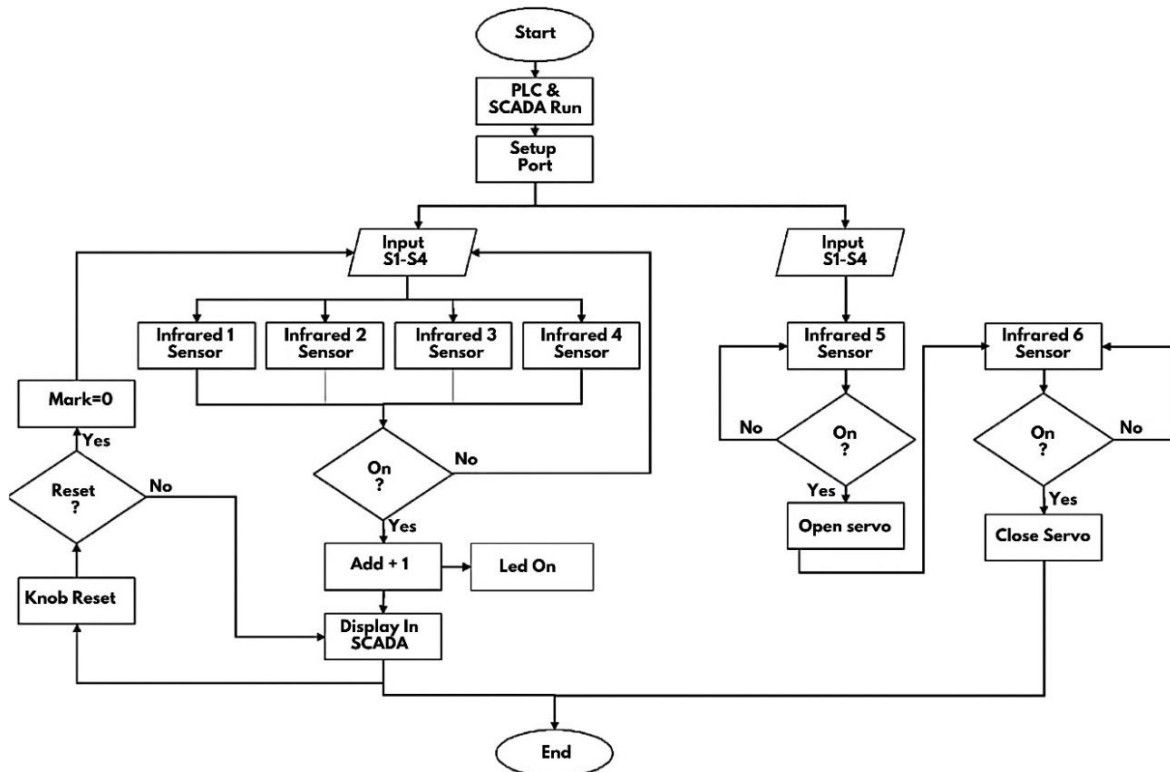


Figure 7. Function Diagram

In accordance with Figure 7, the way this system works is centered on the PLC and SCADA as centralized controllers. The diagram starts from the Arduino PLC and SCADA when on. In its working principle, the infrared sensor works by emitting light from an LED, and the light is received by a photodiode [15]. When the infrared sensor connected to pin S5 turns on, the servo motor will change position to center, meaning the door latch is open, while the infrared sensor connected to pin S6 turns on, the servo motor will change position to right, meaning the door latch will close. Then an infrared sensor connected to pins S1-S4 functions to detect every vehicle that enters the parking slot. At that time the counter value will increase automatically. In the calculations and processes, the input and output will be monitored in real-time

3. RESULTS AND DISCUSSION



Figure 8. Prototype Design Results

After completing the tool that is made, the next step is to test the tool. At the time of testing this tool, there were several analysis including doorstop testing, infrared sensor testing, counter testing, overall testing, and SCADA testing. The following are test data on the based on outseal studio and haiwell cloud SCADA to check parking system availability using Arduino Nano on the miniature parking lot. SCADA systems are generally connected to PLCs via communication protocols [16].

3.1. Doorstop Testing and Analysis

In this doorstop test, it is used to test the feasibility of the doorstop as the entrance to this system.



Figure 9. System Doorstop

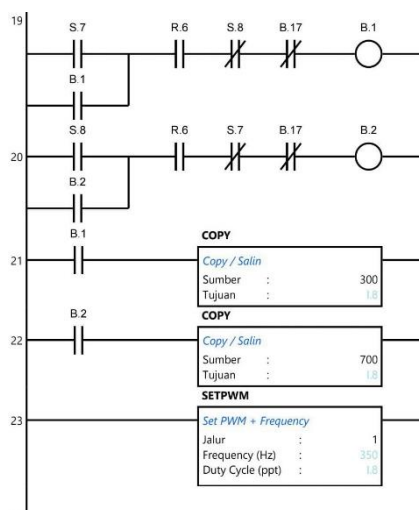


Figure 10. Doorstop ladder

Table 2. Crossbar System Test Results

No	Test type	Compatibility		Information
		Yes	No	
1.	The door latch opens	V		The door bar opens if the sensor is on
2.	The door latch closes	V		The door bar closes if the sensor is on

From the data results, the door latch opens if infrared sensor 5 is detected with a duty cycle of 300 ppt, while the door latch closes if infrared sensor 6 is detected with a duty cycle of 700 ppt. The resulting duty cycle value itself is a scale in the form of a servo motor's degree rotation, namely 0o and 90o [17].

3.2. Infrared Sensor Testing



Figure 11. System Infrared Sensors

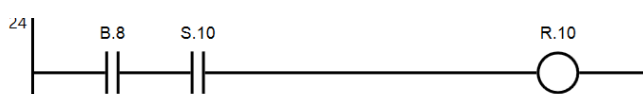


Figure 12. Infrared Sensor Ladder

The results of the infrared sensor was used in this system.

Table 3. Infrared Sensor Test Results

Sensors list	Detection testing			Information
	1 Cm	3 Cm	5 Cm	
Infrared sensors 1	V	V	V	The sensor works according to function
Infrared Sensors 2	V	V	V	The sensor works according to function
Infrared sensors 3	V	V	V	The sensor works according to function
Infrared sensors 4	V	V	V	The sensor works according to function
Infrared sensors 5	V	V	V	The sensor works according to function
Infrared sensors 6	V	V	V	The sensor works according to function

Table 3. shows all 6 infrared sensors can work properly. The sensors can also detect objects up to 5 cm with a voltage of 5 vdc.

3.3. Counter Testing and Analysis

The third test is counter-testing on the system. This test aims to determine the performance of the counter on the sensor according to function or not. This test was carried out 3 times. The following is the counter-test result data as in Table 4.

Table 4. Counter Test Results

No	Counter Test	Output				Counter total	Keterangan
		Counter 1	Counter 2	Counter 3	Counter 4		
1.	2 x	2	2	2	2	8	According To Function
2.	3 x	3	3	3	3	12	According To Function
3.	5 x	5	5	5	5	20	According To Function

From table 4 the counter can work well, namely being able to count the vehicles parked in the parking slot.

3.4. Testing and Analysis of Parking Slots



Figure 13. Testing and Analysis Of Parking Slots

The fourth test is the parking slot test. This test includes testing sensors and counters on this system. The purpose of this overall test is to follow up on previous tests related to the performance of this system and ensure synchronization between the sensor and counter. This test is for an online test between Outseal Studio and the created system. This research is related to displays of fully occupied parking slots [18].

Table 5. Parking Slot Test Results

Time and date	Slots 1		Slots 2		Slots 3		Slots 4	
	Infrared sensors 1	Counter 1	Infrared sensors 2	Counter 2	Infrared sensors 3	Counter 3	Infrared sensors 4	Counter 4
17.22 August 15, 2023	High	1	Low	0	Low	0	Low	0
17.23 August 15, 2023	Low	1	High	1	Low	0	Low	0
17.24 August 15, 2023	Low	1	Low	1	High	1	Low	0

From the results of the data in Table 5, it can be seen that if the condition of the sensor is high then the counter will be counted, on the contrary when the condition of the sensor is Low thus the counter will remain the same at previous counting.

3.5. SCADA Testing and Analysis (Overall Testing)

The last test is SCADA testing where this test is also called overall testing. This test consists of a series of all previous tests. The purpose of this test is to determine the relationship between software and hardware in this system. In this case, it will be tested evenly.

Table 6. Scada Testing(Overall Testing)

SCADA Parts	Figure	Test Result
Input Output		Figure 14 shows the external input and output display. This input means the address S1-S8 while the output address is R1-R8. In this display, if the input is in High condition, the color will change to bright and vice versa.

Figure 14. Input Output Display

Counter

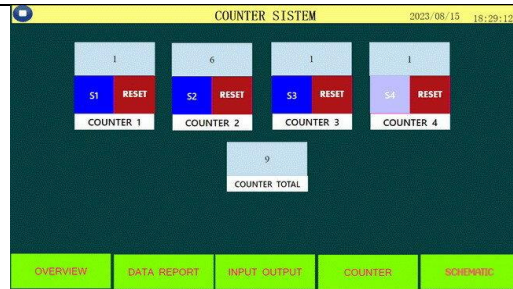


Figure 15. Counter Display

Figure 15 shows the external input and output display. This input means the address S1-S8 while the output address is R1-R8. In this display, if the input is in High condition, the color changes to light and vice versa.

Overview

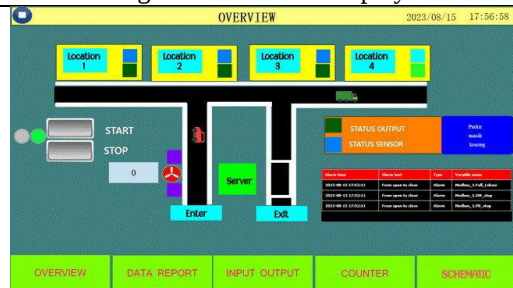


Figure 16. Overview Display

Figure 16 shows a view where if the start button is pressed the Bitlamp will be green. At location 4, the Bitlamp flashes green which means there is a parked vehicle and the light blue Bitlamp indicates the sensor status is High. Meanwhile, in Locations 1 – 3 there are no changes, which means the slots are empty.

Data Report

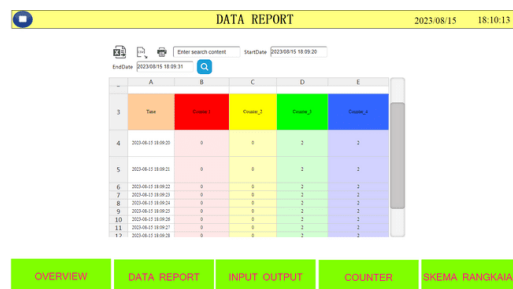


Figure 17. Display Data Reports

Figure 17 shows the data report display. In this display there is a table where this table will record parking location events in real time. The results of this report can be saved in Excel, PDF and CSV format. Figure 18 shows the results of the report data in Excel form. From this test, what is recorded is the counter sensor in parking slots 1 to 4. The time the data is recorded is every second.

A	B	C	D	E	F
1	Record And Report Counter Location				
2	Parking				
3	10/23/2023 12:34		10/23/2023 12:35		
4	Time	Counter_1	Counter_2	Counter_3	Counter_4
5	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
6	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
7	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
8	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
9	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
10	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
11	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
12	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
13	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
14	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
15	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
16	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
17	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
18	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
19	10/23/2023 12:34	5	7	1	11
20	10/23/2023 12:34	5	7	1	11

Figure 18. Data Report Results in Excel Form

From the test results above, the system we created runs according to its performance. Apart from that, this system is equipped with SCADA which can help officers monitor parking slots. SCADA is simply defined as a system that can supervise, control, and acquire data on plant [18]. This SCADA system is also equipped with data reports that can be used to monitor the use of parking slots and the number of vehicles during the time set by the parking officer. This is an update from the previous one which only focused on the hardware parking slot system, meaning that in terms of security and real-time monitoring, it was still lacking. It related to [19] slot parking provides information on empty parking slots and can search for the drivers parking slot location if the driver forgot where he parked. SCADA system uses a computer to display sensor values, display graphs, store data in a database and display it on a web system [20].

4. CONCLUSION

Based on the results of research on designing a Based on Outseal Studio and Haiwell Cloud Scada to Check Parking System Availability using Arduino Nano on The Miniature Parking Lot were the door latch uses a servo motor and infrared sensor to run normally, the reading of the infrared sensor as a counter for each parking slot was 100% accurate and there were no problems during the 3x tests, SCADA and hardware are very compatible so that when used, it works well. this system based on SCADA can make it easier for parking officers to control and improve security in the parking area. The other advantages of this system make user easy to monitor slots and the number of vehicles.

REFERENCE

- [1] M. G. Hudedmani, R. M. Umayal, S. K. Kabberalli, And R. Hittalamani, "Programmable Logic Controller (Plc) In Automation," *Adv. J. Grad. Res.*, Vol. 2, No. 1, Pp. 37–45, 2017, Doi: 10.21467/Ajgr.2.1.37-45.
- [2] U. M. Area, "Motor Di Area Parkir Berbasis Skripsi Oleh : Imei Iriansyach Perangin-Angin Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan Skripsi Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Di Fakultas Teknik Universitas Medan Area Oleh : Imei Irians," 2023, [Online]. Available: <https://Repositori.Uma.Ac.Id/Handle/123456789/19662>
- [3] A. P. Wiseso, D. Irawan, And R. P. Astutik, "Rancang Bangun Sistem Informasi Ketersediaan Slot Parkir Dalam Mall," *E-Link J. Tek. Elektro Dan Inform.*, Vol. 17, No. 2, P. 19, 2022, Doi: 10.30587/E-Link.V17i2.4640.
- [4] R. S. Violinda And P. Jaya, "Rancang Bangun Sistem Parkir Menggunakan Plc Outseal Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. Dan Inform.*, Vol. 10, No. 3, P. 48, 2022, Doi: 10.24036/Voteteknika.V10i3.118849.
- [5] D. Monika, "Miniature Penentuan Kesediaan Parkir Otomatis 3 Lantai Berbasis Plc Dan Hmi," *Electrices*, Vol. 3, No. 1, Pp. 21–27, 2021, Doi: 10.32722/Ees.V3i1.3919.
- [6] R. Purnomo *Et Al.*, "Id : 23 Pengendalian Sistem Parkir Mobil Putar Vertikal Otomatis Menggunakan Plc Outseal Dan Hmi Android The Controlling Automatic Vertical Rotating Car Parking System Using A Plc Outseal And Android Hmi," No. November 2021, Pp. 182–190, 2021.
- [7] S. Tresno *Et Al.*, "Prototipe Sistem Parkir Bertingkat Otomatis Berbasis Programmable Logic Controller Dan Scada-Hmi," Vol. 8, No. Kommit, Pp. 381–390, 2014.
- [8] S. R. Intan A, D. Triyanto, And Ilhamsyah, "Model Sistem Parkir Informatif Berbasis Programmable Logic Controller (Plc)," *J. Coding Sist. Komput. Univ. Tanjungpura*, Vol. 02, No. 1, Pp. 1–9, 2014.
- [9] D. Zulkarnain, E. S. Julian, J. T. Elektro, F. T. Industri, And U. Trisakti, "1611-3200-1-Sm," Vol. 14, Pp. 17–28, 2017.
- [10] A. I. Pulungan, S. Sumarno, I. Gunawan, H. S. Tambunan, And A. R. Damanik, "Rancang Bangun Sistem Parkir Dan Ketersediaan Slot Parkir Otomatis Menggunakan Arduino," *J. Ilmu Komput. Dan Inform.*, Vol. 2, No. 2, Pp. 127–136, 2022, Doi: 10.54082/Jiki.33.
- [11] C. Nagib, "Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya," *Univ. 17 Agustus 1945 Surabaya*, Pp. 6–34, 2014, [Online]. Available: <https://Repo.Undiksha.Ac.Id/1980/9/1705031010-Lampiran.Pdf>
- [12] A. Bakhtiar, "Panduan Dasar Outseal Plc," *Agung Bakhtiar*, Pp. 1–183, 2019.
- [13] Pt. Canindo Daya ElektriKA, "Haiwell Cloud Scada," 2023. www.Canindo-Cde.Co.Id (Accessed Aug. 05, 2023).
- [14] J. Gao *Et Al.*, "Scada Communication And Security Issues," *Secur. Commun. Networks*, Vol. 7, No. 1, Pp. 175–194, 2014, Doi: 10.1002/Sec.698.
- [15] Fabiana Meijon Fadul, "Penjelasan Sensor Infra Red," Pp. 5–30, 2019.
- [16] Kermani M, Behin A, Erfan S, Catalina A, Domenico L, Luigi M. 2021. Intelligent Energy Management Based on SCADA system in a real Microgrid for Smart Building Applications. *Renewable Energy*. Vol 171, Pp 1115-1127. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.008>.
- [17] A Paula S, "Microcontroller Motor Servo," *J. Chem. Inf. Model.*, Vol. 53, No. 9, Pp. 1689–1699, 2013.
- [18] Lindarwati, Salamah I, Asriyadi, Fadli M. 2019. Sistem Persediaan Slot Parkir dengan Pengaman Data Berbasis Arduino. *Jurnal Digit*. Vol 9, No 2, Pp 122-131. ISSN 2088-589X.
- [19] M Kusnadi, Zaenal Abidin, and Arief Budi Laksono, "Rancang Bangun Alat Sistem Pendeteksi Jumlah Ketersediaan Slot Parkir Mobil Dalam Gedung," *J. JEETech*, vol. 1, no. 1, pp. 31–36, 2020, doi: 10.48056/jeetech.v1i1.9.
- [20] C. Henriques, I. G. A. P. R. Agung, and L. Jasa, "Rancang Bangun Sensor Jarak sebagai Alat Bantu Memarkir Mobil berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, Vol.17, No.1, Pp. 72, 2018, doi: 10.24843/mitte.2018.v17i01.p10.

Potensi Pantai Sine Kabupaten Tulungagung Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

The Potential of Sine Beach Tulungagung Regency as a Solar Power Plant

Geston Bakti Muntoha¹, Dian Septi Nur Afifah², Diesty Hayuhantika³

^{1,2,3} Magister Pendidikan Matematika, Universitas Bhinneka PGRI

JL. Mayor Sujadi Timur No. 7 Tulungagung

Informasi Makalah

Dikirim, 27 Oktober 2023
Diterima, 14 November 2023
Diterbitkan, 14 Desember 2023

Kata Kunci:

Energi
PLTS
Aplikasi
Simulasi

INTISARI

Salah satu potensi pemanfaatan energi terbarukan yaitu dengan membangun sistem pembangkit listrik tenaga surya pada area lahan terbuka seperti di wilayah Kabupaten Tulungagung yang memiliki 23 pantai yang salah satunya Pantai Sine. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi energi yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya apabila dibangun pada lokasi area lahan terbuka di Pantai Sine, Kabupaten Tulungagung dengan menggunakan software simulasi yaitu Helioscope, PV Watts, dan Global Solar Atlas. Kapasitas sistem pembangkit listrik tenaga surya yang dapat dibangun berdasarkan hasil simulasi 3 software adalah sebesar 131.200 Wp atau setara 131,2 kWp. Potensi energi yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya berdasarkan hasil simulasi Helioscope sebesar 173.248,9 kWh/tahun setara dengan 173,2489 MWh/tahun, PVWatts sebesar 172.714,0 kWh/tahun setara dengan 172,7140 MWh/tahun, dan Global Solar Atlas sebesar 204.164,2 kWh/tahun setara dengan 204,1642 MWh/tahun. Rerata hasil potensi produksi energi bulanan menggunakan aplikasi Helioscope sebesar 14.437,4 kWh, PVWatts sebesar 14.392,8 kWh dan Global Solar Atlas sebesar 17.013,7 kWh. Secara keseluruhan potensi produksi energi listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTS apabila dibangun pada area lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung berkisar pada rentang antara 170.000-200.000 kWh/tahun atau 170-200 MWh/tahun dengan rerata potensi produksi energi listrik bulanan PLTS berkisar pada rentang sebesar 14.000-17.000 kWh.

ABSTRACT

One of the potential uses of renewable energy is to build a solar power generation system on open land areas such as in the Tulungagung Regency area which has 23 beaches, one of which is Sine Beach. The purpose of this study is to analyze the potential energy produced by solar power plants when built on the location of open land areas in Sine Beach, Tulungagung Regency using simulation software, namely Helioscope, PV Watts, and Global Solar Atlas. The capacity of the solar power plant system that can be built based on the results of 3 software simulations is 131,200 Wp or equivalent to 131.2 kWp. The potential energy that can be produced by solar power plants based on the results of Helioscope simulations is 173,248.9 kWh/year equivalent to 173.2489 MWh/year, PVWatts is 172,714.0 kWh/year equivalent to 172.7140 MWh/year, and Global Solar Atlas is 204,164.2 kWh/year equivalent to 204.1642 MWh/year. The average monthly energy production potential using the Helioscope application is 14,437.4 kWh, PVWatts is 14,392.8 kWh and Global Solar Atlas is 17,013.7 kWh. Overall, the potential for electrical energy production that can be produced by solar power plants if built on open land areas on Sine Beach, Tulungagung Regency ranges from 170,000-200,000 kWh/year or 170-200 MWh/year with the average monthly electrical energy production potential of PLTS ranging from 14,000-17,000 kWh.

Keyword:

Energy
Solar Power Plant
Application
Simulation

Korespondensi Penulis:

Geston Bakti Muntoha
 Magister Pendidikan Matematika
 Universitas Bhinneka PGRI
 JL. Mayor Sujadi Timur No. 7 Tulungagung
 Email : geston.bakti.m@mail.ugm.ac.id

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi tenaga surya yang besar karena terletak di kawasan tropis dengan intensitas sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun [1]. Namun, pemanfaatan tenaga surya di Indonesia masih relatif rendah jika dibandingkan dengan negara-negara lain di dunia. Hambatan utama yang dihadapi adalah biaya yang masih cukup tinggi untuk instalasi panel surya dan infrastruktur pendukungnya [2]. Meskipun demikian, pemerintah Indonesia telah berkomitmen untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan termasuk tenaga surya. Pada tahun 2019, Presiden Joko Widodo menargetkan agar 23% dari kebutuhan energi nasional dihasilkan dari sumber energi terbarukan pada tahun 2025.

Beberapa program pemerintah untuk mendorong penggunaan tenaga surya di Indonesia antara lain:

1. Program pemasangan panel surya di rumah-rumah yang dikenakan subsidi dari pemerintah.
2. Penggunaan panel surya di perumahan dan gedung-gedung perkantoran.
3. Dukungan pemerintah dalam investasi pembangunan instalasi panel surya.
4. Pengembangan teknologi energi surya yang lebih efisien dan terjangkau.

Dengan meningkatnya kesadaran masyarakat dan dukungan pemerintah, potensi tenaga surya di Indonesia diharapkan lebih termanfaatkan dan berkontribusi pada keberlanjutan energi dimasa depan khususnya disektor energi listrik. Energi listrik di Kabupaten Tulungagung konsumsinya pada tahun 2018-2020 mengalami peningkatan. Konsumsi energi listrik pada tahun 2020 sebesar 572,007 GWh yaitu sektor rumah tangga, industri, usaha sosial, gedung kantor dan penerangan jalan umum. Konsumsi energi di Kabupaten Tulungagung pada sektor gedung perkantoran pada tahun 2020 mencapai 22,141 GWh [3]. Energi listrik di Kabupaten Tulungagung pasokannya disalurkan dengan jaringan interkoneksi Jawa-Madura-Bali karena tidak terdapat pembangkit listrik yang dapat memenuhi kebutuhan listrik di Kabupaten Tulungagung. Energi yang disalurkan pada jaringan interkoneksi umumnya bersumber dari batubara [3]. Oleh sebab itu energi pengganti bahan bakar fosil sangat dibutuhkan oleh manusia kedepannya. Komponen Energi terbarukan di Indonesia yaitu Mikro Hidro 0,41%, Biomassa 2,71%, Surya 0,09% dan Hibrid 0,01% [4].

Pemanfaatan energi terbarukan dengan mengoptimalkan energi surya dapat diterapkan di daerah perkotaan khususnya pada gedung-gedung perkantoran. Sektor bangunan hingga 40% dari total energi tahunan [5]. Energi surya adalah salah satu energi yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia karena letak Indonesia yang berada pada garis khatulistiwa. Energi surya yang mampu dibangkitkan di seluruh daratan Indonesia adalah 4,8 kWh/m²/hari atau setara dengan 112.000 GWp [6]. Menurut data Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Kabupaten Tulungagung, jumlah pantai di Kabupaten Tulungagung sebanyak 23 pantai yang tersebar di 4 kecamatan mulai dari Kecamatan Kalidawir, Kecamatan Besuki, Kecamatan Tanggunggunung, dan Kecamatan Pucanglaban. Pantai-pantai tersebut memiliki luasan area lahan terbuka yang belum dimanfaatkan dan memiliki potensi untuk pembangunan lebih lanjut.

Salah satu potensi pemanfaatan energi terbarukan yaitu dengan membangun PLTS diatas lahan terbuka yang belum dimanfaatkan salah satunya yaitu di Pantai Sine. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis potensi energi yang dihasilkan oleh PLTS apabila dibangun pada lokasi tersebut menggunakan *software* simulasi Helioscope, PV Watts, dan Global Solar Atlas jika dibangun pada lahan terbuka di Pantai Sine, Kabupaten Tulungagung [7].

Pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), terdapat beberapa persamaan untuk menghitung atau menentukan parameter-parameter terkait dengan sistem tersebut diantaranya adalah untuk menghitung luas panel surya seperti persamaan 1 [8].

$$A = (P / \eta) / I \quad (1)$$

A : Luas panel surya (m²)
 P : Daya total yang dibutuhkan (W)
 η : Efisiensi panel surya (%)
 I : Intensitas radiasi matahari (W/ m²)

Dengan daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 seperti dibawah ini [8]:

$$P = A \times \eta \times I \quad (2)$$

P : Daya yang dihasilkan (W)
 A : Luas panel surya (m²)

- η : Efisiensi panel surya (%)
 I : Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

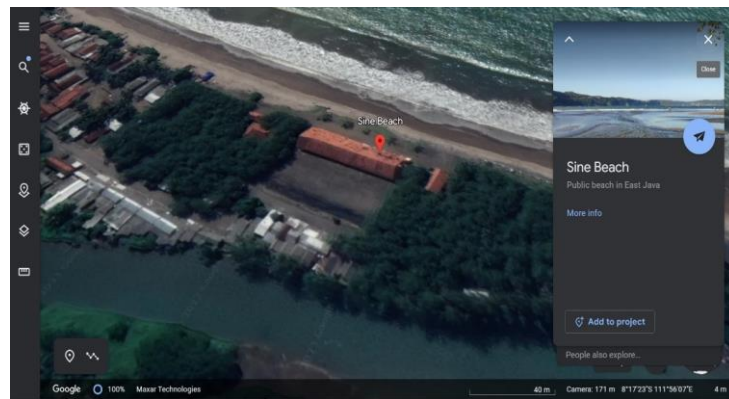
Potensi energi harian yang dihasilkan oleh panel surya juga dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 3 seperti dibawah ini [8]:

$$E = P \times H \times AF \quad (3)$$

- E : Potensi energi total (kWh)
 P : Daya yang dihasilkan oleh PLTS (kW)
 H : Jam sinar matahari (jam)
 AF : Faktor area atau *system losses* (%)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Maret di Pantai Sine, Kabupaten Tulungagung Provinsi Jawa Timur. Pantai Sine merupakan salah satu pantai yang terdapat di Kabupaten Tulungagung. Pantai ini terletak pada *latitude* atau garis lintang $8^{\circ}17'23''S$ dan *longitude* atau garis bujur $111^{\circ}56'07''E$.



Gambar 5. Lokasi Pantai Sine Kabupaten Tulungagung Pada Google Earth [9].

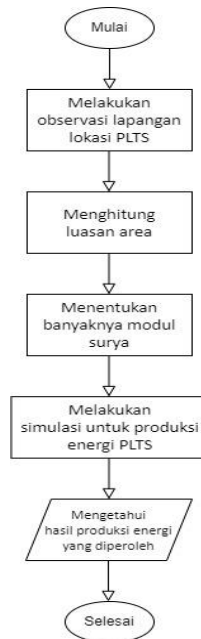
Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk perancangan antara lain:

- Komputer yang telah memiliki *software* Google Earth;
- Komputer yang telah memiliki *software* Helioscope, PVWatts Calculator, dan Global Solar Atlas;
- Data referensi terkait jumlah pantai di Kabupaten Tulungagung;
- Data referensi terkait spesifikasi modul panel surya dan *inverter*;
- Data referensi titik koordinat satelit lokasi Pantai Sine Kabupaten Tulungagung.

Tahapan metode penelitian adalah sebagai berikut :

1. Melakukan observasi lapangan pada Pantai Sine, Kabupaten Tulungagung Provinsi Jawa Timur untuk mengetahui kondisi area lahan yang berpotensi menjadi lokasi PLTS, letak secara geografis serta mengumpulkan data-data yang menunjang penelitian termasuk paling penting adalah data koordinat satelit lokasi tersebut karena akan sangat dibutuhkan pada saat input titik lokasi pada *software* simulasi.
2. Menentukan dan menghitung luasan area lahan terbuka yang memiliki potensi pada Pantai Sine untuk penempatan modul panel surya menggunakan HelioScope, dimana pada HelioScope telah terhubung langsung dengan Google Earth dan juga menggunakan aplikasi yang berbeda yaitu PVWatts, dan Global Solar Atlas.
3. Menentukan banyaknya modul panel surya yang dapat dipasang pada area lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung dan daya yang diperoleh atau dalam hal ini kapasitas dari sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) tersebut.
4. Melakukan simulasi dengan menggunakan HelioScope, PVWatts, dan Global Solar Atlas untuk menentukan potensi produksi energi dari sistem PLTS pada area lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung.
5. Mengetahui hasil potensi produksi energi total dan potensi produksi energi bulanan yang diperoleh berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan 3 *software* yang berbeda lalu membandingkannya.

Flowchart tahapan metode penelitian ditunjukkan pada Gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Flowchart penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Simulasi Helioscope

Untuk mengetahui potensi daya listrik optimal yang mampu dihasilkan dari PLTS yang dibangun pada lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung, maka yang perlu dilakukan yaitu menentukan lokasi area yang dapat dimanfaatkan sebagai lokasi modul panel surya. Lokasi area dan penempatan modul panel surya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Area lahan terbuka yang dapat dimanfaatkan sebagai lokasi pemasangan panel surya [10]

Pada Gambar 7, dapat dilihat bahwa bagian yang berwarna biru merupakan luasan area yang berpotensi sebagai tempat PLTS dibangun atau tempat panel surya dengan ukuran area yaitu 26,0x43,3m dan luas sebesar 1.125,8m². Setelah mengetahui luasan area yang berpotensi sebagai tempat PLTS pada Pantai Sine Kabupaten Tulungagung, simulasi produksi energi listrik dengan menggunakan HelioScope dapat dilakukan. Pada simulasi ini, diperlukan data masukan dari dua komponen fotovoltaik, yaitu modul panel surya dan *inverter*. Pemilihan modul surya bergantung pada ketersediaan modul surya pada database HelioScope. Modul surya yang dipilih dalam simulasi ini yaitu Trina Solar, TSM-DE15H(II) (400W) yang diproduksi oleh Trina Solar. Modul panel surya Trina Solar dipilih karena merupakan jenis panel surya *monocrystalline* yang cocok untuk kondisi lokasi. STC (*standart test condition*) adalah standar untuk mengukur kinerja maksimal suatu panel surya pada suatu kondisi seragam sehingga memungkinkan untuk melakukan perbandingan seragam pada panel surya baik pada produsen yang sama atau berbeda. NMOT (*nominal module operating temperature*)

didefinisikan sebagai suhu operasi yang dicapai oleh modul panel surya dalam kondisi tertentu atau kondisi yang telah ditentukan [11]. Spesifikasi modul surya dapat dilihat pada Tabel 1 [12].

Tabel 1. Spesifikasi panel surya Trina Solar, TSM-DE15H(II) (400W).

Trina Solar, TSM-DE15H(II)	STC	NMOT
<i>Maximum Power (P_{max})</i>	400 Wp	302 Wp
<i>Maximum Power Voltage (V_{mp})</i>	41.1 V	38.9 V
<i>Maximum Power Current (I_{mp})</i>	9.74 A	7.76 A
<i>Open-circuit Voltage (V_{oc})</i>	50.4 V	47.4 V
<i>Short-circuit Current (I_{sc})</i>	10.18 A	8.21 A
<i>Module Efficiency STC</i>	19.70 %	
<i>Nominal Module Operating temperature (NMOT)</i>	41±3°C	
<i>Irradiance</i>	1000 W/m ²	800 W/m ²

Pemilihan *inverter* disesuaikan dengan kapasitas mendekati kapasitas terpasang PLTS (Tabel 1). *Inverter* yang digunakan yaitu inverter Sunny Tripower, karena inverter ini memiliki produksi energi yang efisiensinya tinggi, fleksibilitas desain yang baik, dan kompatibilitas dengan banyak modul panel surya. Inverter Sunny Tripower yang digunakan pada simulasi ini adalah Sunny Tripower 24000TL-US dengan spesifikasi inverter yang dapat dilihat pada Tabel 2 [13].

Tabel 2. Spesifikasi Inverter Sunny Tripower 24000TL-US

Spesifikasi	
Karakteristik	Sunny Tripower 24000TL-US
<i>Max. DC power</i>	36000 Wp
<i>Max. input voltage</i>	1000 V
<i>MPP voltage range / rated input voltage</i>	150 V – 1000 V / 450 V - 800 V
<i>Min. input voltage / initial input voltage</i>	150 V / 188 V
<i>Max. input current per string input A / input B</i>	66 A / 33 A
<i>Rated power (@230 V, 50 Hz)</i>	24000 W
<i>Max. apparent AC power</i>	24000 VA
<i>Max. efficiency</i>	98.5 %

Berdasarkan hasil simulasi, jumlah modul yang diperlukan pada area lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung adalah sebanyak 328 modul dengan spesifikasi kapasitas modul sebesar 400 Wp, sehingga kapasitas terpasang sebesar 131.200 Wp atau setara dengan 131,2 kWp dengan jumlah *inverter* terpasang sebanyak 5 unit dengan kapasitas *inverter* 24.000 W.

Setelah mengetahui jumlah modul, *inverter* dan potensi daya terpasang, maka selanjutnya dapat diketahui produksi energi yang mampu dihasilkan dari PLTS tersebut dengan HelioScope. Potensi energi yang

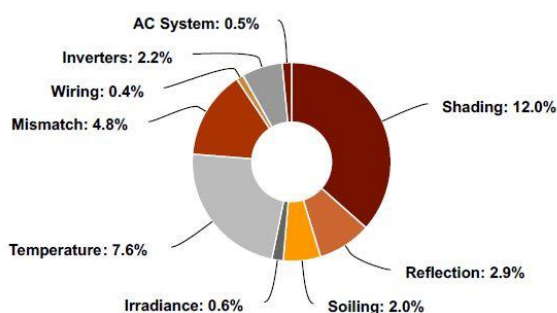
dihasilkan dari fotovoltaik dapat dilihat pada Tabel 3 serta faktor-faktor yang menyumbang pengurangan potensi energi (*system loss*) dapat pula dilihat pada Gambar 8.

Tabel 3. Hasil simulasi Helioscope produksi energi fotovoltaik PLTS yang terdapat pada lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung.

Parameter Titik Output Energi	Energi (kWh/tahun)
<i>Nameplate</i>	204.230,3
<i>Output at Irradiance level</i>	202.992,3
<i>Output at Cell Temperature Derate</i>	187.600,4
<i>Output After Mismatch</i>	178.675,9
<i>Optimal DC Output</i>	177.995,4
<i>Constrained DC Output</i>	177.995,2
<i>Inverter Output</i>	174.119,4
<i>Energy to Grid</i>	173.248,8
<i>System Performance Ratio</i>	71,1%

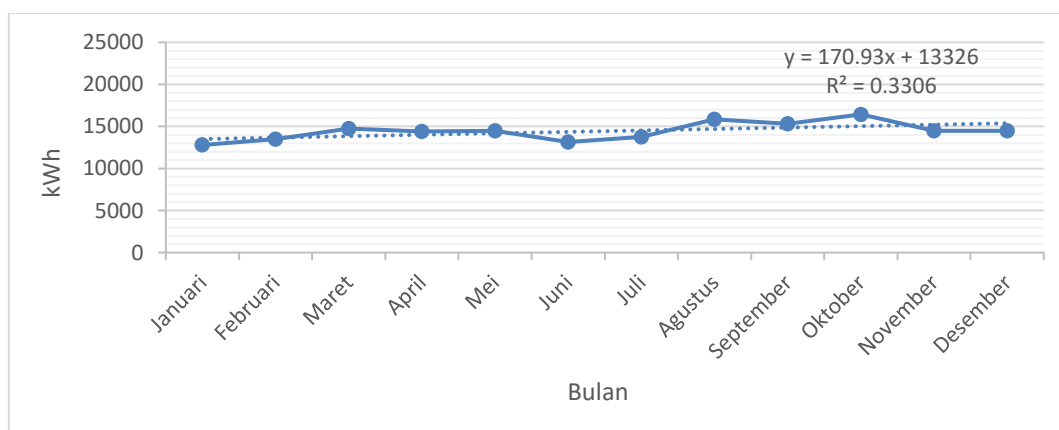
Tabel 4. Hasil simulasi produksi energi bulanan PLTS pada aplikasi Helioscope.

Bulan	Potensi Produksi Energi (kWh) Helioscope
Januari	12789,3
Februari	13470,1
Maret	14729,7
April	14387,5
Mei	14472,1
Juni	13129,1
Juli	13737,3
Agustus	15838,4
September	15301,7
Oktober	16433,1
November	14484,6
Desember	14476
Rerata	14437,4



Gambar 8. Hasil simulasi faktor-faktor yang menyumbang pengurangan potensi energi (*system loss*) dalam persen.

Berdasarkan Tabel 3, total potensi energi yang dihasilkan dari PLTS yang berlokasi di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung sebesar 173.248,8 kWh/tahun atau setara dengan 173,2488 MWh/tahun dengan hasil simulasi potensi produksi energi bulanan PLTS nampak pada Gambar 9 serta data hasil potensi energi bulanan dapat dilihat pada tabel 4 dengan rerata hasil potensi energi PLTS sebesar 14.437,4 kWh/bulan dan hasil terbesar terdapat pada bulan oktober yaitu sebesar 16.433,1 kWh dan terkecil pada bulan januari yaitu sebesar 12.789,3 kWh dengan *system performance ratio* sebesar 71,1%. Total potensi energi yang dihasilkan tersebut semakin berkurang dari spesifikasi pada *nameplate* keseluruhan komponen dengan faktor-faktor yang menyumbang pengurangan potensi energi atau dalam hal ini disebut *system loss* yang terlihat pada gambar 8. Penyumbang terbesar yaitu faktor *shading* atau bayangan yang mengurangi cahaya matahari untuk menyinari panel surya yaitu sebesar 12% dan faktor *temperature* atau suhu sebesar 7,6% sedangkan penyumbang terkecil yaitu *wiring* dan *AC system* yang masing-masing sebesar 0,4% dan 0,5%.



Gambar 9. Grafik Hasil Simulasi Helioscope Potensi Produksi Energi Bulanan PLTS

3.2. Hasil Simulasi PVWatts

Langkah awal untuk mengetahui potensi energi pada PLTS yang terdapat pada lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung menggunakan metode simulasi dengan aplikasi PVWatts yaitu menentukan titik lokasi yang kemudian menentukan kapasitas PLTS. Gambar titik lokasi yang ditentukan pada PVWatts sesuai dengan Gambar 9.

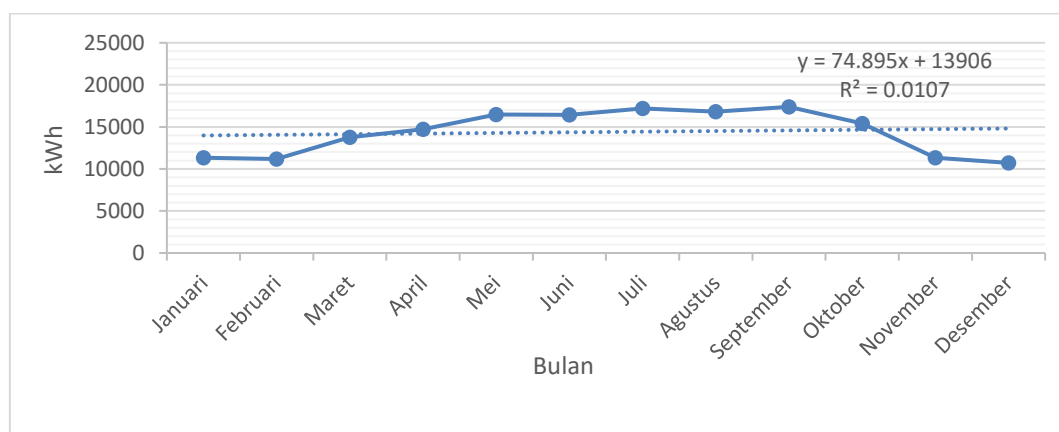


Gambar 10. Titik lokasi PLTS pada aplikasi PVWatts [14].

Berdasarkan hasil simulasi, kapasitas total modul panel surya yang terpasang sebesar 131.200 Wp atau setara dengan 131,2 kWp dengan total potensi energi yang dihasilkan dari PLTS yang berlokasi di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung sebesar 172.714 kWh/tahun atau setara dengan 173,714 MWh/tahun serta hasil simulasi potensi produksi energi bulanan PLTS nampak pada Gambar 11. serta data hasil potensi energi bulanan dapat dilihat pada tabel 5 dengan rerata hasil potensi energi PLTS sebesar 14.392,8 kWh/bulan hasil terbesar terdapat pada bulan september yaitu sebesar 17.376 kWh dan terkecil pada bulan februari yaitu sebesar 11.177 kWh. Pengurangan potensi energi atau dalam hal ini disebut *system loss* berdasarkan hasil simulasi yaitu sebesar 29,03%.

Tabel 5. Hasil simulasi produksi energi bulanan PLTS pada aplikasi PVWatts

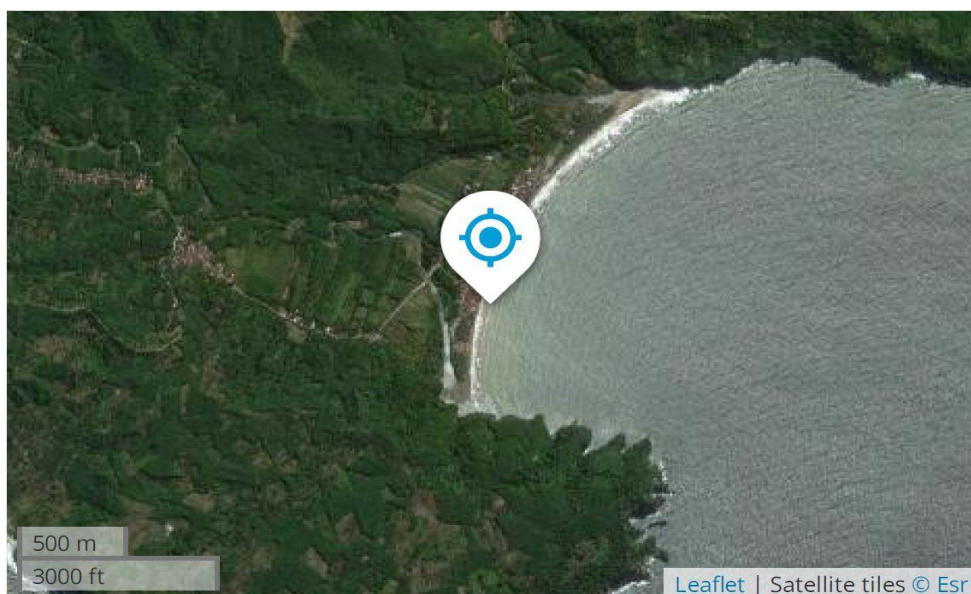
Bulan	Potensi Produksi Energi (kWh)
	PVWatts
Januari	11323
Februari	11177
Maret	13753
April	14724
Mei	16453
Juni	16444
Juli	17202
Agustus	16796
September	17376
Oktober	15420
November	11328
Desember	10718
Rerata	14392,8



Gambar 11. Grafik Hasil Simulasi PVWatts Potensi Produksi Energi Bulanan PLTS

3.3. Hasil Simulasi Global Solar Atlas

Untuk mengetahui potensi energi pada PLTS yang terdapat pada lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung menggunakan metode simulasi dengan aplikasi Global Solar Atlas yaitu menentukan titik lokasi yang kemudian menentukan kapasitas PLTS. Gambar titik lokasi yang ditentukan pada Global Solar Atlas sesuai dengan Gambar 12.

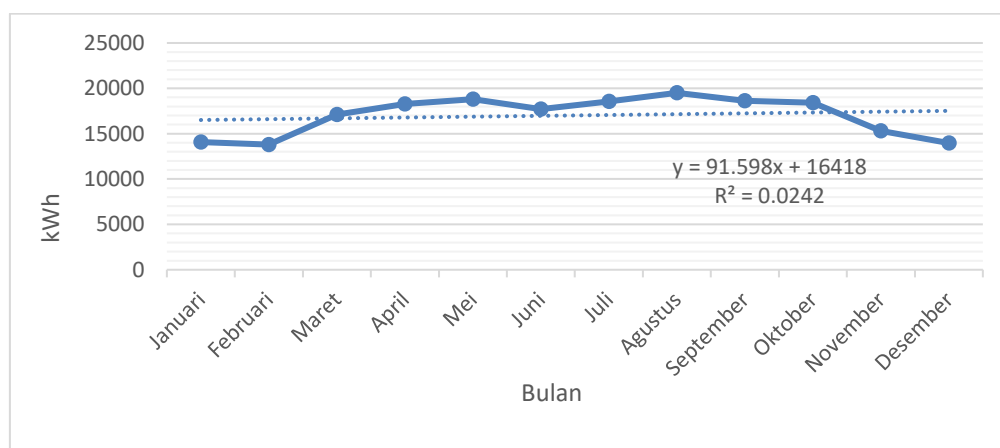


Gambar 12. Titik lokasi PLTS pada aplikasi Global Solar Atlas [15].

Berdasarkan hasil simulasi, kapasitas total modul panel surya yang terpasang sebesar 131.200 Wp atau setara dengan 131,2 kWp dengan total potensi energi yang dihasilkan dari PLTS yang berlokasi di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung sebesar 204.164 kWh/tahun atau setara dengan 204,164 MWh/tahun serta hasil simulasi potensi produksi energi bulanan PLTS nampak pada Gambar 13 serta data hasil potensi energi bulanan dapat dilihat pada tabel 6 dengan rerata hasil potensi energi PLTS sebesar 17.013,7 kWh/bulan hasil terbesar terdapat pada bulan agustus yaitu sebesar 19.502,5 kWh dan terkecil pada bulan februari yaitu sebesar 13.800 kWh.

Tabel 6. Hasil simulasi produksi energi bulanan PLTS pada aplikasi Global Solar Atlas

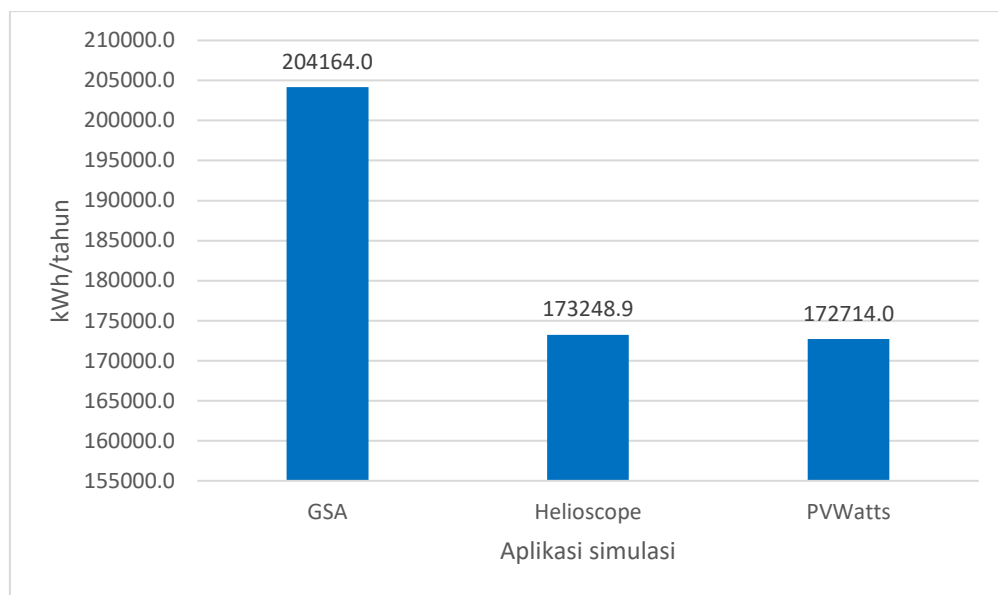
Bulan	Potensi Produksi Energi (kWh)
	GSA
Januari	14061,5
Februari	13800
Maret	17119,8
April	18282,1
Mei	18813,7
Juni	17726,6
Juli	18545,7
Agustus	19502,5
September	18629,4
Oktober	18398,7
November	15314
Desember	13970,3
Rerata	17013,7



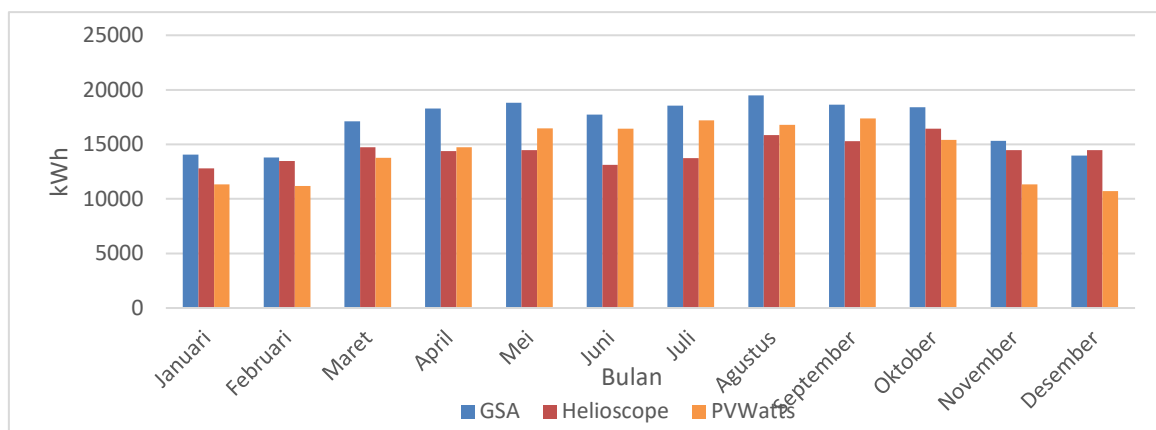
Gambar 13. Grafik Hasil Simulasi Global Solar Atlas Potensi Produksi Energi Bulanan PLTS

3.4. Perbandingan Hasil Simulasi

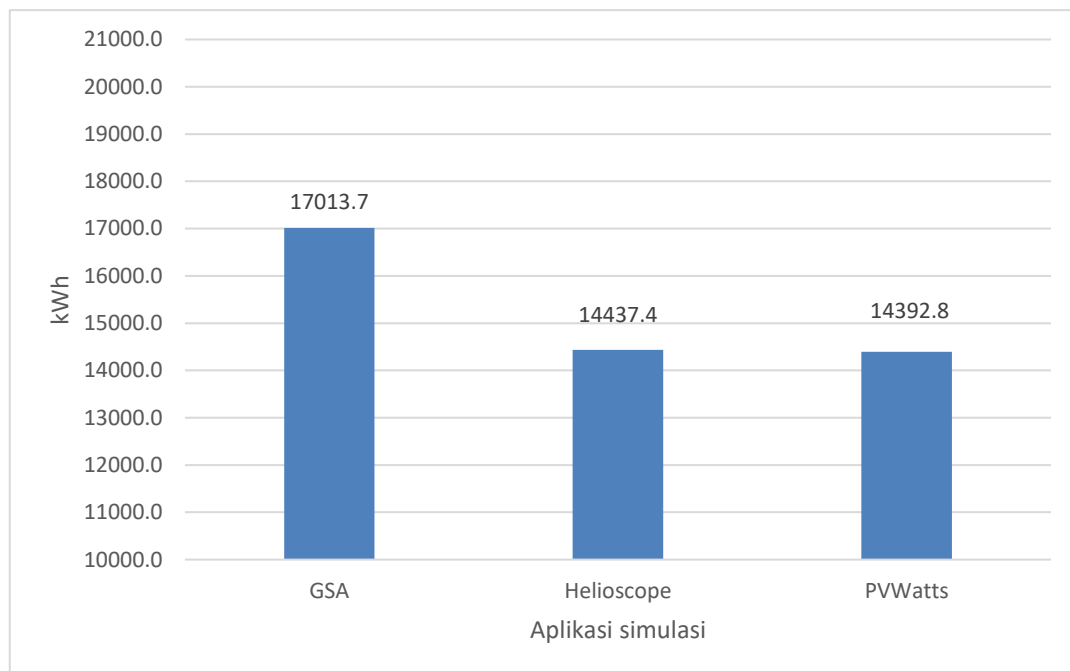
Berdasarkan hasil simulasi dengan kapasitas modul panel surya terpasang yang sama yaitu sebesar 131.200 Wp atau setara dengan 131,2 kWp pada ketiga aplikasi yang berbeda yaitu Helioscope, PVWatts, dan Global Solar Atlas menunjukkan perbedaan terhadap hasil potensi produksi energi PLTS seperti ditunjukkan pada Gambar 14, dimana hasil simulasi menggunakan aplikasi Global Solar Atlas memiliki hasil tertinggi untuk potensi energi total PLTS yaitu sebesar 204.164 kWh/tahun berbeda dengan hasil dari Helioscope dan PVWatts yang masing-masing sebesar 173.248,8 kWh/tahun dan 172.714 kWh/tahun, sedangkan hasil simulasi potensi produksi bulanan PLTS dapat dilihat pada Gambar 14 yang mana pada bulan Januari hingga November hasil tertinggi diperoleh dari hasil simulasi dengan menggunakan aplikasi Global Solar Atlas. Hasil dengan menggunakan aplikasi Global Solar Atlas dengan rerata hasil potensi produksi energi bulanan PLTS sebesar 17.013,7 kWh tersebut memiliki perbedaan rerata hasil simulasi potensi produksi energi bulanan PLTS yang cukup signifikan perbedaannya dibanding dengan Helioscope yang sebesar 14.437,4 kWh dan PVWatts sebesar 14.392,8 kWh yang dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 14. Grafik Potensi Energi Total PLTS



Gambar 15. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Potensi Produksi Energi Bulanan PLTS



Gambar 16. Grafik Rerata Hasil Simulasi Potensi Produksi Energi Bulanan PLTS

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dengan hasil simulasi menggunakan 3 aplikasi berbeda yaitu Helioscope, PVWatts, dan Global Solar Atlas adalah kapasitas sistem PLTS yang dapat dibangun pada lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung pada ketiga aplikasi sama yaitu sebesar 131.200 Wp atau setara dengan 131,2 kWp. Potensi energi yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) berdasarkan hasil simulasi menggunakan masing-masing aplikasi yaitu hasil potensi energi total PLTS menggunakan aplikasi Helioscope sebesar 173.248,9 kWh/tahun atau setara dengan 173,2489 MWh/tahun, PVWatts sebesar 172.714,0 kWh/tahun atau setara dengan 172,7140 MWh/tahun, dan Global Solar Atlas sebesar 204.164,2 kWh/tahun atau setara dengan 204,1642 MWh/tahun. Rerata hasil potensi produksi energi bulanan menggunakan aplikasi Helioscope sebesar 14.437,4 kWh, PVWatts sebesar 14.392,8 kWh dan Global Solar Atlas sebesar 17.013,7 kWh. Secara keseluruhan potensi produksi energi listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTS apabila dibangun pada area lahan terbuka di Pantai Sine Kabupaten Tulungagung berkisar rentang antara 170.000-200.000 kWh/tahun atau 170-200 MWh/tahun dengan rerata potensi produksi energi listrik bulanan PLTS berkisar antara rentang 14.000-17.000 kWh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badruzzaman, Y. (2013). Roadmap Energy di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. JTET (Jurnal Teknik Elektro Terapan). Online 18 Maret, 2023, <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/jtet/article/view/28/28>.
- [2] Rahmat, M.A.A.; Abd Hamid, A.S.; Lu, Y.; Ishak, M.A.A.; Suheel, S.Z.; Fazlizan, A.; Ibrahim, A. An Analysis of Renewable Energy Technology Integration Investments in Malaysia Using HOMER Pro. Sustainability 2022, 14, 13684. <https://doi.org/10.3390/su142013684>.
- [3] Statistik PLN 2020. (2021). Perusahaan Listrik Negara (PLN). Jakarta.
- [4] Statistik Ketenagalistrikan 2018. (2019). Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- [5] Muntoha, G. B. (2022). Analisis potensi Penerapan PLTS Pada Kantor unit Metrologi Legal Dinas Perindustrian Dan Perdagangan Kabupaten Tulungagung. Jurnal Listrik Instrumentasi Dan Elektronika Terapan (JuLIET), 3(1). <https://doi.org/10.22146/juliet.v3i1.73780>.
- [6] Salman, R. (2013). “Analisis Perencanaan Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Perumahan (Solar Home System)”. Majalah Ilmiah Bina Teknik, vol. 1 no. 1, pp. 46-51.

- [7] Umar, N., Bora, B., Banerjee, C., Panwar, B. S. (2018). "Comparison of Different PV Power Simulation Softwares: Case Study on Performance Analysis of 1 MW Grid-Connected PV Solar Power Plant". International Journal of Engineering Science Invention (IJESI), vol. 7 no. 7, pp. 11- 24.
- [8] Pratiwi, N. F., Pudir, A., & Mursanto, W. B. (2022). Perancangan PLTS Atap On Grid Kapasitas 163,8 kWp untuk Suplai Daya Industri Tekstil. Jurnal Politeknik Negeri Bandung. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/4278>.
- [9] www.earth.google.com/web/ (Terakhir akses tanggal 01 Maret 2023).
- [10] www.helioscope.com/designer/ (Terakhir akses tanggal 01 Maret 2023).
- [11] Hasan, H. (2014). "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi". Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan, vol. 10 no. 2, pp. 169-180.
- [12] www.trinasolar.com/us/product/TALLMAX-DE15V (Terakhir akses tanggal 18 Maret 2023).
- [13] www.files.sma.de/downloads/STPTL-US-GridServices-US-TI-en-13.pdf (Terakhir akses tanggal 18 Maret 2023).
- [14] www.pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php (Terakhir akses tanggal 18 Maret 2023).
- [15] www.globalsolaratlas.info/map (Terakhir akses tanggal 18 Maret 2023).

Alat Deteksi Nominal Uang Kertas Untuk Penyandang Tuna Netra Dengan Metode Deteksi Warna

Banknote Nominal Detection Tool For The Blind Person Using Color Detection Method

Marstelani Adias Sabara¹, Bahrnun Niam², Rony Darpono³

^{1,2,3} Program Studi DIII Teknik Elektronika Politeknik Harapan Bersama Tegal
Jl. Mataram No 9 Kota Tegal

Informasi Makalah

Dikirim, 13 November 2023
Diterima, 2 Desember 2023
Diterbitkan, 14 Desember 2023

Kata Kunci:

Uang
Tuna Netra
Sensor Warna

INTISARI

Uang merupakan alat tukar atau standar pengukur nilai yang sah, tapi dalam pelaksanaannya terdapat kendala penggunaannya, yaitu penderita tuna netra tidak bisa langsung dan cepat mengetahui nominal uang kertas. Perancangan alat ini bertujuan untuk mempermudah tuna netra mengetahui nominal uang kertas dengan cepat dalam bertransaksi jual beli dan tidak diperalat orang lain. Proses pendeteksian nominal uang kertas untuk tuna netra dengan menggunakan metode deteksi sensor warna TCS3200. Sensor warna TCS3200 dapat mengambil data frekuensi warna uang yang di dapat dikonversikan menjadi data berupa nilai RGB (*Red Green Blue*), kemudian data tersebut akan dikeluarkan sebagai suara nominal uang. Cara pengujian yaitu tunanetra memasukkan uang kertas kedalam alat, dengan nominal Rp.10.000, Rp.20.000 dan Rp.50.000, kemudian sensor TCS3200 mendeteksi uang dan keluar suara nominal uang sesuai dengan uang yang dimasukkan. Nilai akurasi yang didapatkan dari pengujian yaitu uang Rp.10.000 memiliki akurasi 80%, uang Rp.20.000 memiliki nilai akurasi 90% dan uang Rp.50.000 memiliki nilai akurasi 90%..

ABSTRACT

Keyword:

Money
Blind
Color Sensor

Money is a legal medium of exchange or standard for measuring value, but in its implementation there are obstacles to its use, namely that blind people cannot directly and quickly find out the nominal value of banknotes. The design of this tool aims to make it easier for the blind to quickly find out the nominal value of banknotes in buying and selling transactions and not use other people's tools. The process of detecting the nominal value of banknotes for the blind using the TCS3200 color sensor detection method. The TCS3200 color sensor can take money color frequency data which can be converted into data in the form of RGB (*Red Green Blue*) values, then the data will be output as the nominal sound of money. The test method is that a blind person inserts banknotes into the device, with denominations of Rp.10.000, Rp.20.000 and Rp.50.000, then the TCS3200 sensor detects the money and the sound of the nominal money corresponds to the money entered. The accuracy values obtained from the test are that Rp.10.000 notes have an accuracy of 80%, Rp.20.000 notes have an accuracy value of 90% and Rp.50.000 d notes have an accuracy value of 90%.

Korespondensi Penulis:

Martsenali Adias Sabara, Bahrnun Niam, Rony Darpono
Program Studi DIII Teknik Elektronika Politeknik Harapan Bersama
Jl. Mataram No 9 Kota Tegal
Email : bahrnuniam@poltektegal.ac.id

1. PENDAHULUAN

Uang adalah suatu alat yang dapat dipakai dan diterima oleh masyarakat umum sebagai alat pembayaran untuk pembelian barang dan jasa. [1]. Uang dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan sifat, bentuk dan basis penerbitannya. Berikut adalah beberapa jenis uang yang umum dikenal seperti uang tunai, uang giro, uang kartal, uang logam, uang kripto, uang komoditas, uang elektronik dan uang kertas[2]. Salah satu fungsi uang adalah sebagai perantara tukar menukar[3]. Tunanetra memiliki keterbatasan dalam mendeteksi mata uang kertas. Biasanya tunanetra mendeteksi mata uang dengan cara meraba. Ada beberapa kelemahan ketika tuna netra mendeteksi uang dengan diraba yaitu setiap tuna netra memiliki daya ingat yang berbeda beda, uang yang di raba kondisinya rusak dan beberapa orang ada yang memanfaatkan tuna netra untuk keuntungan sendiri [4]. Dan seringkali uang yang diterimanya jumlahnya tidak sesuai karena ditipu[5]

Berdasarkan keterbatasan tersebut maka perlunya pengembangan sistem tentang deteksi nominal uang untuk membantu tunanetra. Sistem deteksi nominal uang ini yang nantinya dapat membedakan nominal uang dengan menggunakan citra yang kemudian hasil keluarannya berupa suara. Ada beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Nurhikma Arifin yaitu Sistem Deteksi Nominal Mata Uang Rupiah Menggunakan Metode Haar Cascades Classifier Untuk Penyandang Tunanetra. Akurasi yang dihasilkan dalam penelitiannya adalah 100% dalam pencahayaan cukup cahaya pada jarak 100% dan 94% dalam pencahayaan kurang cahaya [4]. Penelitian yang dilakukan oleh Lilis Kurniawati yaitu Pendeteksi Nominal Uang Kertas bagi Penyandang Tunanetra Menggunakan *Neural Network*. Peneliti yang dihasilkan yaitu bisa membedakan antar nominal uang kertas dengan akurasi 100% untuk uang Rp.20.000 dan Rp.100.000 dan 93% untuk uang Rp.50.000 [6]. Penelitian yang dilakukan oleh Nico Dian Nugraha yaitu Alat Pendeteksi Uang untuk Tunanetra menggunakan Metode Histogram of Oriented Gradients dan K-Nearest Neighbor. Penelitian yang dihasilkan adalah akurasi sebesar 98,21% dengan nilai $k = 3$ dan waktunya adalah 3608 ms dalam waktu komputasinya[7]. Penelitian yang dilakukan oleh Mentari Adhatil Putri dihasilkan bahwa akurasi yang didapatkan adalah 87,5%, pada jarak pengujian +8 centimeter. Dan akurasi yang didapatkan sebesar 36% pada pengujian dengan jarak +7 dan +6 centimeter. Beberapa faktor yang mempengaruhi akurasi yaitu seperti jarak atau posisi kamera, posisi objek, template dan *thresholding*[8]. Penelitian yang dilakukan oleh Agung Rilo Pambudi yaitu penggunaan metode *canny* dengan cara akuisisi citra, operasi *grayscale*, operasi morfologi, kemudian *canny edge detection*. Akurasi yang dihasilkan dalam penelitiannya yaitu sebesar 85,71% dengan pengujian menggunakan uang kertas Rp.1.000, Rp.2.000, Rp.5.000, Rp.10.000, Rp.20.000, Rp.50.000 dan Rp.100.000 [9].

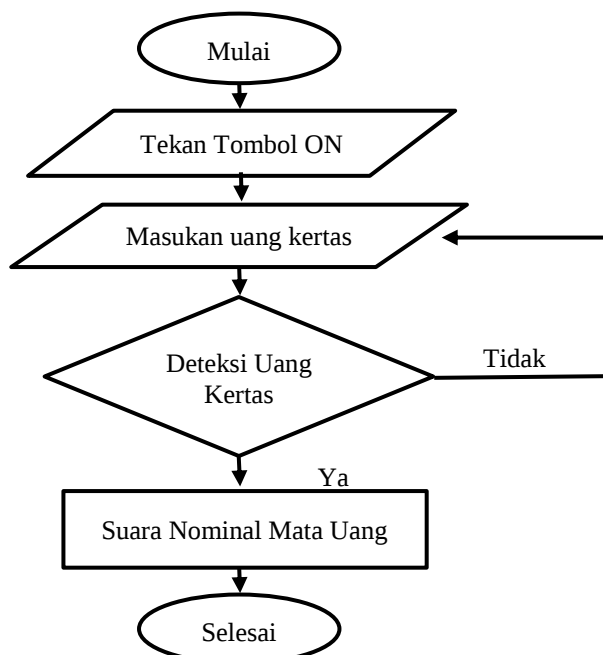
Penelitian yang dilakukan oleh Defi Tamara dengan judul Deteksi Keaslian Uang Kertas Berdasarkan Fitur Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Menggunakan k-Nearest Neighbor. Penelitian ini menghasilkan akurasi 88% dalam mendeteksi keaslian uang dengan menggunakan metode k-Nearest Neighbor dengan menggunakan nilai $K = 3$ dan 7[10]. Penelitian yang dilakukan oleh Nico Dian Nugraha menghasilkan yaitu sebanyak 3370 data latih digunakan untuk pendeteksian keaslian uang dan percobaan dilakukan sebanyak 56 kali. implementasi metode K-Nearest Neighbor menggunakan $k=3$ mendapatkan hasil akurasi sebesar 98,21% dengan rata-rata waktu komputasi selama 3608 ms [11].

Pada penelitian ini menggunakan metode deteksi warna. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi uang adalah TCS3200. Sensor warna TCS230 adalah pendeteksi warna lengkap yang dapat mendeteksi dan mengukur rentang warna yang terlihat hampir tak terbatas[12]. Data yang ada di sensor TCS3200 akan diproses oleh mikrokontroler arduino dan *outputnya* berupa suara. Sehingga penyandang tunanetra bisa mengetahui nominal uang dari suara.

2. METODE PENELITIAN

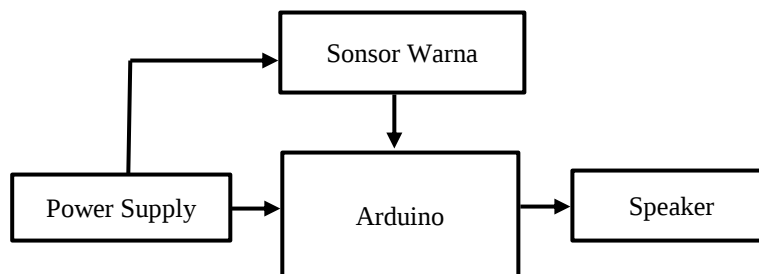
2.1. Diagram Alur

Berikut ini diagram alur proses kerja alat deteksi uang kertas untuk penyandang tunanetra.



Gambar 1. Diagram Alur

Gambar 1. merupakan diagram alur yang menjelaskan sistem deteksi uang bekerja. Pertama alat di hidupkan dengan menekan tombol ON, selanjutnya uang di masukan ke alat. Ketika uang kertas sudah didalam, maka proses deteksi warna sedang berlangsung. Setelah uang sudah dideteksi warna maka jika proses deteksinya terjadi kegagalan, maka proses input uang di ulangi lagi. Jika proses deteksi uang nya berhasil, maka suara nominal uang akan terdengar.



Gambar 2. Diagram Blok

Pada gambar 2. diagram blok, *supply* tegangan dari arduino dan sensor warna diambil dari *power supply* dengan besar tegangannya 5 volt, sedangkan tegangan dari speaker diambil langsung dari pin yang ada di Arduino. Arduino mendapatkan inputan data dari sensor warna, kemudian data tersebut di olah dan data akan dikeluarkan berupa suara ke speaker.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemrograman mencari nilai RGB (Red, Green, Blue)

Setiap warna bisa disusun dari warna dasar. Untuk cahaya, warna dasar penyusunnya adalah warna Merah, Hijau dan Biru, atau lebih dikenal dengan istilah RGB (*Red Green Blue*). Warna adalah spektrum tertentu yang terdapat di dalam suatu cahaya sempurna (berwarna putih). Identitas suatu warna ditentukan panjang gelombang cahaya tersebut. Cahaya tampak adalah bagian spektrum yang mempunyai panjang gelombang antara lebih kurang 380 nanometer (nm) dan 780 nanometer (nm) dalam udara[13].

Sensor TCS 3200 adalah sensor terprogram yang terdiri dari 64 buah photodiode sebagai pendeteksi warna pada warna obyek serta filter frekuensi sebagai transduser yang berfungsi untuk mengubah arus menjadi frekuensi, selain itu sensor tersebut memiliki lensa fokus yang berguna untuk mempertajam pendeteksian photodiode terhadap intensitas cahaya dengan jarak pembacaan 2 mm dari lensa IC[14]. Pada prinsipnya

pembacaan warna pada TCS 3200 dilakukan secara bertahap yaitu membaca frekuensi warna dasar secara simultan dengan cara memfilter pada tiap warna dasar [15].

Untuk menghasilkan *Output* pada suara dilakukan penyempelan nilai RGB (*Red,Green,Blue*) penyempelan tersebut dilakukan melalui proses *training* pada sensor warna Tcs2300, untuk langkah-langkah *training* Penyempelan nilai RGB (*Red,Green,Blue*) adalah sebagai berikut :

- a. Letakan uang kertas yang akan digunakan pada alat
- b. Tekan tombol ON pada Saklar utama.
- c. Sensor akan membaca value RGB dengan *codingan* yang sudah tersedia dengan memasukan *sample* nya.
- d. Jika sudah benar semua *codingan* berhasil done , copot kabel serial pada arduino.
- e. Jika sensor TCS mendeteksi mata uang yang sudah dengan 10 detik, berarti berhasil.
- f. Tekan tombol push button pada alat.
- g. Akan menghasilkan *ouputan* pada speaker berbunyi nominal uang kertas yang dipasang tersebut.



Gambar 3. Proses *Training*

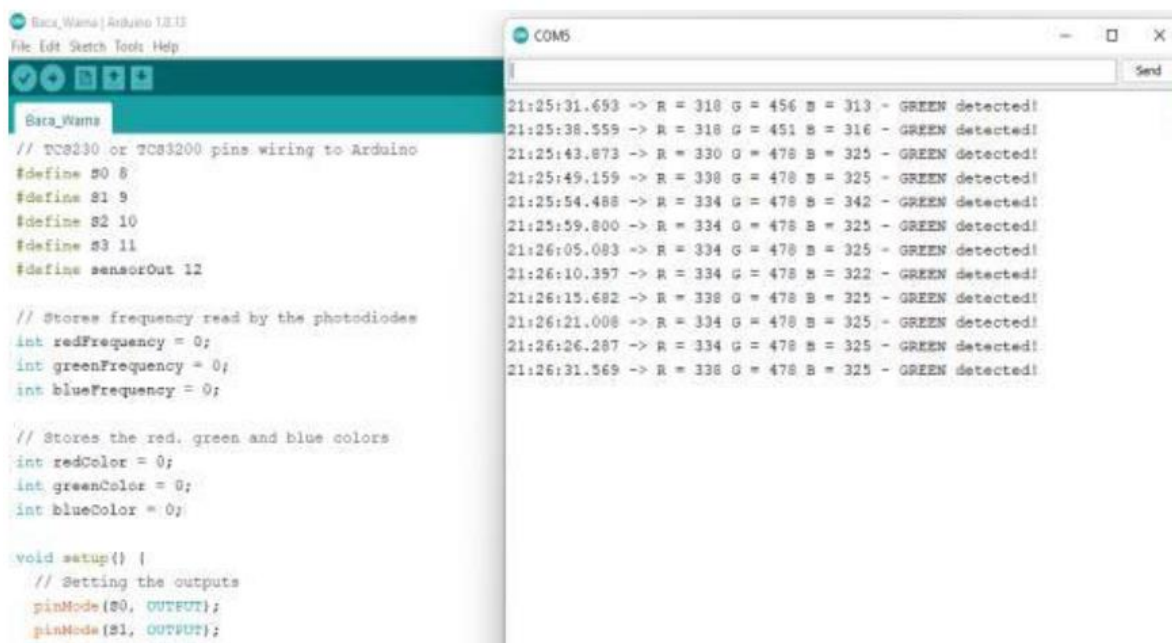
Dari gambar 3 merupakan proses *training* pada uang Rp.20.000 pada alat untuk menghasilkan nilai RGB (*Red,Green,Blue*), setelah proses *training* maka alat akan mengeluarkan suara sesuai dengan uang kertas yang di *training*.

3.2 Pemrograman *Output* Suara

Setelah dilakukan penyempelan pada nilai RGB (*Red,Green,Blue*) dan mendapatkan nilainya maka nilai RGB (*Red,Green,Blue*) tersebut dapat dimasukan pada program pengumpulan nilai RGB (*Red,Green,Blue*) untuk menghasilkan *output* suara sesuai dengan nilai RGB yang dideteksi ketika dilakukan *training*.

3.3 Uji Coba Simulasi Nilai RGB (*Red,Green,Blue*)

Untuk melihat respon tegangan input sensor terhadap warna uang yang terbaca oleh sensor warna TCS2300, maka perlu dilakukan mencari sampel pada uang kertas sehingga mendapatkan nilai RGB(*Red,Green,Blue*) pada uang kertas. Hasil sampel pada uang Rp.10.000, Rp.20.000, Rp.50.000 pada gambar di bawah:



Gambar 4 Nilai RGB Rp.10.000

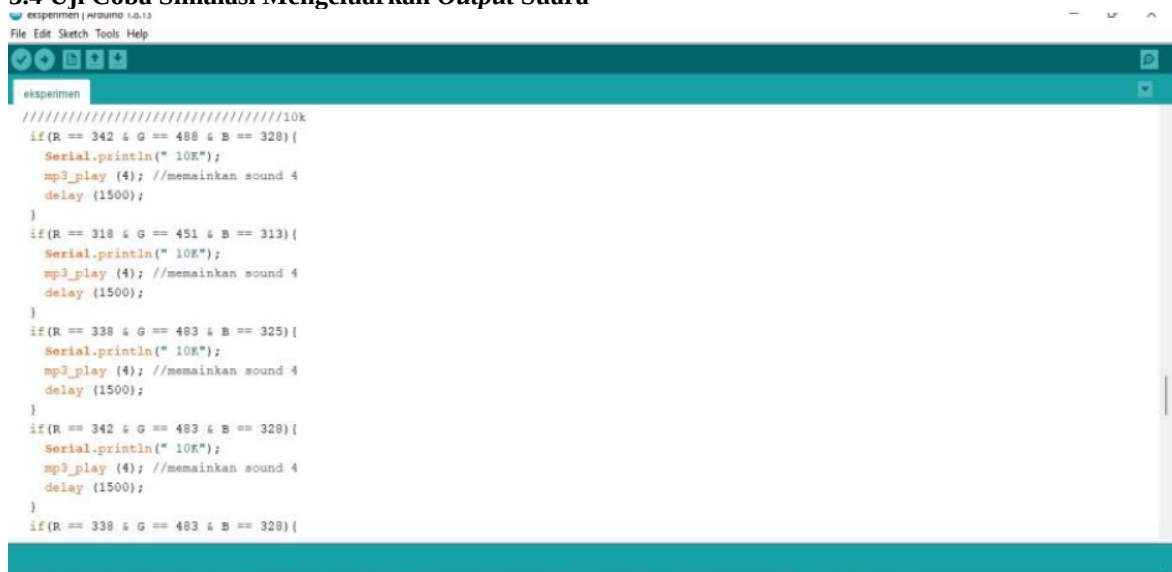
Hasil yang terbaca oleh sensor warna TCS2300 yang dilihat pada serial monitor dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 1. Data dari Senor Warna TCS2300

No	Nominal Uang	Percobaan	Frekuensi		
			R	G	B
1	10000	1	342	488	328
		2	318	451	313
		3	338	483	325
		4	342	483	328
		5	338	483	328
2	20000	1	330	483	319
		2	334	478	319
		3	334	483	328
		4	334	483	328
		5	334	478	316
3	50000	1	318	499	316
		2	298	451	313
		3	318	467	316
		4	322	467	316
		5	342	467	316

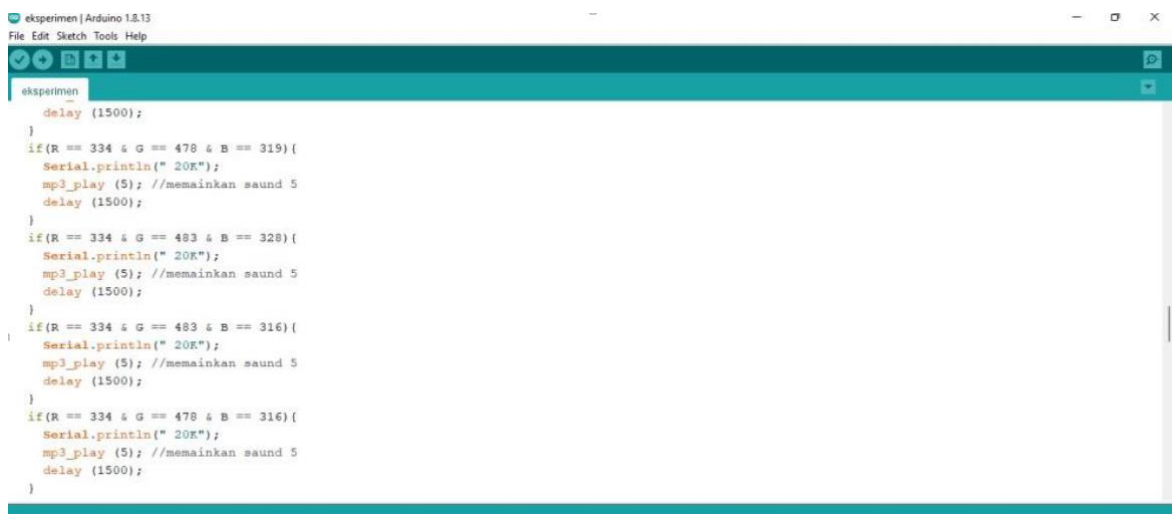
Dari data di atas merupakan sampel yang diambil pada pembacaan frekuensi nilai warna dan di sortir nilai RGB yang tidak sama pada serial monitor.

3.4 Uji Coba Simulasi Mengeluarkan *Output* Suara



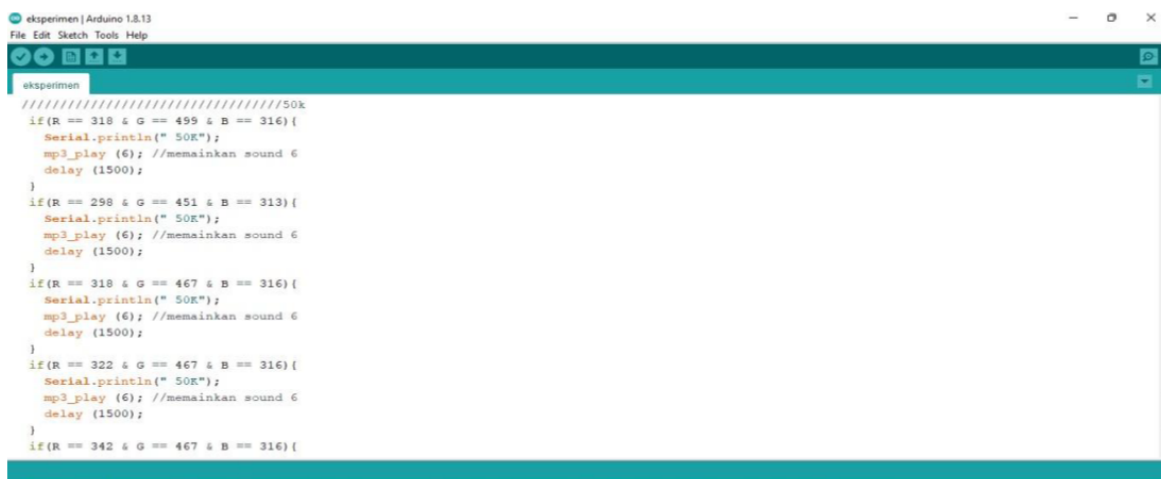
Gambar 5. Pengumpulan nilai RGB Rp.10.000

Pada hasil nilai RGB yang telah ditentukan dari sampel kemudian di data tersebut dimasukan kedalam program berikutnya untuk menghasilkan suara *output*, untuk sampel diatas merupakan nilai RGB dari uang Rp.10.000.



Gambar 6. Pengumpulan nilai RGB Rp.20.000

Berikutnya merupakan nilai RGB untuk mata uang Rp.20.000 yang terkumpul dari hasil sampel kemudian di masukan pada program untuk menghasilkan *output* suara Rp.20.000.



Gambar 7. Pengumpulan nilai RGB Rp.50.000

Berikutnya merupakan nilai RGB untuk mata uang Rp.50.000 yang terkumpul dari hasil sampel kemudian di masukan pada program untuk menghasilkan *output* suara Rp.50.000. Hasil uji coba yang telah dilaksanakan pada uang Rp.10.000, Rp.20.000, Rp.50.000 masing-masing sebanyak sepuluh lembar uang. Berikut presentasi keberhasilan pembacaan uang kertas yang telah dilaksanakan.

Tabel 2. Presentasi Keberhasilan Pembacaan Uang

Nominal Uang	Banyaknya Scan	Berhasil	Gagal	Presentasi Keberhasilan
Rp.10.000	10 Kali	8	2	80%
Rp.20.000	10 Kali	9	1	90%
Rp.50.000	10 Kali	9	1	90%

Menjelaskan tentang hasil atau luaran penelitian yang membahas tentang perbedaan antara hasil dengan teoritis ataupun dengan penelitian lain yang relevan. Penjelasan dapat menggunakan tabel, gambar dan chart yang memudahkan pembaca dalam memahami isi artikel

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan perancangan, perakitan dan percobaan alat deteksi uang kertas untuk tunanetra, maka dari analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengujian pada alat yang pertama yaitu *sampling* maka nilai RGB pada uang akan muncul ketika dilakukan *sampling* terlebih dahulu pada program *traning* sesudah dilakukan tersebut maka nilai RGB tersebut di masukan di masukan kedalam program berikutnya untuk memunculkan *output* suara yang sesuai dengan nominal uang. Saat dilakukan pengujian deketsi uang kertas nominal Rp.10.000 diketahui akurasi adalah 80%, uang Rp.20.000 nilai akurasi adalah 90% dan uang Rp.50.000 nilai akurasi adalah 90%. Terdapat beberapa kekurangan dari alat ini salah satunya yaitu alat ini belum bisa mendeteksi uang palsu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Burdadi Junaidi, Iqbal Nugraha, Indra Dwisaputra, " Aplikasi Sensor Warna Tcs3200 Pada Sistem Penyortiran Barang Berbasis *Internet Of Things (IoT)*," Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan, pp.141-145, 2022.
- [2] Ilyas Rahmat, " Konsep Uang Dalam Perspektif Ekonomi Islam," Jurnal Bisnis dan Manajemen Islam, vol. 4, pp. 36-57, 2016.
- [3] Endriani Santi, "Konsep Uang : Ekonomi Islam Vs Ekonomi Konvensional", Anterior Jurnal, Vol 15, pp 70-75, Desember 2015.
- [4] Arifin Nurhikmah, Ismail Majid, "Sistem Deteksi Nominal Mata Uang Rupiah Menggunakan Metode Haar Cascades Classifier Untuk Penyandang Tunanetra," SNEKTI, vol. 3, pp 1-7, 2022.
- [5] Fadliandi, Kusnoto, "Rancang Bangun dan Implementasi Alat Pendeteksi Nilai Uang untuk Tuna Netra Menggunakan Mikrokontroler Arduino", Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer, Vol 6, pp 17-25, 2023.
- [6] Kurniawati Lilis, Sumantri K. Risandriya, Heru Wijanarko, " *Journal of Applied Electrical Engineering*," Vol.3, pp. 39-43, 2019.

- [7] Nugraha Nico Dian, Fitri Utaminingrum, Hurriyatul Fitriyah, "Alat Pendeteksi Uang untuk Tunanetra menggunakan Metode Histogram of Oriented Gradients dan K-Nearest Neighbor." *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. 1569-1577, 2021.
- [8] Putri Mentari Adhatil, "Rancang Bangun Alat Deteksi Uang Kertas Palsu Dengan Metode Template Matching Menggunakan Raspberry Pi," *Prosiding Seminar Nasional Sanins dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*, pp. 1-9, 2015.
- [9] Pambudi Agung Rilo, Garno, Purwantoro " Deteksi Keaslian Uang Kertas Berdasarkan Watermark Dengan Pengolahan Citra Digital," *Jurnal Informatika Polinema*, Vol 6, pp. 69-74, Agustus 2020.
- [10] Tamara Defi, dkk., " Deteksi Keaslian Uang Kertas Berdasarkan Fitur Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Menggunakan k-Nearest Neighbor," Vol 13, pp 105-115, Oktober 2022.
- [11] Dian, "Pendeteksi Uang untuk Tunanetra menggunakan Metode K-Nearest Neighbor", *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi*, Vol 5, pp. 1569-1577, 2021.
- [12] Ta'ali, Wardatul Khairat, "Pengaruh Jarak Terhadap Sensitivitas Sensor Warna TCS3200", Vol. 4, pp. 67 - 74, 2023.
- [13] Zulkarnain Iskandar, Mukhlis Ramadhan, Badrul Anwar, "Implementasi Alat Pendeteksi Warna Benda Menggunakan Fuzzy Logic dengan Sensor TCS3200 Berbasis Arduino", *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*, Vol 2, pp 106-117, Juli 2019.
- [14] Risma Pola, "Sensor Pemilih Warna", *Jurnal Teliska*, Vol 4, pp 29-36, September 2012.
- [15] Wulandari Sri, Budy Satria, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Warna Menggunakan Arduino Uno Berbasis IoT (Internet Of Things)", Vol 23, pp 1-8, Maret 2021.

Rancang Bangun Sistem Kontrol Waktu Otomatis Pada Mesin Cuci Buah Berbasis *Arduino Nano*

Design and Development of an Arduino Nano-Based Automatic Time Control System for Fruit Washing Machine

Titi Andriani¹, Aldian Mukaddani², Lalu Suryadi³, Mahmud Husyairi⁴, Dahman⁵

^{1,2} Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Rekayasa Sistem Universitas Teknologi Sumbawa

^{3,4,5} Badan Riset dan Inovasi Daerah Nusa Tenggara Barat

Jl. Raya Olat Maras Batu Alang Sumbawa, Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 8 November 2023
Diterima, 5 Desember 2023
Diterbitkan, 14 Desember 2023

Kata Kunci:

Mesin Pencuci Buah
Kontrol Waktu Otomatis
Arduino Nano
BRIDA NTB

INTISARI

Sebelum dikonsumsi, buah harus dicuci terlebih dahulu agar menjadi bersih sehingga terhindar dari bakteri dan kotoran. Mencuci buah secara manual atau konvensional dalam jumlah yang banyak tidak terlalu efektif karena memakan waktu, tenaga dan penggunaan air yang berlebih. Telah dirancang mesin cuci buah dengan kapasitas 200 Kg/jam oleh salah satu Industri Kecil Menengah (IKM) mitra BRIDA NTB. Namun saat melakukan pencucian buah, mesin tersebut harus dihidupkan secara manual dan ketika pencucian telah selesai mesin tersebut juga dimatikan secara manual sehingga masih kurang efektif. Pada penelitian ini, peneliti mengembangkan mesin cuci buah berkapasitas 200 Kg/jam dengan tombol tekan yang berperan sebagai sakelar pengendali manual, motor induksi satu *phase* sebagai penggerak, solenoid *valve* untuk mengatur aliran air, serta *board arduino nano* sebagai pusat kendali. Mesin pencuci buah yang peneliti rancang dapat secara otomatis berhenti bekerja ketika waktu yang pencucian telah mencapai batas yang ditentukan. Selain itu, dari beberapa jenis buah yang diuji, peneliti dapat memberi rekomendasi untuk waktu pencucian buah yang tepat bagi pengguna yaitu 30 detik/kg buah kentang, 15 detik/kg buah apel dan buah mangga. Mesin cuci buah ini tidak direkomendasikan diterapkan pada buah-buahan yang mudah hancur seperti anggur, stroberi, dan sejenisnya melainkan lebih tepat digunakan pada jenis umbi-umbian seperti ubi, singkong, kentang, wortel, dan lobak, juga kacang tanah.

ABSTRACT

The fruit needs to be cleaned before eating in order to remove bacteria and dirt. Large-scale manual or conventional fruit washing is inefficient since it requires a lot of time, effort, and water. One of BRIDA NTB's Small and Medium Industries (IKM) partners has designed a fruit washing machine with a 200 kg/hour capacity. However, the machine is still less effective because it needs to be manually switched on for fruit washing and turned off manually after fruit washing is complete. In this study, researchers created a 200 kg/h fruit washing machine with a push button that serves as a manual control switch, a driver single-phase induction motor, a solenoid valve to control water flow, and an Arduino nano board as the control center. When the washing duration reaches the predetermined limit, the fruit washing machine that the researchers built can automatically shut off. In addition, based on the various fruit varieties examined, the researchers may advise consumers on the appropriate duration for washing fruit: 30 seconds for potatoes, 10 seconds for apples and mangoes. This fruit washer works well on tubers like sweet potatoes, cassava, potatoes, carrots, radishes, and peanuts; it is not recommended for use on easily crushed fruits like grapes, strawberries, and the like.

Keyword:

Fruit Washing Machine
Automatic Time Control
Arduino Nano
BRIDA NTB

Korespondensi Penulis:

Aldian Mukaddani

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Rekayasa Sistem Universitas Teknologi Sumbawa

Jl. Raya Olat Maras Batu Alang Sumbawa, Indonesia

Email: 211013003.aldean.mukaddani@uts.ac.id

1. PENDAHULUAN

Buah merupakan salah satu makanan yang sangat penting dikonsumsi untuk mendapatkan kesehatan yang optimal. Masyarakat tertarik pada buah yang segar dan bersih untuk dikonsumsi. Di Indonesia, buah dikonsumsi dalam bentuk salad buah ataupun dikonsumsi secara langsung. Sebelum mengonsumsi buah, buah harus dicuci terlebih dahulu agar menjadi bersih sehingga terhindar dari bakteri dan kotoran. Mencuci buah secara manual atau konvensional dalam jumlah yang banyak tidak terlalu efektif untuk menghilangkan kotoran yang ada pada buah. Mencuci dengan cara ini banyak memakan waktu, tenaga dan penggunaan air yang berlebihan serta tidak ada batasan waktu pencucian.

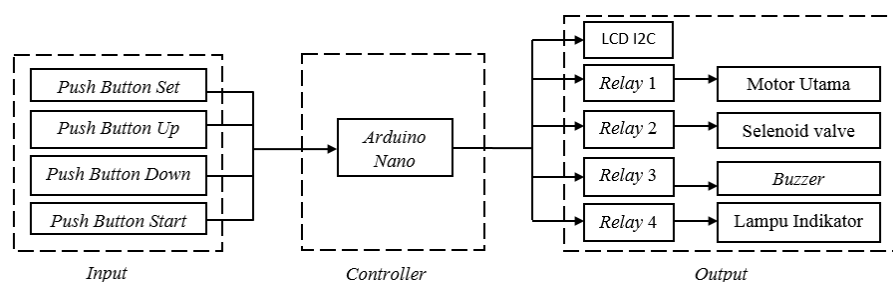
Saat ini mesin pencuci buah sudah banyak dikembangkan, salah satunya di Badan Riset dan Inovasi Daerah Nusa Tenggara Barat (BRIDA NTB) [1]. Mesin cuci buah dengan kapasitas 200 Kg/jam yang ada di BRIDA NTB merupakan salah satu mesin buatan Industri Kecil Menengah (IKM) Mitra BRIDA NTB. Namun saat melakukan pencucian buah, mesin tersebut harus dihidupkan secara manual dan ketika pencucian telah selesai mesin tersebut dimatikan secara manual juga. Hal ini cukup tidak efektif dikarenakan saat melakukan pencucian mesin harus ditunggu sampai pencucian buah telah selesai untuk mematikan mesin dan menutup keran air. Beberapa teori dan penelitian terdahulu telah dikaji sebagai landasan dalam pengembangan kontrol waktu otomatis pada mesin pencuci buah di BRIDA NTB ini, baik dari sisi variasi kapasitas mesin pencuci buah, pengaturan waktu otomatis, *board microcontroller* yang digunakan, hingga cara menampilkan hasil pembacaan.

Penelitian yang dilakukan oleh [2] berhasil merancang mesin pencuci kentang kapasitas 5 Kg yang bertujuan untuk lebih memudahkan petani dalam membersihkan hasil panen agar bisa menghemat waktu dan tenaga petani. Meski telah digunakan *timer* otomatis pada mesin yang telah dirancang, namun tidak terdapat indikator seperti bunyi atau lampu sebagai penanda bahwa pencucian telah selesai. Mesin pencuci pisang semi otomatis berkapasitas 120 Kg/jam menggunakan motor listrik juga telah dirancang oleh [3]. Pisang-pisang yang ingin dicuci dimasukkan di dalam tabung, tabung kemudian berputar sembari dialiri air bersih. Hanya saja ketika pencucian telah selesai dilakukan, mesin penggerak utama dan mesin air Penelitian ini masih terdapat harus dimatikan secara manual. Hal yang serupa juga terdapat di mesin pencuci buah nanas, dan mesin pencuci singkong oleh [4][5].

Teknologi yang tersedia di *arduino nano microcontroller board* telah dimanfaatkan oleh [6] pada alat pencuci gelas otomatis yang bertujuan untuk memudahkan dan mempersingkat waktu pencucian gelas. Alat pencuci gelas yang dirancang mampu mencuci 6 buah gelas yang lebih cepat 30% yaitu dengan waktu waktu ± 60 detik jika dibandingkan dengan pencucian gelas secara manual menggunakan tangan manusia. *Arduino Nano* juga dimanfaatkan pada alat peniris minyak otomatis dengan menggunakan *keypad* sebagai tombol input *timer* untuk mengatur kecepatan waktu pencucian [7]. Selain *Arduino Nano*, *Microcontroller AT89C51* dapat digunakan sebagai pusat kendali pada mesin cuci satu tabung seperti yang dilakukan [8]. Pemanfaatan *timer* juga telah disampaikan dalam [9] yaitu untuk mempermudah peserta seminar yang sedang mempresentasikan hasil penelitiannya. Ketika mempresentasikan hasil penelitiannya, penyaji pada kegiatan seminar dapat mengetahui sisa waktu yang disediakan oleh penyelenggara seminar. Kemudian, pengaturan *timer* otomatis berbasis *Arduino Uno* dilakukan oleh [10] pada sistem penerangan luar yang dapat menghidupkan dan mematikan lampu secara otomatis. Namun pengguna masih harus melakukan pemrograman ulang jika ingin mengubah durasi penerangan.

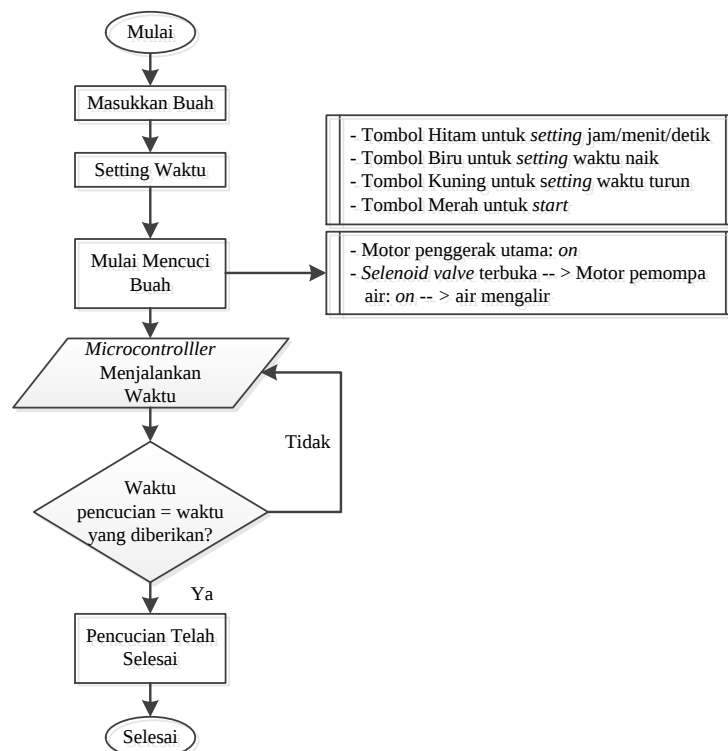
Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, pada penelitian ini peneliti mengembangkan mesin cuci buah berkapasitas 200 Kg/ jam agar dapat bekerja secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan melalui tombol tekan (*Push button*) yang berperan sebagai sakelar pengendali manual yang paling umum dari dijumpai di industri seperti yang terdapat dalam [11], motor induksi satu *phase* sebagai penggerak [12], *solenoid valve* yang digunakan untuk mengatur aliran air [13], *board arduino nano* sebagai pusat kendali [14], serta *buzzer* sebagai alarm penanda [15]. Dengan memadukan semua komponen tersebut, mesin pencuci buah yang peneliti kembangkan dapat secara otomatis berhenti bekerja ketika waktu pencucian telah mencapai batas yang ditentukan. Mencuci buah menggunakan mesin dengan sistem pengatur waktu dapat mengefisienkan waktu, tenaga dan kuantitas penggunaan air.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Blok Diagram Mesin Pencuci Buah dengan *Timer* Otomatis

Secara umum bagian-bagian yang menyusun mesin pencuci buah yang dirancang dan bagaimana mereka bekerjasama digambarkan pada blok diagram pada Gambar 1. Di bagian masukan (*input*) terdiri dari *Push button* hitam sebagai tombol mode *setting*, *Push button* biru sebagai tombol *up*, *Push button* kuning sebagai tombol *down*, dan *Push button* merah sebagai tombol *start* untuk menjalankan *timer* dan mesin. Di bagian kendali (*Controller*) menggunakan *board arduino nano*. Serta di bagian keluaran (*output*) terdiri dari *Liquid Crystal Display* (LCD) sebagai layar penampil waktu dan operasi mesin, *Relay 1* sebagai sakelar ke motor penggerak utama, *Relay 2* sebagai sakelar ke *solenoid valve*, *Relay 3* sebagai sakelar ke *buzzer*, dan *Relay 4* sebagai sakelar ke *Light Emitting Diode* (LED) untuk indikator merah, hijau, dan kuning.

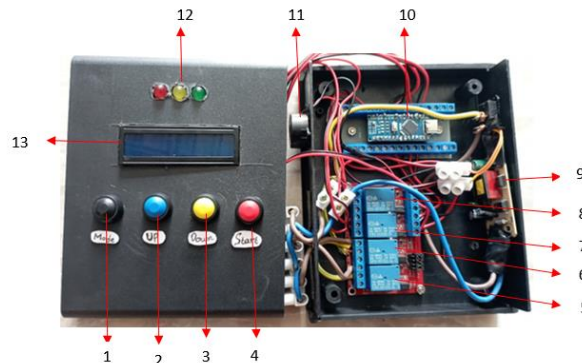


Gambar 2. Alur Kerja Mesin Pencuci Buah dengan *Timer* Otomatis

Gambar 2 menunjukkan alur kerja dari mesin pencuci buah yang dirancang. Diawali dari menghubungkan mesin ke catudaya listrik arus bolak-balik (*Alternating Current/ AC*) 220V. Catudaya 220VAC kemudian dialirkan ke motor utama, *solenoid valve*, dan adaptor yang mengkonversi 220VAC menjadi arus listrik searah (*Direct Current/ DC*) 5V yang diperlukan oleh *board arduino nano* dan komponen lainnya. Selanjutnya pengguna dapat memasukkan buah ke dalam ruang pencucian dan mulai melakukan *setting* waktu pencucian sesuai dengan kebutuhan. Ketika tombol *start* telah ditekan, *microcontroller* akan membuka *solenoid valve* dan menghidupkan motor penggerak yang berarti pencucian telah dimulai. Pada saat yang bersamaan, *timer* pada *microcontroller* juga menghitung dan membandingkan durasi waktu pencucian dengan durasi waktu yang telah diberikan pada bagian *setting* waktu di awal. Ketika waktu pencucian yang berjalan telah sesuai dengan waktu yang diberikan maka *microcontroller* secara otomatis akan menghentikan suplai arus listrik ke motor utama dan *solenoid valve* melalui *relay* sehingga pencucian juga terhenti.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukkan hasil perancangan sistem kontrol *timer* otomatis yang diterapkan pada mesin pencuci buah.



Gambar 3. Hasil Perancangan Sistem Kontrol *Timer* Otomatis pada Mesin Pencuci Buah

Keterangan:

- a. *Push button* hitam
- b. *Push button* biru
- c. *Push button* kuning
- d. *Push button* merah
- e. *Relay* 1
- f. *Relay* 2
- g. *Relay* 3
- h. *Relay* 4
- i. Power supply DC
- j. *Board arduino nano*
- k. *Buzzer*
- l. Led indikator
- m. LCD untuk menampilkan waktu



Gambar 4. Cara Mengatur Waktu Pencucian

Untuk menguji cara mengatur waktu pada sistem kontrol *timer* otomatis dapat dilakukan dengan beberapa langkah (Gambar 4) yaitu:

- a. Memilih mode waktu dengan menekan tombol warna hitam, terdapat 3 mode yaitu detik (SS), menit (MM) dan jam (HH).
- b. Selanjutnya yaitu mengatur jumlah detik/menit/jam sesuai dengan waktu yang diinginkan dengan menekan tombol warna biru. Tombol Kuning dapat digunakan untuk menurunkan angka jika angka melebihi waktu yang diinginkan.
- c. Setelah yakin dengan waktu yang diinginkan maka selanjutnya menekan tombol warna merah untuk mulai menjalankan mesin pencuci buah.

Adapun LED merah sebagai indikator untuk menandakan mesin pencuci buah belum mulai beroperasi, LED hijau sebagai indikator pencucian sedang berlangsung, dan LED kuning untuk menandakan pencucian telah selesai yang disertai dengan adanya bunyi yang ditimbulkan oleh *buzzer*.

Untuk menguji tingkat kebersihan buah yang akan dicuci serta mengetahui jumlah waktu yang diperlukan, pengujian selanjutnya dilakukan pada proses pencucian tiga jenis buah yang berbeda yaitu kentang, mangga, dan apel. Gambar 5 memperlihatkan proses pencucian ketiga jenis buah.



Gambar 5. Proses Pencucian Ketiga Jenis Buah

Masing-masing jenis buah diuji sebanyak tiga kali dengan waktu pencucian yang berbeda. Durasi awal yang digunakan untuk pengujian yaitu 18 detik/kg. Ketentuan durasi ini diperoleh dari rata-rata waktu 200kg/jam yang telah dituliskan pada spesifikasi awal Mesin Cuci Buah oleh IKM yang pertama merancang alat tersebut, dengan perhitungan pada persamaan (1):

$$\frac{1kg}{200kg} \times 3600 \text{ detik} = 18 \text{ detik} \quad (1)$$

Tabel 1. Pengujian Pencucian Buah Kentang

No	Jenis Buah	Waktu yang di setting	Waktu realisasi	Hasil
1	1Kg Kentang	18 Detik	18 Detik	Kurang bersih
2	1Kg Kentang	25 Detik	25 Detik	Kurang bersih
3	1Kg Kentang	30 Detik	30 Detik	cukup bersih

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian pencucian kentang. Pada pengujian pertama, mesin pencuci buah secara otomatis berhenti mencuci ketika waktu pencucian telah mencapai 18 detik, begitu juga untuk pengujian kedua dan ketiga. Hasil pencucian kentang dengan waktu 18 detik memperlihatkan kentang dalam keadaan masih kurang bersih yang ditunjukkan dengan masih terdapatnya sedikit kotoran berupa tanah yang menempel pada kentang. Oleh karenanya, pengujian dilakukan kembali dengan durasi 25 detik dan 30 detik (Gambar 6).



Gambar 6. Keadaan Kentang Sebelum dan Setelah Pencucian

Tabel 2. Pengujian Pencucian Mangga

No	Jenis Buah	Waktu yang di setting	Waktu realisasi	Hasil
1	1kg Mangga	10 detik	10 detik	Kurang Bersih
2	1kg Mangga	15 detik	15 detik	bersih
3	1kg Mangga	18 detik	18 detik	Bersih

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian pencucian buah mangga. Pada setiap pengujian, mesin pencuci buah secara otomatis berhenti mencuci ketika waktu pencucian telah sama dengan waktu yang telah ditentukan. Berbeda dengan kentang, hasil pencucian mangga dengan waktu 18 detik memperlihatkan mangga sudah dalam keadaan bersih. Untuk tujuan menghemat penggunaan energi listrik, pengujian dilakukan kembali dengan durasi 15 detik dan 10 detik (Gambar 7).



Sebelum dicuci

Setelah dicuci 18 detik

Setelah dicuci 10 detik

Setelah dicuci 15 detik

Gambar 7. Keadaan Mangga Sebelum dan Setelah Pencucian

Tabel 3. Pengujian Pencucian Buah Apel

No	Jenis Buah	Waktu yang di setting	Waktu realisasi	Hasil
1	1kg Apel	10 detik	10 detik	Kurang bersih
2	1kg Apel	15 detik	15 detik	Bersih
3	1kg Apel	18 detik	18 detik	Bersih

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian pencucian apel. Seperti pengujian kentang dan mangga, pada setiap pengujian buah apel, mesin pencuci buah secara otomatis berhenti mencuci ketika waktu pencucian telah sama dengan waktu yang telah ditentukan. Hasil pencucian apel dengan waktu 18 detik memperlihatkan apel sudah dalam keadaan masih bersih. Untuk tujuan menghemat penggunaan energi listrik, pengujian dilakukan kembali dengan durasi 15 detik dan 10 detik (Gambar 8).



Sebelum dicuci

Setelah dicuci 18 detik

Setelah dicuci 10 detik

Setelah dicuci 15 detik

Gambar 8. Keadaan Apel Sebelum dan Setelah Pencucian

4. KESIMPULAN

Mesin pencuci buah dengan *timer* otomatis telah berhasil dirancang dan diuji. Mesin pencuci buah yang peneliti rancang dapat secara otomatis berhenti bekerja ketika durasi waktu pencucian telah sama dengan durasi waktu yang telah ditentukan. Selain itu, dari beberapa jenis buah yang diuji, peneliti dapat memberi rekomendasi untuk waktu pencucian buah yang tepat bagi pengguna yaitu 30 detik/kg buah kentang, 15 detik/kg buah apel dan buah mangga. Tentunya waktu dapat sedikit lebih variatif bergantung dari jenis dan jumlah kotoran yang menempel pada buah. Mesin cuci buah ini tidak direkomendasikan diterapkan pada buah-buah yang mudah hancur seperti anggur, stroberi, dan sejenisnya melainkan lebih tepat digunakan pada jenis umbi-umbian seperti ubi, singkong, kentang, wortel, dan lobak, juga kacang tanah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan penelitian ini terlaksana atas dukungan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Tahun Anggaran 2023 melalui Program Kompetisi Kampus Merdeka (PK-KM) serta dukungan dari Badan Riset dan Inovasi Daerah Provinsi Nusa Tenggara Barat (BRIDA NTB).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] [https://brida.ntbprov.go.id/program/penelitian-dan-pengembangan/diakses pada 14 September 2023](https://brida.ntbprov.go.id/program/penelitian-dan-pengembangan/diakses%20pada%2014%20September%202023)
- [2] R.D. Putri & D. Aprilman, "Rancang Bangun Mesin Pencuci Kentang Kapasitas 5 Kg", *Jurnal Teknik Mesin*, Vol.7, No.1, Hal. 40-54, 2021.
- [3] A. P. Irawan & K. Nadliroh, "Perancangan Mesin Pencuci Pisang Semi Otomatis Dengan Kapasitas 120 Kg/Jam", *SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, Vol.5, No.3, Hal. 242-247, 2021.
- [4] F.M. Saputra & K. Nadliroh, "Rancang Bangun Mesin Pencuci Buah Nanas Dengan Sistem Sprayer Pada Pembuatan Selai Nanas Kapasitas 2, 5kg/Jam", *SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, Vol.7, No.3, Hal. 1068-1075, 2023.
- [5] J.Y. Zaira & M.T.I. Pradana, "Rancang Bangun dan Analisa Kekuatan Rangka Mesin Pencuci Singkong Metode Rotary dengan Solidworks Simulation", *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, 8(2), 205-213, 2022.
- [6] A. O. Arviano, dkk., "Pengembangan rancang bangun alat pencuci gelas otomatis berbasis *arduino nano*", *Nusantara of Engineering (NOE)*, Vol.4, No.2, Hal. 98-103, 2021.
- [7] S. Adianto & M. Kanza, "Alat Peniris Minyak Otomatis Menggunakan Mikrokontroler", *Informatika*, Vol.11, No.2, Hal. 51-57, 2019

- [8] M. Burhadudin, dkk., “Kendali Mesin Cuci Satu Tabung Menggunakan *Microcontroller* AT89C51”, 2014.
- [9] S. Suryono & S. Supriyati, “Rancang Bangun *Timer* Terprogram Dengan Tampilan Lampu Tiga Warna Sebagai Pewaktu pada Kegiatan Seminar”, *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, Vol.15, No.3, Hal. 120-129, 2020.
- [10] S. Rumlatur, “Sistem Kendali Otomatis Panel Penerangan Luar Menggunakan *Timer* Theben Sul 181 H Dan Arduino Uno R3”, *Electro Luceat*, Vol.4, No.2, Hal. 43-51, 2018.
- [11] S. Saniman, dkk., “Rancang Bangun Smart Glass Telemetry Tegangan Menggunakan Teknik Simplex Berbasis *Arduino nano*”, *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*, Vol.3, N0.1, Hal. 12-18, 2020.
- [12] Z. Anthony, dkk., “Sistem Kendali Arus Kumparan Motor Induksi 1-fasa dengan Menggunakan Arduino”, *Jurnal Teknik Elektro*, Vol.8, No.2, Hal. 76-81, 2019.
- [13] S. V. Angadi & , R. L. Jackson, “A critical review on the solenoid valve reliability, performance and remaining useful life including its industrial applications”, *Engineering Failure Analysis*, Hal. 136, 2022.
- [14] D.D.S. Fatimah, “Perancangan Pengendali Lampu Rumah Otomatis Berbasis *Arduino nano*”, *Jurnal Algoritma*, Vol.14, No.2, Hal. 470-477, 2017.
- [15] S. P.Riskiono, dkk., “Implementasi *Sensor PIR* Sebagai Alat Peringatan Pengendara Terhadap Penyembrangan Jalan Raya”, *Jurnal Mikrotik* Vol.8, No 1, Hal. 55-63, 2018.

Identifikasi Kinerja Arsitektur *Transfer Learning* VGG16, ResNet-50, dan Inception-V3 Dalam Pengklasifikasian Citra Penyakit Daun Tomat

Identification of VGG16, ResNet-50, and Inception-V3 Transfer Architecture Performance in Image Classification of Tomato Leaf Diseases

Muhammad Iqbal Fathur Rozi¹, Nelly Oktavia Adiwijaya², Dwiretno Istiyadi Swasono³

^{1,2,3} Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Jember

Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Kec. Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121, Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 18 Juni 2023
Diterima, 6 Desember 2023
Diterbitkan, 14 Desember 2023

Kata Kunci:

Penyakit Daun Tomat,
Convolutional Neural Network,
Transfer Learning.

Keyword:

Tomato Leaves Disease,
Convolutional Neural Network,
Transfer Learning.

INTISARI

Tomat merupakan salah satu tumbuhan hortikultura sekaligus tanaman musiman yang banyak dikonsumsi di Indonesia. Produksi tanaman tomat sering kali terancam oleh serangan hama dan penyakit, sehingga diperlukannya campur tangan teknologi dalam pengidentifikasian penyakitnya. Teknologi untuk mengidentifikasi penyakit yang terfokus pada daun tomat ini menggunakan pengolahan citra dengan metode CNN. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan perbandingan arsitektur CNN yang terbaik secara akurasi. Terdapat tiga arsitektur CNN yang dibandingkan dalam penelitian ini yaitu, arsitektur VGG16, ResNet50 dan Inception-V3. Dalam pengimplementasiannya, ketiga arsitektur tersebut diberikan perlakuan yang sama seperti penggunaan input piksel, penambahan layers model, dan lain sebagainya. Penelitian ini menghasilkan tingkat akurasi yang berbeda beda. Arsitektur Inception-V3 mendapatkan nilai akurasi dan validasi akurasi sebesar 0.9551 dan 0.9544. Arsitektur ResNet50 mendapatkan nilai akurasi sebesar 0.9578 dan nilai validasi akurasi sebesar 0.9467. Dan nilai akurasi tertinggi didapat dengan nilai akurasi sebesar 0.9754 dan nilai validasi akurasi tertinggi pada 0.9778 menggunakan arsitektur VGG16.

ABSTRACT

Tomato is a horticultural plant as well as a seasonal plant which is widely consumed in Indonesia. Production of tomato plants is often threatened by pests and diseases, so it is necessary to intervene in the identification of the disease. The technology for identifying diseases focused on tomato leaves uses image processing using the CNN method. This research is expected to produce the best comparison of CNN architectures in terms of accuracy. There are three CNN architectures compared in this study, namely the VGG16, ResNet50 and Inception-V3 architectures. In its implementation, the three architectures are given the same treatment as the use of input pixels, the addition of model layers, and so on. This research produces different levels of accuracy. The Inception-V3 architecture obtained accuracy and validation values of 0.9551 and 0.9544. The ResNet50 architecture gets an accuracy value of 0.9578 and an accuracy validation value of 0.9467. And the highest accuracy value is obtained with an accuracy value of 0.9754 and the highest accuracy validation value is 0.9778 using the VGG16 architecture.

Korespondensi Penulis:

Muhammad Iqbal Fathur Rozi

Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Jember

Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Kec. Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121, Indonesia

Email : ibamfathur01@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian sangat berperan penting dalam perekonomian nasional, yaitu sebagai pembentukan kapital, penyediaan bahan pangan, bahan baku industri, pakan dan bioenergi, penyerap tenaga kerja, sumber devisa negara, sumber pendapatan serta pelestarian lingkungan melalui praktik usaha tani yang ramah lingkungan [1]. Tomat merupakan salah satu tumbuhan hortikultura dan merupakan tanaman musiman yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia karena kaya akan air dan mengandung vitamin A dan vitamin C yang sangat bermanfaat bagi tubuh. Namun, dibalik produksi yang harus selalu mengalami peningkatan tomat merupakan tanaman yang sangat rentan terhadap serangan penyakit.

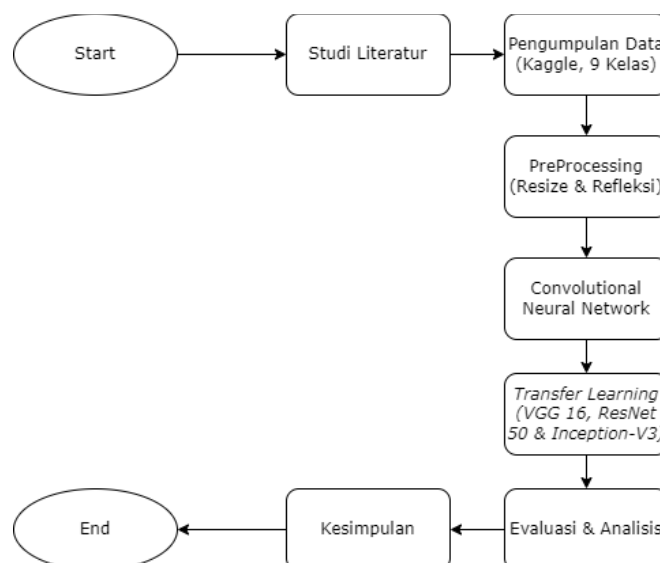
Umumnya, kendala utama menanam tomat adalah serangan hama dan penyakit, banyak varietas tomat yang mudah terserang penyakit busuk pangkal batang dan busuk daun [2]. Dari beberapa penyakit yang menyerang tanaman tomat banyak penyakit yang menyerang pada bagian daunnya. Namun bentuk daun tomat yang beragam tidak mudah bagi manusia untuk mendeteksinya terutama bagi masyarakat petani yang awam yang seringkali dilakukan pengenalan gejala hanya menggunakan mata telanjang saja [3]. Oleh karena itu perlu adanya campur tangan teknologi dan juga para ahli dalam mengidentifikasi penyakit pada daun tomat secara efektif dan akurat. Dalam hal ini teknologi yang dimaksud adalah penggunaan citra yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis penyakit pada daun tomat.

Dikarenakan pengidentifikasian penyakit pada daun tomat menggunakan pengolahan data menggunakan citra digital[4]. Metode penelitian yang digunakan adalah machine learning berupa arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN sendiri merupakan model dari machine learning yang sering digunakan dan dinilai canggih dalam pengklasifikasian citra gambar. Beberapa arsitektur CNN yang dapat digunakan dalam identifikasi objek adalah AlexNet, Visual Geometry Group (VGG) , Residual Network (ResNet) , GoogleNet, Inception-V3, InceptionResNetV2, Squeezenet dan lain lainnya.

Dari berbagai referensi yang telah dikemukakan Penggunaan tiga jenis arsitektur VGG16, ResNet-50 dan Inception-V3 dipilih karena memiliki akurasi yang terbaik dan menghasilkan hasil yang positif dalam pengklasifikasian citra digital pada objek tertentu[5][6][7]. Pada penelitian ini dilakukan identifikasi penyakit pada daun tomat dengan sembilan jenis penyakit, yaitu *Tomato Mosaic Virus*, *Target Spot*, *Bacterial Spot*, *Tomato Yellow Leaf Curl Virus*, *Late Blight*, *Leaf Mold*, *Early Blight*, *Tomato Healthy*, *Septoria Leaf*. Penelitian ini juga membandingkan ketiga jenis arsitektur CNN tersebut apabila diterapkan pada jumlah dataset yang terbatas.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan bagian yang menjelaskan mengenai proses analisis data, tahapan penelitian yang dilakukan, serta evaluasi dan analisis dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Penelitian ini melakukan analisis dan evaluasi dari serta perbandingan dari model *Transfer Learning* yang digunakan untuk mengidentifikasi penyakit pada citra daun tomat. Berikut beberapa tahapan dari penelitian ini yang ditunjukkan pada Gambar 1:



Gambar 1 Tahapan Penelitian

2.1 Studi Literature

Studi literatur merupakan proses yang dilakukan untuk mencari, membaca, mencatat, serta mengumpulkan referensi teori yang digunakan untuk bahan penelitian. Studi literatur merupakan proses paling awal yang dilakukan dalam penelitian ini. Referensi yang telah dikumpulkan nantinya akan digunakan sebagai dasar teori penelitian.

2.2 Pengumpulan data

Dalam penelitian ini dataset yang digunakan merupakan data yang bersumber dari website penyedia data publik, yaitu www.kaggle.com. Dataset yang diambil memiliki judul *Tomato Leaf Disease Detection* yang berasal dari author bernama KAUSTUBH B. Dataset tersebut berjumlah 11000 yang terbagi menjadi sembilan kelas penyakit daun tomat dan satu kelas daun tomat yang sehat. Kelas kelas tersebut terbagi menjadi beberapa label, diantaranya adalah *Tomato Mosaic Virus*, *Target Spot*, *Bacterial Spot*, *Tomato Yellow Leaf Curl Virus*, *Late Blight*, *Leaf Mold*, *Early Blight*, *Septoria Leaf*, *Spider mites Two spotted spider mite*, dan *Tomato Healthy*. Setiap kelas memiliki 1000 citra data training dan 100 citra data validation.

Dari *Dataset* mentah yang awalnya berjumlah 11000 citra gambar dari 10 kelas selanjutnya akan dipilih menjadi 9000 citra gambar saja dari 9 kelas. Pemilahan tersebut dibagi menjadi 1000 citra gambar setiap kelas dengan 900 citra gambar data training dan 100 citra gambar validation. Penghilangan pada salah satu kelas juga dilakukan pada penelitian ini. Penghilangan salah satu kelas disebabkan oleh kurangnya literasi terkait penyakit daun tomat *Spider mites Two-spotted spider mite*. Pemilahan data ini juga disebabkan untuk mempermudah proses split data dan juga untuk mendapatkan tingkat performa pemodelan yang baik dengan hanya membatasi 1000 gambar saja.

2.3 Preprocessing

Preprocessing merupakan salah satu proses dari pengolahan citra yang bertujuan untuk mempermudah pengolahan citra dengan mendapatkan ekstraksi data. Pada penelitian ini, Preprocessing yang digunakan berupa *resize*, *refleksi* dan *rotasi*. Preprocessing *refleksi* atau *flipping* digunakan untuk menseragamkan arah citra. Pada penelitian ini *refleksi* yang digunakan adalah *horizontal* dan *rotasi* yang dilakukan dengan memutar citra gambar dengan sudut yang ditentukan yaitu 30°, 45°, 60°, 90°. Sedangkan untuk *resize* yang digunakan adalah dengan memperkecil piksel dari 256 x 256 menjadi 224 x 224[8]. Hal ini dilakukan guna mempermudah dan meringankan proses perhitungan.

2.4 Metode Convolutional Neural Network

Pada tahapan ini citra yang sebelumnya telah di Preprocessing mulai dilakukannya identifikasi menggunakan algoritma Machine Learning, yaitu *Convolutional Neural Network (CNN)*[9]. Tahapan yang dilakukan dalam proses *Convolutional Neural Network (CNN)* ini dimulai dari tahapan *Convolutional Layer*, *Pooling Layer*, dan *Fully Connected Layer*[10]. Dari tahapan ini selanjutnya dilakukan identifikasi lanjutan dengan arsitektur *Transfer Learning*.

2.5 Transfer Learning

Penelitian ini menggunakan *Transfer Learning* yang diterapkan pada setiap percobaan yang ada guna mengetahui performa terbaik dari penggunaan arsitektur transfer learning yang diberikan. Dikarenakan penerapan *Transfer Learning*, citra yang sudah dilatih sebelumnya kemudian diambil beberapa bagian untuk digunakan kembali atau *pre-trained* dalam identifikasi model yang baru[11]. Model CNN *pre-trained* dilatih menggunakan ImageNet yang merupakan kumpulan data publik besar yang berisi 9000 gambar untuk diklasifikasikan ke dalam 9 kelas. Penelitian ini mengusung tiga model *pre-trained* yang digunakan, yaitu VGG16, ResNet50 dan Inception-V3 yang masing – masing modelnya diujikan menggunakan dataset yang sama untuk diuji arsitektur mana yang terbaik. Berikut metode *Transfer Learning* yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

a. VGG16

VGG16 atau kepanjangan dari *Visual Geometric Group* dengan 16 layer merupakan salah satu arsitektur dari CNN yang memiliki 16 layer berupa *convolutional layer* dan 3 *fully-connected layer*. Keunggulan dari arsitektur ini adalah memiliki arsitektur yang terdiri dari layer *convolutional* 3 x 3 dan *pooling* 2 x 2 yang dinilai lebih akurat jika dibandingkan dengan arsitektur CNN sebelumnya. Keakuratan model ini diambil dari arsitektur CNN *state-of-the-art*, yaitu tolak ukur keakuratan gambar ini diambil dari ketiga model tersebut [12].

b. ResNet50

Residual Network50 atau yang biasa disebut dengan ResNet50 merupakan salah satu arsitektur CNN yang memiliki layer sebanyak 50. ResNet memiliki sistem *skip* yang bertujuan untuk melewati sistem komputasi perkalian. Konsep ini disebut dengan *shortcut connections* dalam konsep ini memanfaatkan input layer sebelumnya, dijadikan sebagai input terhadap output dari layer. Arsitektur ini berfungsi untuk menghindari gambar dari kehilangan informasi sekaligus mengatasi *vanish gradient* [13]. Sesuai dengan arsitekturnya, ResNet50 memiliki konsep melewati 3 layer dan terdapat hanya 1 x 1 *convolutional Layer*.

c. Inception-V3

Inception-V3 merupakan salah satu model CNN yang memiliki 42 layer yang dinilai lebih efisien dalam segi kedalaman arsitektur, dan *error rate* yang lebih kecil. Inception-V3 mengusung sistem yang berbeda, yaitu menggunakan sistem pemfaktoran *convolutional layer* menjadi multi - layers dengan ukuran kernel yang terbilang lebih kecil. Arsitektur ini memiliki parameter yang lebih tepat karena mampu mengurangi nilai parameternya dengan membagikan bobotnya menjadi beberapa multi-layer [14].

2.6 Evaluasi & Analisis

Setelah dilakukannya identifikasi dengan 3 arsitektur *Transfer Learning* yang berbeda, selanjutnya merupakan Evaluasi dan Analisis. Pada tahapan ini dilakukannya uji akurasi dan analisis dari model *Convolutional Neural Network* (CNN) yang telah dilakukan. Uji akurasi ini digunakan untuk mengetahui performa dan efektifitas dari model *Convolutional Neural Network* (CNN) yang telah dilakukan. Setelah dilakukan analisis dan uji akurasi selanjutnya dilakukan evaluasi perbandingan antara arsitektur transfer learning untuk mencari arsitektur yang terbaik.

2.7 Kesimpulan

Pada bagian kesimpulan merupakan bagian paling akhir sekaligus menjadi rangkuman dari semua penelitian yang telah dilakukan. Tahapan ini dilakukan untuk memastikan apakah penelitian yang dilakukan telah memenuhi kriteria dari tujuan dan manfaat penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini dibahas mengenai proses pengklasifikasian penyakit daun tomat menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dengan tiga arsitektur *Transfer Learning* yaitu: VGG16, ResNet50, dan juga Inception-V3. Dari ketiga arsitektur tersebut kemudian dilakukan uji akurasi dengan memberikan perlakuan yang sama antara satu arsitektur dengan arsitektur lainnya.

3.1 Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan berupa dataset yang berasal dari website penyedia jasa data publik yaitu kaggle. *Dataset* ini berupa citra gambar penyakit daun tomat dan juga daun tomat sehat. *Dataset* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari website kaggle dengan judul *Tomato Leaf Disease Detection* yang berasal dari author bernama KAUSTUBH B. *Dataset* yang ditemukan berukuran 183.164 KB yang berisi 9 jenis penyakit citra daun tomat dan 1 citra daun tomat yang sehat. Masing masing kelas pada dataset memiliki data training 1000 citra gambar dan 100 citra gambar validation. *Dataset* tersebut terbagi menjadi beberapa kelas diantaranya adalah : *Tomato Mosaic Virus*, *Target Spot*, *Bacterial Spot*, *Tomato Yellow Leaf Curl Virus*, *Late Blight*, *Leaf Mold*, *Early Blight*, *Septoria Leaf Spot*, dan *Spider mites Two-spotted spider mite*. Table 1 berikut menunjukkan persebaran kelas pada *Dataset* yang digunakan mulai dari kelas dengan nama setiap penyakit serta pembagian dataset mentah yang akan diolah:

Table 1 *Dataset* awal kaggle

Kelas	Data Latih	Data Uji
<i>Tomato Mosaic Virus</i>	1000	100
<i>Target Spot</i>	1000	100
<i>Bacterial Spot</i>	1000	100
<i>Tomato Yellow Leaf Curl Virus</i>	1000	100
<i>Late Blight</i>	1000	100
<i>Leaf Mold</i>	1000	100
<i>Early Blight</i>	1000	100
<i>Septoria Leaf Spot</i>	1000	100
<i>Spider mites Two spotted spider mite</i>	1000	100
<i>Healty Tomato Leaf</i>	1000	100
Total	10000	1000

3.2 Preprocessing Data

Setelah menemukan dataset yang cocok untuk penelitian ini, selanjutnya dilakukan persiapan pada dataset sebelum dilakukan pelatihan model. Proses tersebut berupa pemilahan dataset mentah menjadi dataset yang sesuai dengan metode dan penelitian ini. Pemilahan tersebut berupa pengurangan beberapa citra gambar dari masing masing kelas dan juga penghilangan pada salah satu kelas.

a. Pemilahan Dataset

Dari total 11000 citra gambar yang dibagi menjadi 10 kelas kemudian diambil sebanyak 1000 gambar saja pada masing masing kelasnya. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam melakukan split data dan juga untuk mendapatkan tingkat performa pemodelan yang baik dengan hanya membatasi 1000 gambar saja. Alasan yang mendasar adalah pada rujukan challenge yang dilakukan oleh ImageNet yaitu 1000 data untuk masing masing kategori kelas. Proses pemilihan ini dilakukan secara acak dengan mengurangi pada folder training sebanyak 100 citra gambar yang sesuai dengan folder validation sebanyak 100 citra gambar sehingga didapatkan citra gambar sebanyak 1000 pada setiap kelasnya. Penghilangan salah satu kelas juga dilakukan dikarenakan kurangnya literasi terkait penyakit daun tomat yang terdapat pada dataset tersebut yaitu dataset pada penyakit *Spider mites Two-spotted spider mite*. Pemilahan tersebut terinci pada Tabel 2 yang berisi kelas setiap dataset dengan pengurangan salah satu kelas dan pembagian data latih dan data uji yang telah dikelolah:

Tabel 2 Pemilahan dataset

Kelas	Data Latih	Data Uji
<i>Tomato Mosaic Virus</i>	900	100
<i>Target Spot</i>	900	100
<i>Bacterial Spot</i>	900	100
<i>Tomato Yellow Leaf Curl Virus</i>	900	100
<i>Late Blight</i>	900	100
<i>Leaf Mold</i>	900	100
<i>Early Blight</i>	900	100
<i>Septoria Leaf Spot</i>	900	100
<i>Healty Tomato Leaf</i>	900	100
Total	8100	900

b. Augmentasi Data

Dataset yang telah dilakukan pemilahan secara manual, selanjutnya dilakukan proses augmentasi data. Augmentasi data yang diterapkan 7 terdapat jenis pemrosesan diantaranya adalah: *rotation_range*, *width_shift_range*, *height_shift_range*, *shear_range*, *zoom_range*, *horizontal_flip*, *vertical_flip*. Hal ini dilakukan untuk mengurangi overfitting dengan upaya yang seminimum mungkin[15]. Gambar 2 menjelaskan tentang penggunaan augmentasi data dengan berbagai jenis pemrosesan augmentasinya:

```
[ ] 1 train_datagen = ImageDataGenerator(
2     rotation_range=40,
3     width_shift_range=0.2,
4     height_shift_range=0.2,
5     shear_range=0.2,
6     zoom_range=0.2,
7     horizontal_flip=True,
8     vertical_flip=True,
9     rescale = 1./255.,
10    fill_mode='nearest')
```

Gambar 2. Code Augmentasi data

c. Resize Citra Gambar

Tahapan ini bertujuan untuk menyesuaikan ukuran piksel *input*-an data citra gambar dengan metode CNN yang akan digunakan. Data yang digunakan berasal dari website penyedia data publik kaggle. Setiap citra digital pada dataset memiliki ukuran yang sama yaitu 256 x 256. Selanjutnya proses yang dilakukan dalam tahapan *Preprocessing* yaitu melakukan resize menjadi ukuran 224 x 224. Pada Gambar 3 melakukan proses resize dengan mengambil input data sebesar 224 x 224, batch size sebesar 128 dan mode class berupa categorical:

```
[ ] 1 train_generator = train_datagen.flow_from_directory(train_dir,
2                                                     target_size = (224, 224),
3                                                     batch_size = 128,
4                                                     class_mode = 'categorical')
```

Gambar 3. Code Resize Citra Gambar

d. Pembagian Dataset

Setelah dilakukannya tahapan *Preprocessing* dan juga resize dataset, selanjutnya dilakukannya tahapan split dataset menjadi 2 folder yaitu folder training dan folder validation secara mandiri. Split data ini dilakukan oleh author penyedia dataset pada kaggle dengan jumlah file 1000 citra gambar untuk training dan 100 citra gambar untuk validation pada masing masing kelas dataset. Dataset yang telah dilakukan split data selanjutnya diambil dan dimasukkan menjadi direktori yang bersumber dari Google Drive. Gambar 4 ini berfungsi sebagai

pengambilan data yang sebelumnya telah disimpan di google drive yang kemudian dimasukkan kedalam masing masing direktori:

```
[ ] 1 from google.colab import drive
    2 drive.mount('/content/gdrive')

Mounted at /content/gdrive

[ ] 1 train_dir = '/content/gdrive/My Drive/SkripsiKu/Dataset/tomato/train'
    2 valid_dir = '/content/gdrive/My Drive/SkripsiKu/Dataset/tomato/val'
```

Gambar 4. Code Pembagian Dataset

3.3 Pemodelan Transfer Learning

Setelah pada tahapan sebelumnya telah dilakukan pre-processing, pada tahapan selanjutnya adalah melakukan pemodelan sesuai dengan arsitektur *Convolutional Neural Network* yang diterapkan. Pada pemodelan ini dilakukan 3 arsitektur yaitu VGG16, ResNet50, dan Inception-V3. Berikut beberapa perancangan model CNN tersebut:

a. Perancangan Model VGG16

Pada perancangan model ini digunakan pemodelan VGG16 yang diambil dari API Keras dengan wight dari ImageNet dan CNN. Dari Gambar 5 dilakukannya pemodelan VGG16 untuk mendapatkan model CNN yang diinginkan:

```
[ ] 1 vgg = VGG16(input_shape=IMAGE_SIZE + [3], weights='imagenet', include_top=False)
```

Gambar 5. Code Pemodelan VGG16

Dari pemodelan dasar menggunakan *Transfer Learning* VGG16 tadi, selanjutnya perancangan model dilakukan penambahan layer berupa Average Pooling, Dense, dan juga Dropout. Pada layer yang ditambahkan terdapat dense layer / fully connected layer sebanyak 2 layer dengan jumlah neuron sebanyak 4096 pada keduanya. Selain itu juga ditambahkan penggunaan metode dropout yang diberikan pada setia layer dense dengan probabilitas 0.5. VGG 16 merupakan pemodelan dengan jumlah parameter paling sedikit jika dibandingkan dengan 2 metode lainnya yaitu sebesar 33,634,12, perancangan permodelan tersebut dituangkan pada codingan pada Gambar 6 berikut:

```
[ ] 1 global_average_layer = tf.keras.layers.GlobalAveragePooling2D()
    2 prediction = Dense(len(folders), activation='softmax')
    3
    4 model = tf.keras.Sequential([
    5     vgg,
    6     global_average_layer,
    7     tf.keras.layers.Dense(4096, activation='relu'),
    8     tf.keras.layers.Dropout(0.5),
    9     tf.keras.layers.Dense(4096, activation='relu'),
    10    tf.keras.layers.Dropout(0.5),
    11    prediction
    12 ])
    13
    14 model.summary()
```

Gambar 6. Code Pemodelan VGG16 Lanjutan

b. Perancangan Model ResNet50

Pada perancangan model ResNet50 ini juga menggunakan pemodelan yang diambil dari API Keras berupa ResNet50 dengan wight dari ImageNet dan CNN. Dari pemodelan pada Gambar 7 tersebut didapatkan model CNN dengan parameter ResNet50 sebagai berikut:

```
[ ] 1 resnet = ResNet50(input_shape=IMAGE_SIZE + [3], weights='imagenet', include_top=False)
```

Gambar 7. Code Pemodelan ResNet50

Dari pemodelan dasar menggunakan *Transfer Learning* ResNet50 tersebut, selanjutnya perancangan model ini juga diberlakukan penambahan layer berupa Average Pooling. 2 layer berupa dense layer / fully connected layer dengan jumlah pada masing masing neuron sebanyak 4096. Metode dropout juga diberikan pada setia layer dense dengan probabilitas 0.5, perancangan permodelan tersebut dituangkan pada Gambar 8 codingan dan perancangan berikut:

```
[ ] 1 global_average_layer = tf.keras.layers.GlobalAveragePooling2D()
2 prediction = Dense(len(folders), activation='softmax')
3
4 model = tf.keras.Sequential([
5     resnet,
6     global_average_layer,
7     tf.keras.layers.Dense(4096, activation='relu'),
8     tf.keras.layers.Dropout(0.5),
9     tf.keras.layers.Dense(4096, activation='relu'),
10    tf.keras.layers.Dropout(0.5),
11    prediction
12 ])
13
14 model.summary()
```

Gambar 8. Code ResNet50 Lanjutan

c. Perancangan Model Inception-V3

Sama dengan dua perancangan model sebelumnya, pada perancangan Inception-V3 ini juga menggunakan pemodelan yang diambil dari API Keras Inception-V3 dengan wight dari ImageNet dan CNN. Sama seperti pemodelan lainnya pada Inception-V3 juga dilakukan pemodelan yang dituangkan pada Gambar 9:

```
[ ] 1 inception = InceptionV3(input_shape=IMAGE_SIZE + [3], weights='imagenet', include_top=False)
```

Gambar 9. Code Pemodelan Inception-V3

Dari pemodelan *Transfer Learning* Inception-V3 tersebut, juga ditambahkan beberapa layer yaitu Average Pooling dari tensorflow keras. 2 layer berupa *dense layer* / *fully connected layer* dengan jumlah pada masing masing neuron sebanyak 4096. Metode dropout juga diberikan pada setia layer dense dengan probabilitas 0.5, Perancangan permodelan tersebut dituangkan pada Gambar 10 berikut:

```
[ ] 1 global_average_layer = tf.keras.layers.GlobalAveragePooling2D()
2 prediction = Dense(len(folders), activation='softmax')
3
4 model = tf.keras.Sequential([
5     inception,
6     global_average_layer,
7     tf.keras.layers.Dense(4096, activation='relu'),
8     tf.keras.layers.Dropout(0.5),
9     tf.keras.layers.Dense(4096, activation='relu'),
10    tf.keras.layers.Dropout(0.5),
11    prediction
12 ])
13
14 model.summary()
```

Gambar 10. Code Inception-V3 Lanjutan

3.4 Pelatihan *Transfer Learning*

Setelah dilakukannya perancangan model CNN sesuai dengan *Transfer Learning* yang digunakan. Selanjutnya dilakukan pelatihan model yang disusun menggunakan loss function berupa Categorical Crossentropy, penggunaan metode tersebut dilakukan karena jumlah kelas / kategori yang terdapat pada dataset yang digunakan lebih banyak atau sama dengan 3 kelas. Pada pelatihan ini juga diberikan Optimizer berupa Adam Optimizer yang menggunakan Accuracy untuk melakukan metrics pengukuran performanya. Penggunaan codingan pada ketiga pelatihan tersebut dicantumkan sebagai berikut:

a. Pelatihan Model VGG16

Gambar 11 menunjukan mengenai pelatihan model VGG16 mulai dari trainable, penggunaan optimizer, penetapan matric, model fit, jumlah epochs dan lain sebagainya.

```
[ ] 1 vgg.trainable = False
2 model.compile(loss='categorical_crossentropy',
3               optimizer='adam',
4               metrics=['accuracy'])
5
6 vgg_model = model.fit(
7     train_generator,
8     validation_data=valid_generator,
9     epochs=20,
10    steps_per_epoch=len(train_generator),
11    validation_steps=len(valid_generator),
12    verbose = 1
13 )
```

Gambar 11 Code Pelatihan VGG16

b. Pelatihan Model ResNet50

Gambar 12 menunjukkan mengenai pelatihan model ResNet50 mulai dari trainable, penggunaan optimizer, penetapan matric, model fit, jumlah epochs dan lain sebagainya.

```
[ ] 1 resnet.trainable = False
    2 model.compile(loss='categorical_crossentropy',
    3               optimizer='adam',
    4               metrics=['accuracy'])
    5
    6 resnet_model = model.fit(
    7     train_generator,
    8     validation_data=valid_generator,
    9     epochs=20,
   10     steps_per_epoch=len(train_generator),
   11     validation_steps=len(valid_generator),
   12     verbose = 1
   13 )
```

Gambar 12 Code Pelatihan ResNet50

c. Pelatihan Model Inception-V3

Sama seperti dua arsitektur sebelumnya Gambar 13 menunjukkan mengenai pelatihan model Inception-V3 mulai dari trainable, penggunaan optimizer, penetapan matric, model fit, jumlah epochs dan lain sebagainya.

```
[ ] 1 inception.trainable = False
    2 model.compile(loss='categorical_crossentropy',
    3               optimizer='adam',
    4               metrics=['accuracy'])
    5
    6 inceptionV3_model = model.fit(
    7     train_generator,
    8     validation_data=valid_generator,
    9     epochs=20,
   10     steps_per_epoch=len(train_generator),
   11     validation_steps=len(valid_generator),
   12     verbose = 1
   13 )
```

Gambar 13 Code Pelatihan Inception-V3

Dari ketiga pelatihan tersebut diterapkan metode yang sama yaitu penggunaan Epoch sebanyak 20, steps_per_Epoch sebanyak panjang train_generator yaitu 8100, dan validation_steps sebanyak panjang dari valid_generator yaitu 900. Setelah dilakukan pelatihan tersebut, selanjutnya diberikan pelatihan menggunakan metode Fine Tuning yang juga merupakan konsep dari *Transfer Learning*. Metode ini merupakan pelatihan model dalam *Transfer Learning* yang dilatih ulang menggunakan layer yang tidak dibekuka. Metode ini digunakan karena dinilai dapat meningkatkan performa yang sudah terlatih menjadi lebih baik daripada penyusunan model secara manual. Metode ini perlu dilakukan learning rate yang kecil agar tidak merubah / merusak paramater yang telah dilatih oleh model. Berikut merupakan pengcodingan *Transfer Learning* pada ketiga arsitektur yang digunakan:

d. Pelatihan Model VGG16

Gambar 14 menunjukkan pelatihan lanjutan dengan penambahan pembekuan pada setiap layer, penggunaan jumlah epochs keseluruhan dan juga penambahan metode *learning rate*.

```
[ ] 1 vgg.trainable = True
    2 model.compile(loss=tf.keras.losses.CategoricalCrossentropy(),
    3               optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(1e-5),
    4               metrics=['accuracy'])
    5
    6 vgg_model_fine = model.fit(
    7     train_generator,
    8     validation_data=valid_generator,
    9     epochs=40,
   10     steps_per_epoch=len(train_generator),
   11     validation_steps=len(valid_generator),
   12     verbose = 1,
   13     initial_epoch= vgg_model.epoch[-1]
   14 )
```

Gambar 14 Code Pelatihan VGG16 TL

e. Pelatihan Model ResNet50

Gambar 15 menunjukkan pelatihan lanjutan dengan penambahan pembekuan pada setiap layer, penggunaan jumlah epochs keseluruhan dan juga penambahan metode *learning rate*.

```
[ ] 1 resnet.trainable = True
2 model.compile(loss=tf.keras.losses.CategoricalCrossentropy(),
3               optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(1e-5),
4               metrics=['accuracy'])
5
6 resnet_model_fine = model.fit(
7     train_generator,
8     validation_data=valid_generator,
9     epochs=40,
10    steps_per_epoch=len(train_generator),
11    validation_steps=len(valid_generator),
12    verbose = 1,
13    initial_epoch= resnet_model.epoch[-1]
14 )
```

Gambar 15 Code Pelatihan ResNet50 TL

f. Pelatihan Model Inception-V3

Sama seperti sebelum sebelumnya Gambar 16 menunjukkan pelatihan lanjutan dengan penambahan pembekuan pada setiap layer, penggunaan jumlah epochs keseluruhan dan juga penambahan metode *learning rate*.

```
[ ] 1 inception.trainable = True
2 model.compile(loss=tf.keras.losses.CategoricalCrossentropy(),
3               optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(1e-5),
4               metrics=['accuracy'])
5
6 inceptionV3_model_fine = model.fit(
7     train_generator,
8     validation_data=valid_generator,
9     epochs=40,
10    steps_per_epoch=len(train_generator),
11    validation_steps=len(valid_generator),
12    verbose = 1,
13    initial_epoch= inceptionV3_model.epoch[-1]
14 )
```

Gambar 16 Code Pelatihan Inception-V3 TL

3.5 Analisis Hasil

Pada pembahasan subbab ini merupakan analisis hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Analisa ini dilakukan berdasarkan hasil penelitan dari pengklasifikasian penyakit daun tomat menggunakan metode CNN. Metode CNN yang dibiberlakukan dalam penelitian ini menggunakan tiga algoritma yang berbeda, diantaranya adalah VGG16, ResNet50 dan juga Inception-V3. Setiap arsitektur mendapatkan perlakuan yang sama antara satu arsitektur dengan arsitektur lainnya. Setelah dilakukan penerapan perancangan model CNN sesuai dengan *Transfer Learning* yang digunakan didapatkan hasil yang berbeda-beda. Ketiga arsitektur ini dinilai cukup mendapatkan hasil akurasi yang cukup tinggi pada masing masing arsitekturnya. VGG16 terlihat memiliki keuntungan karena melibatkan representasi fitur dan kegunaan arsitektur yang sederhana dan konsisten yang dinilai cocok dalam penelitian ini. Hasil uji akurasi dari ketiga arsitektur CNN tersebut ditunjukkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3 Analisis Hasil Akurasi

Arsitektur	Resolusi	Parameter	Akurasi
VGG16	224 x 224	33,634,121	97,78%
ResNet50	224 x 224	48,798,601	94,67%
Inception-V3	224 x 224	47,013,673	95,44%

Setiap arsitektur tersebut menunjukkan hasil pelatihan yang selalu meningkat dari awal hingga akhir baik secara drastis maupun secara bertahap.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari pengklasifikasian penyakit daun tomat menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) pada beberapa arsitektur *Transfer Learning* VGG16, ResNet-50, dan Inception V-3 dapat diambil kesimpulan dari beberapa percobaan yang telah dilakukan bahwa arsitektur VGG16 merupakan arsitektur yang terbaik dibandingkan dari 2 arsitektur lainnya dengan nilai akurasi tertinggi adalah 0.9726 dan nilai validasi akurasi tertinggi sebesar 0.9778. Arsitektur ini mendapatkan penambahan skenario yaitu penambahan 2 layer Dense (4096) dan 2 layer dropout dengan nilai 0.5. Penggunaan fine tuning dalam pelatihan model dinilai lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan pelatihan model secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Heriani, W. Abbas Zakaria, and S. Achdiansyah, "Analisis Keuntungan dan Risiko Usahatani Tomat di Kecamatan Sumberejo Kabupaten Tanggamus," *Jiia*, vol. 1, no. 2, pp. 169–173, 2013.
- [2] R. Wulandari, "Respon pertumbuhan tanaman tomat," *RESPON PERTUMBUHAN Tanam. TOMAT {Lycopersicum esculentum L.} DENGAN PENAMBAHAN PUPUK ORGANIK BAYAM {Amaranthus sp L.} SERTA PENGAJARANNYA DI MADRASAH ALIYAH NEGERI 1 PALEMBANG*, no. November, 2015.
- [3] L. Sahrani, "Klasifikasi Penyakit Daun Tomat Berdasarkan Ekstraksi Tekstur Daun Menggunakan Gabor Filter Dan Algoritma Support Vector Machine," 2021, [Online]. Available: <http://repository.uinsu.ac.id/13431/>
- [4] N. Z. Munantri, H. Sofyan, and M. Yanu, "Aplikasi Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Umur Pohon," *Telematika*, vol. 16, no. 2, pp. 97–104, 2019.
- [5] M. Agarwal, S. K. Gupta, and K. K. Biswas, "Development of Efficient CNN model for Tomato crop disease identification," *Sustain. Comput. Informatics Syst.*, vol. 28, p. 100407, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.suscom.2020.100407.
- [6] Stephen, Raymond, and H. Santoso, "APLIKASI CONVOLUTION NEURAL NETWORK UNTUK MENDETEKSI JENIS-JENIS SAMPAH," *Explor. ± J. Sist. Inf. dan Telemat.*, 2013.
- [7] C. Wang *et al.*, "Pulmonary image classification based on inception-v3 Transfer Learning model," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 146533–146541, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2946000.
- [8] N. Khasanah, "Komparasi Arsitektur RESNET50 dan VGG16 untuk Klasifikasi Citra Tanda Tangan," *J. Sist. Inf.*, vol. 14, no. 1, pp. 2611–2621, 2022.
- [9] M. Zufar and S. Setiyono, Budi Si, "Convolutional Neural Networks for Real-Time Face Recognition," pp. 1–137, 2016.
- [10] A. Patil and M. Rane, "Convolutional Neural Networks: An Overview and Its Applications in Pattern Recognition," *Smart Innov. Syst. Technol.*, vol. 195, pp. 21–30, 2021, doi: 10.1007/978-981-15-7078-0_3.
- [11] B. K. Umri, E. Utami, and M. P. Kurniawan, "Tinjauan Literatur Sistematis tentang Deteksi Covid-19 menggunakan Convolutional Neural Networks," *Creat. Inf. Technol. J.*, vol. 8, no. 1, p. 9, 2021, doi: 10.24076/citec.2021v8i1.261.
- [12] M. A. Pangestu and H. Bunyamin, "Analisis Performa dan Pengembangan Sistem Deteksi Ras Anjing pada Gambar dengan Menggunakan Pre-Trained CNN Model," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 4, pp. 337–344, 2018.
- [13] D. Theckedath and R. R. Sedamkar, "Detecting Affect States Using VGG16, ResNet50 and SE-ResNet50 Networks," *SN Computer Science*, vol. 1, no. 2. 2020. doi: 10.1007/s42979-020-0114-9.
- [14] M. R. Kapa, "Klasifikasi Citra Penyakit Leukemia Menggunakan Convolutional Neural Network Dengan Arsitektur Inception-V3," p. 129, 2022.
- [15] S. GC *et al.*, "Using Deep Learning Neural Network in Artificial Intelligence Technology to Classify Beef Cuts," *Front. Sensors*, vol. 2, no. June, pp. 1–12, 2021, doi: 10.3389/fsens.2021.654357.

Implementasi ESP32-CAM pada Pemantauan Penetasan Telur Ayam Berbasis Notifikasi Telegram

Implementation of ESP32-CAM in Monitoring Chicken Egg Hatching Based on Telegram Notifications

Sahri Dian Suandi¹, Titi Andriani², Lalu Suryadi³, Mahmud Husyairi⁴, Dahman⁵

^{1,2,3} Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Rekayasa Sistem Universitas Teknologi Sumbawa

^{3,4,5} Badan Riset dan Inovasi Daerah Nusa Tenggara Barat

Jl. Raya Olat Maras Batu Alang Sumbawa, Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 8 November 2023
Diterima, 7 Desember 2023
Diterbitkan, 14 Desember 2023

Kata Kunci:

Mesin Penetas Telur
NODEMCU ESP32
ESP32-CAM
Internet of Things
BRIDA NTB

Keyword:

Chicken Egg Machine
NODEMCU ESP32
ESP32-CAM
Internet of Things
BRIDA NTB

INTISARI

Tingginya kebutuhan masyarakat akan daging ayam cenderung tidak dapat diimbangi oleh peternak dikarenakan sebagian besar peternak masih menggunakan metode konvensional. Mesin penetas telur dirancang dengan maksud untuk menggantikan peran indukan ayam dalam mengerami telur-telurnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan mesin penetas telur berkapasitas 50 butir yang ada di BRIDA NTB dengan menitik beratkan pada tiga unsur utama yaitu suhu, kelembaban, dan pemutaran rak telur. Peneliti memanfaatkan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban, ESP32-CAM untuk mengambil foto ruang penetasan agar dapat memantau keberadaan anak ayam saat telur menetas, dua unit lampu 5W sebagai sumber energi panas, kipas angin 12V untuk menambah sirkulasi udara dan kelembaban. Sebagai pengendali utama, digunakan *board microcontroller NODEMCU ESP32*. Kegiatan *monitoring* jarak jauh dan *controlling* otomatis dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan suhu dan kelembaban yang diperlukan. Ketika suhu <39°C maka lampu *on*, lalu lampu *off* setelah suhu >40°C. Kemudian, ketika kelembaban <71%RH maka kipas *on*, dan kipas *off* setelah kelembaban mencapai 75%RH. Kemudian, pemutaran rak telur dapat diatur pada frekuensi yang teratur yaitu setiap 3,5jam. Adapun inovasi pada pemantauan waktu penetasan telur dapat dilakukan secara *real time* melalui aplikasi telegram. Meskipun mesin penetas telur yang dirancang belum diuji keberhasilan penetasannya, namun dengan adanya upaya pemenuhan suhu dan kelembaban dalam ruang penetasan, pengaturan frekuensi pemutaran rak telur, serta penerapan teknologi IoT diharapkan dapat memberi kontribusi terhadap peningkatan nilai tambah produk IKM di BRIDA NTB.

ABSTRACT

Since most breeders still employ traditional techniques, the community's great demand for chicken meat is typically satisfied by breeders rather than by their own efforts. The purpose of the egg incubator is to take the place of the hen in the egg-incubation process. With an emphasis on three key factors—temperature, humidity, and egg rack rotation—this project seeks to create an egg incubator at BRIDA NTB that can hold 50 eggs. Researchers employed two 5W light units as a source of thermal energy, a 12V fan to boost air circulation and humidity, a DHT11 sensor to measure temperature and humidity, and an ESP32-CAM to take pictures of the hatching room so they could keep an eye on the whereabouts of the chicks when the eggs hatched. The NODEMCU ESP32 microcontroller board serves as the primary controller. Activities related to automatic control and remote monitoring can be completed in accordance with the necessary humidity and temperature levels. The light turns on when the temperature is less than 39°C and turns off when it reaches 40°C. The fan then turns on when the humidity is less than 71%RH and turns off when the humidity surpasses 75%RH. After that, it is possible to program the egg rack to rotate on a regular basis, say every 3.5 hours. The Telegram app allows for real-time innovation in egg hatching time monitoring. The intended egg incubator machine has not been tested for

hatching success, but it is hoped that efforts to control the hatching room's temperature and humidity, adjust how frequently the egg rack rotates, and implement IoT technology will increase the added value of IKM products at BRIDA NTB.

Korespondensi Penulis:

Titi Andriani

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Rekayasa Sistem Universitas Teknologi Sumbawa

Jl. Raya Olat Maras Batu Alang Sumbawa, Indonesia

Email: titi.andriani@uts.ac.id

1. PENDAHULUAN

Ayam merupakan salah satu sumber protein yang diminati masyarakat, selain karena rasanya lezat, juga lebih mudah diperoleh dan harganya terjangkau. Seiring dengan bertambahnya populasi manusia, kebutuhan terhadap daging ayam juga semakin meningkat. Tingginya kebutuhan masyarakat akan daging ayam cenderung tidak bisa diimbangi oleh peternak dikarenakan sebagian peternak masih menggunakan metode konvensional. Pada metode konvensional biasanya indukan ayam bertelur hingga jumlah tertentu kemudian mengerami telur-telur tersebut selama 21 hari. Selama periode mengerami, indukan ayam berhenti bertelur yang mengakibatkan kapasitas produksi bibit ayam menjadi sangat terbatas.

Mesin penetas telur dirancang dengan maksud untuk menggantikan peran indukan ayam dalam mengerami telur-telurnya, salah satunya mesin penetas berkapasitas 50 butir hasil karya Industri Kecil Menengah (IKM) yang menjadi mitra Badan Riset dan Inovasi Daerah Nusa Tenggara Barat (BRIDA NTB) [1]. Mesin penetas tersebut hanya menerapkan otomatisasi dalam pemutaran telur secara horizontal yang bekerja setiap 3,5 jam sekali. Padahal, menurut Tullet, (1990) yang diacu dalam [2], setidaknya terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam kesuksesan penetasan yaitu, suhu, kelembaban, ventilasi udara, frekuensi pemutaran telur, dan kebersihan telur.

Beberapa teori dan penelitian terdahulu terkait mesin penetas telur telah dikaji, baik dari sisi sumber energi panas, *monitoring* dan *controlling* suhu dan kelembaban, *controlling* frekuensi pemutaran telur, *board microcontroller* yang digunakan sebagai pusat kendali, hingga cara menampilkan hasil *monitoring* dan aksi *controlling* yang dilakukan. Beberapa di antaranya penelitian tentang efisiensi dan pengaruh 3 jenis warna lampu yang berbeda terhadap suhu dalam ruang penetasan telah dilakukan oleh [3]. Pada penelitian tersebut, pemutaran rak telur dapat dilakukan secara otomatis menggunakan motor penggerak. Namun untuk mengukur suhu masih menggunakan sensor analog berupa *thermometer*, begitu juga untuk mengontrol suhu dilakukan secara analog menggunakan *thermostat*. Pada penelitian lain dilakukan perbaikan kontrol suhu dan kelembaban analog ke digital menggunakan *Arduino Uno Board* dengan sensor DHT11 sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban [4]. Juga penambahan layar penampil berupa *Liquid Crystal Display* (LCD) [5]. Penggunaan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban juga ditemukan di penelitian [6][7] dengan pengembangan berupa pengaturan frekuensi pemutaran rak telur otomatis menggunakan motor sinkron.

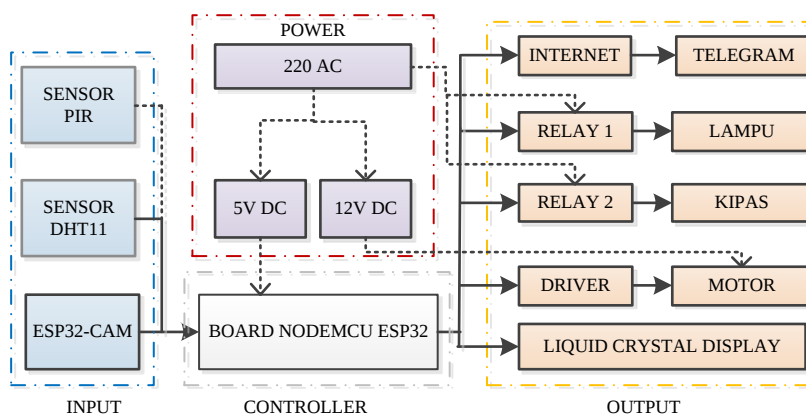
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan mesin penetas telur berkapasitas 50 butir yang ada di BRIDA NTB dengan menitikberatkan pada tiga unsur utama yaitu suhu, kelembaban, dan pemutaran rak telur. Untuk mengukur suhu dan kelembaban, peneliti menggunakan sensor DHT11. Adapun suhu ideal yang diperlukan dalam ruang penetasan yaitu pada rentang 39°C-40°C, serta kelembaban pada rentang 71%RH-75%RH sesuai dengan hasil penelitian [8]. Untuk menjaga suhu dan kelembaban pada rentang nilai tersebut, digunakan 2-unit lampu 5W sebagai sumber energi panas dan 1-unit kipas angin 12V untuk membantu sirkulasi udara. Sebagai pengendali utama, digunakan *board microcontroller NODEMCU ESP32* dengan merujuk pada [9][10]. Adapun inovasi pada penelitian ini yaitu adanya penambahan *monitoring* penetasan telur di dalam ruang penetasan. Untuk mencapai tujuan ini, pada tahap awal peneliti menggunakan sensor *Passive Infra-Red* (PIR) seperti yang dijelaskan [11][12]. PIR merupakan sensor yang mendeteksi perubahan *temperature* benda bergerak di sekitarnya. Namun sensor PIR tidak dapat membedakan antara perubahan *temperature* yang disebabkan oleh keberadaan anak ayam atau oleh efek *on/off* lampu sehingga hasil pemantauan yang dikirimkan ke pengguna melalui telegram menjadi tidak valid.

Untuk mengatasinya, peneliti kemudian menggunakan ESP32-CAM yang dapat mengambil foto dan kemudian mengirimkan foto ril ruang penetasan melalui aplikasi telegram. ESP32-CAM yang merupakan *development board* berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan kamera terpasang dan berukuran kecil [13]. ESP32-CAM sangat cocok untuk berbagai aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) seperti *smart home* [14][15], *smart farming*, *industrial wireless control*, *wireless monitoring*, dan berbagai aplikasi IoT lainnya. Meskipun mesin penetas telur yang dirancang belum diuji keberhasilan penetasannya, namun dengan adanya upaya pemenuhan suhu dan kelembaban dalam ruang penetasan, pengaturan frekuensi pemutaran rak telur, dan

penerapan teknologi IoT diharapkan dapat memberi kontribusi terhadap peningkatan nilai tambah produk IKM di BRIDA NTB.

2. METODE PENELITIAN

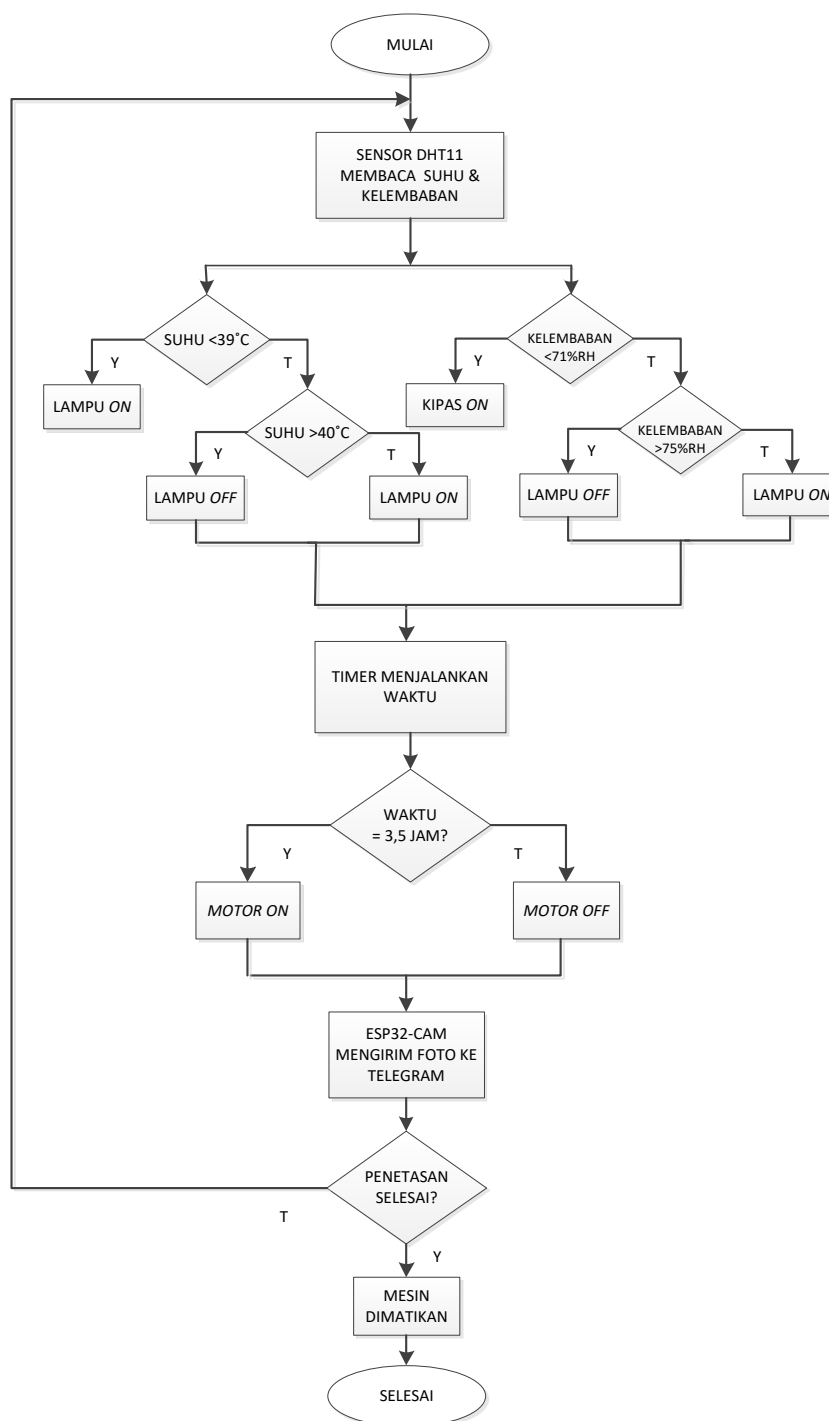
Gambar 1. Merupakan blok diagram yang menggambarkan bagian-bagian yang menyusun mesin penetas telur yang dirancang serta hubungan masing-masing bagian. Di bagian masukan (*input*) terdiri dari sensor DHT11 yang akan mengukur suhu dan kelembaban dalam ruang penetasan, sensor PIR yang mendeteksi perubahan *temperature* dalam ruang penetasan, juga ESP32-CAM yang akan mengambil gambar keberadaan anak ayam yang keluar dari telur-telur yang menetas. Di bagian kendali (*Controller*) menggunakan *board NodeMCU ESP32*. Serta di bagian keluaran (*output*) terdiri dari Relay 1 sebagai sakelar ke elemen pemanas berupa lampu, Relay 2 sebagai sakelar ke kipas yang difungsikan untuk meratakan sirkulasi udara, *driver* ke motor untuk menggerakkan rak telur, *Liquid Crystal Display* (LCD) sebagai layar penampil hasil *monitoring* dan aksi kendali dalam ruang penetasan, serta terhubung ke layar *handphone* melalui aplikasi telegram.



Gambar 1. Blok Diagram Mesin Penetas Telur dengan *Monitoring* dan *Kontrol* Suhu dan Kelembaban, *Monitoring* waktu penetasan, dan kontrol pemutaran rak telur

Gambar 2 menunjukkan alur kerja dari mesin penetas telur yang dikembangkan. Ketika mesin terhubung ke catudaya listrik arus bolak-balik (*Alternating Current/ AC*) 220V, maka catudaya 220VAC kemudian dialirkan ke *relay 1*, *relay 2*, dan *relay 3*, juga terhubung ke adaptor untuk dikonversi menjadi arus listrik searah (*Direct Current/ DC*) 12V sebagai sumber energi listrik motor, dan 5V yang diperlukan oleh *board NodeMCU ESP32* beserta komponen lainnya. Selanjutnya kerja mesin penetas akan terbagi menjadi 3 bagian:

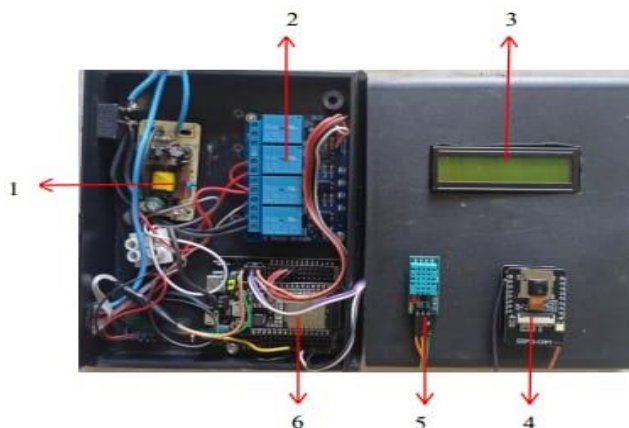
1. Ketika diberi suplai energi listrik, mesin penetas telur mulai beroperasi. Sensor DHT11 akan membaca nilai suhu dan kelembaban dalam ruang penetasan. Informasi suhu dan kelembaban akan ditampilkan ke LCD. Selain itu, user dapat memperoleh informasi yang sama di layar *handphone* melalui aplikasi telegram dengan mengirim perintah ke *NodeMCU ESP32*. Selanjutnya, jika suhu kurang dari 39°C maka *controller* tetap akan memberikan suplai energi listrik ke lampu melalui *relay 1* untuk memanaskan ruang penetasan. Suhu maksimal yang diperkenankan adalah 40°C, jika suhu lebih dari 40°C maka *controller* akan memerintahkan lampu untuk *off*. Di saat yang bersamaan, selama kelembaban yang terbaca oleh sensor DHT11 masih kurang dari 71%RH maka *controller* akan memerintahkan kipas untuk *on*. Kemudian *controller* akan memerintahkan kipas untuk *off* jika kelembaban lebih dari 75%RH. Sebagai sumber kelembaban, di dalam ruang penetasan diletakkan wadah berisi air.
2. Sensor PIR akan mendeteksi perubahan *temperature* dalam ruang penetasan. Idealnya, diharapkan sensor PIR hanya akan mendeteksi perubahan *temperature* dari panas tubuh makhluk hidup yang bergerak. Dalam hal ini, jika terdapat anak ayam yang keluar dari cangkang telur saat menetas maka informasi keberadaan anak ayam tersebut akan diteruskan oleh *controller* ke peternak/ pengguna mesin melalui aplikasi telegram. Namun, untuk menkonfirmasi keberadaan anak ayam, digunakan juga ESP32-CAM yang dapat mengambil foto ruang penetasan secara *real time* dan juga mengirimkan gambar tersebut ke nomor ID pengguna mesin melalui aplikasi telegram.
3. Pemutaran rak telur akan dikontrol melalui driver dengan menghitung waktu berjalan selama 3,5 jam sehingga rak telur akan berputar secara horizontal setiap 3,5 jam.



Gambar 2. Alur Kerja *Monitoring* dan *Kontrol* Suhu, Kelembaban, Pemutaran Rak Telur, dan *Monitoring* Waktu Penetasan pada Mesin Penetas Telur

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukkan hasil perancangan *monitoring* dan *control* Suhu, kelembaban, pemutaran rak telur, dan *monitoring* waktu penetasan pada mesin penetas telur.



Gambar 3. Hasil Perancangan Monitoring dan Kontrol Suhu, Kelembaban, Pemutaran Rak Telur, dan Monitoring Waktu Penetasan pada Mesin Penetas Telur

Keterangan:

1. Catudaya DC
2. Relay
3. LCD 2x16
4. ESP32-CAM
5. Sensor DHT11
6. NODEMCU ESP32

Untuk mengetahui kesesuaian kerja mesin penetas telur yang telah dirancang dengan yang telah direncanakan pada Gambar 2, maka langkah pengujian perlu dilakukan. Pengujian pertama dilakukan dengan menampilkan informasi hasil *monitoring* suhu dan kelembaban ke perangkat LCD (Gambar 4).



Gambar 4. Tampilan Hasil Pembacaan Suhu dan Kelembaban di LCD



Gambar 5. Tampilan Perintah dan Hasil Pembacaan Suhu dan Kelembaban di Layar *Handphone* Melalui Aplikasi Telegram.

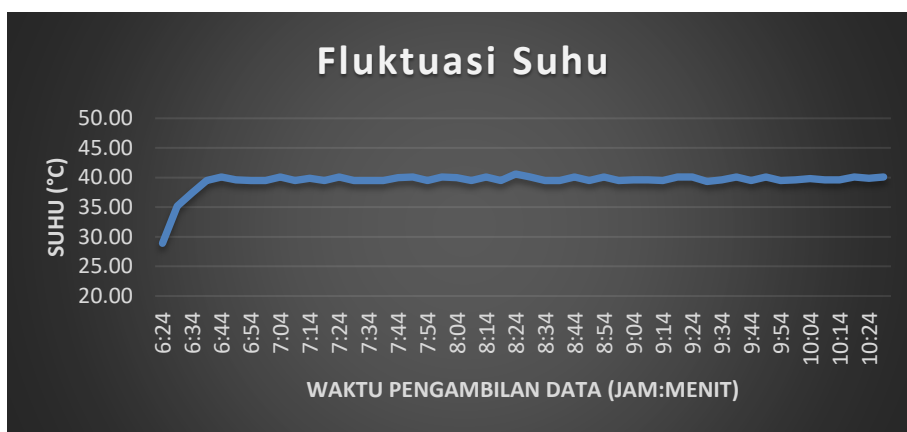
Gambar 5 menunjukkan ketika NodeMCU ESP32 telah terhubung ke jaringan internet. NodeMCU ESP32 mengirim notifikasi dengan tampilan “Selamat Datang”. Selanjutnya terdapat tiga pilihan perintah untuk mendapatkan data suhu dan kelembaban yaitu “/tempC” untuk mendapatkan nilai suhu dalam satuan °C, perintah “/tempF” untuk mendapatkan nilai suhu dalam satuan °F, dan perintah “/humidity” untuk mendapatkan nilai kelembaban.

Tahap selanjutnya adalah menguji aksi *controlling* suhu dan kelembaban otomatis melalui kendali *on/off* lampu dan kipas angin dengan mengikuti ketentuan kebutuhan suhu dalam ruang penetasan yaitu pada rentang 39°C sampai 40°C. Sementara kebutuhan kelembaban pada rentang 71%RH sampai 75%RH.

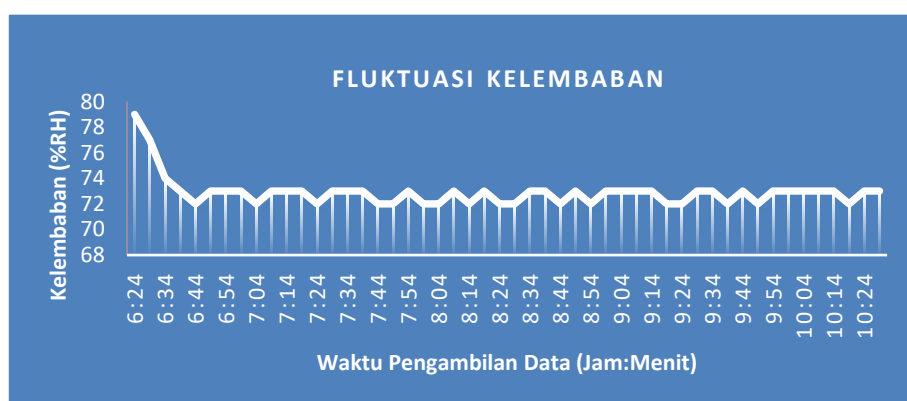
Tabel 1. Pengujian *Monitoring* Dan *controlling* Suhu Dan Kelembaban Otomatis

Waktu	Suhu (°C)	Kondisi lampu	Kelembaban (%RH)	Kondisi kipas
06.24	28,90	On	79	Off
06.29	35,20	On	77	Off
06.34	37,40	On	74	Off
06.39	39,50	On	73	Off
06.44	40,10	Off	72	Off
06.49	39,60	On	73	Off
06.54	39,50	On	73	Off
06.59	39,50	On	73	Off
07.04	40,10	Off	72	On
07.09	39,50	On	73	Off
07.14	39,90	On	73	Off
07.19	39,50	On	73	Off
07.24	40,10	Off	72	Off
07.29	39,50	On	73	Off
07.34	39,50	On	73	Off
07.39	39,50	On	73	Off
07.44	40,00	On	72	Off
07.49	40,10	Off	72	Off
07.54	39,50	On	73	Off
07.59	40,10	Off	72	Off
08.04	40,00	On	72	Off
08.09	39,50	On	73	Off
08.14	40,10	Off	72	Off
08.19	39,50	On	73	Off
08.24	40,60	Off	72	Off
08.29	40,10	Off	72	Off
08.34	39,50	On	73	Off
08.39	39,50	On	73	Off
08.44	40,10	Off	72	Off
08.49	39,50	On	73	Off
08.54	40,10	Off	72	Off
08.59	39,50	On	73	Off
09.04	39,60	On	73	Off
09.09	39,60	On	73	Off
09.14	39,50	On	73	Off
09.19	40,10	Off	72	Off
09.24	40,10	Off	72	Off
09.29	39,34	On	73	Off
09.34	39,60	On	73	Off
09.39	40,10	Off	72	Off
09.44	39,50	On	73	Off
09.49	40,10	Off	72	Off
09.54	39,50	On	73	Off
09.59	39,60	On	73	Off
10.04	39,80	On	73	Off
10.09	39,60	On	73	Off
10.14	39,60	On	73	Off
10.19	40,10	Off	72	Off
10.24	39,90	On	73	Off
10.29	40,10	Off	73	Off

Tabel 1 merupakan data hasil pembacaan suhu dan kelembaban oleh sensor *DHT11* yang ditampilkan di LCD maupun di layar monitor HP, juga data aksi kendali yang diberikan oleh *microcontroller* ke lampu dan kipas angin. Pengambilan data dilakukan sebanyak 50 kali setiap 5 menit. Data pertama menunjukkan bahwa suhu dalam ruang penetasan sebesar 28,9°C. Karena suhu tersebut belum mencapai rentang suhu yang diperlukan maka lampu *on*. Sementara itu, kelembaban dalam ruang penetasan sebesar 79%RH. kelembaban tersebut telah melebihi besaran yang diperlukan sehingga kipas *off*. Hal yang sama berlaku untuk data-data berikutnya yang membuktikan bahwa aksi *controlling* otomatis berhasil dilakukan.



Gambar 6. Grafik Fluktuasi Suhu Dalam Ruang Penetasan



Gambar 7. Grafik Fluktuasi Kelembaban Dalam Ruang Penetasan

Gambar 6 dan Gambar 7 merupakan grafik fluktuasi suhu dan kelembaban di dalam ruang penetasan berdasarkan Tabel 1. Dari tabel maupun kedua grafik dapat diamati bahwa masih terdapat fluktuasi suhu dan kelembaban. Hal ini disebabkan oleh adanya efek berbanding terbalik antara *on/off* lampu terhadap *on/off* kipas angin. Sebagai contoh ketika suhu <40°C, kelembaban berada pada nilai $\geq 73\%$ RH. Namun, jika suhu >40°C maka kelembaban akan mengalami penurunan pada nilai <73% RH.



Gambar 8. Pengujian Waktu Penetasan Telur menggunakan Sensor *PIR*

Pengujian berikutnya dilakukan pada *monitoring* waktu penetasan telur menggunakan sensor *PIR*. Karena mesin penetas yang dirancang belum diuji sampai pada penetasan selama ≥ 21 hari, maka pengujian ini

dilakukan dengan meletakkan anak ayam di dalam ruang penetasan (Gambar 8). Keberadaan anak ayam dapat terdeteksi oleh sensor PIR sehingga *microcontroller* kemudian mengirim pesan ke layar *handphone* seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Notifikasi Sensor PIR Pada Layar Monitor

Secara umum dapat dikatakan bahwa sensor *PIR* bekerja dengan baik dalam mendeteksi keberadaan anak ayam. Hanya saja, sensor *PIR* tidak dapat membedakan antara perubahan *temperature* yang disebabkan oleh keberadaan anak ayam atau perubahan *temperature* yang disebabkan oleh efek *on/off* lampu sehingga hasil pemantauan yang dikirimkan ke pengguna melalui telegram menjadi tidak valid. Untuk mengatasinya, peneliti kemudian menggunakan *ESP32-CAM* yang dapat mengambil foto dan kemudian mengirimkan foto ril ruang penetasan melalui aplikasi telegram. Gambar 10 menunjukkan tampilan layar *handphone* ketika perintah */photo* yang diberikan oleh *user* kepada *ESP32-CAM*, hasil foto yang terambil oleh *ESP32-CAM* dikirim dalam waktu 1 detik.



Gambar 10. Notifikasi ESP32-CAM Pada Layar Monitor

4. KESIMPULAN

Telah dikembangkan mesin penetas telur berkapasitas 50 butir yang ada di BRIDA NTB dengan menitikberatkan pada tiga unsur utama yaitu suhu, kelembaban, dan pemutaran rak telur. *Monitoring* suhu dan kelembaban dapat dilakukan dengan baik serta dapat ditampilkan hasilnya pada perangkat LCD maupun layar *handphone* pengguna melalui aplikasi telegram. Begitu juga *controlling* suhu dan kelembaban telah dicapai walaupun nilainya masih fluktuatif. Kemudian, pemutaran rak telur dapat diatur pada frekuensi yang teratur yaitu setiap 3,5jam. Adapun inovasi pada pemantauan waktu penetasan telur dapat dilakukan secara *real time* melalui aplikasi telegram dengan memanfaatkan *ESP32-CAM*. Meskipun mesin penetas telur yang dirancang belum diuji keberhasilan penetasannya, namun dengan adanya upaya pemenuhan suhu dan kelembaban dalam ruang penetasan, pengaturan frekuensi pemutaran rak telur, serta penerapan teknologi IoT diharapkan dapat memberi kontribusi terhadap peningkatan nilai tambah produk IKM di BRIDA NTB.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan penelitian ini terlaksana atas dukungan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Tahun Anggaran 2023 melalui Program Kompetisi Kampus Merdeka (PK-KM) serta dukungan dari Badan Riset dan Inovasi Daerah Provinsi Nusa Tenggara Barat (BRIDA NTB).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://brida.ntbprov.go.id/program/penelitian-dan-pengembangan/diakses> pada 14 September 2023
- [2] H. P. Wicaksono, "Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler", Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 2019.
- [3] M. Salsabila, dkk, "Alat Penetas Telur Sederhana", *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, Vol. 5, No. 1, Hal. 17-23, 2022.
- [4] R. Hartono, dkk. "Perancangan dan Pembuatan Alat Penetas Telur Otomatis Berbasis Arduino", *Energy: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, Vol.7, No.1, Hal. 30-37, 2017.
- [5] S. Ridho, "Alat Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler", Universitas Negeri Yogyakarta, 2019.
- [6] V. A. Ruslina, "Perancangan dan Pembuatan Mesin Penetas Telur yang Dilengkapi Dengan Sistem Deteksi Penetasan Berbasis Arduino Mega 2560", Institut Teknologi Nasional Malang, 2017.
- [7] H. P. Wicaksono, "Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler" Universitas Negeri Jakarta, 2018.
- [8] E.G. Kabora, "Pengaruh Temperatur dan Kelembaban Terhadap Daya Tetas Telur Ayam Kampung", Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tungadewi, 2020.
- [9] A. M. K. Khakifa & K. Prawiroredjo, "Model Sistem Pengendali Suhu dan Kelembabab Ruangan Produksi Obat Berbasis NODEMCU ESP32", *Jurnal Teknik Elektro, Teknologi Informasi dan Komputer*, Vol. 6, No. 1, Hal. 13-25, 2022.
- [10] J. Moalola, dkk, ". Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar pH Air pada Sistem Akuaponik Berbasis NodeMCU ESP8266 Menggunakan Telegram", *Jurnal Ilmiah KOMPUTASI*, Vol. 19, No. 4, Hal. 597-604, 2020.
- [11] F. S. D. Saputra & M. Narsirudin, "Prototype Alat Pengusir Hama Burung Pipit Otomatis Berbasis Arduino Menggunakan Sensor PIR (Passive Infra-Red)", *EPIC: Exact Papers in Compilation*, Vol. 4, No. 2, Hal. 545-550, 2022.
- [12] T. Setiadi, dkk, "Prototype Rancang Bangun Sistem Lampu dan Kipas Otomatis Menggunakan Sensor PIR Gerak Suhu dan Cahaya Berbasis Arduino Uno", *Jurnal of Computer Science and Technology (JCS-TECH)*, Vol. 2, No. 2, Hal. 31-39, 2020.
- [13] <https://www.dfrobot.com/product-1876.html/8-15-19>
- [14] P.A.A.P. Basabilik, "Rancang Bangun Sistem Pemantau Kedatangan Tamu Berbasis Internet of Things (IoT)", *Prisma Fisika* Vol. 9, No. 2, Hal. 110-116, 2021.
- [15] W. Yulita dan A. Afriansyah, "Alat Pemantau Keamanan Rumah Berbasis ESP32-CAM", *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam (JTST)*, Vol. 03, No. 02, Hal. 23-31, 2022.

Jurnal Riset Rekayasa Elektro

Volume 5 No 2 Desember 2023

1. KETENTUAN UMUM

Artikel yang diterima yaitu artikel yang belum pernah dipublikasikan dalam jurnal apapun berupa atau tidak dalam status telah diterima (accepted) untuk dipublikasikan

2. PETUNJUK PENULISAN

2.1. Diketik dengan spasi 1 dalam kertas ukuran A4 dengan jenis huruf Time New Roman 10. Tulisan yang akan dimuat menggunakan bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris yang baik.

2.2. Susunan artikel terdiri dari : Judul (Bahasa dan English), Nama Penulis, Abstrak (Bahasa dan English), Kata Kunci (maksimal 5), Pendahuluan, Metode Penelitian, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terima kasih (optional) dan Daftar Pustaka.

2.3. Ketentuan Penulisan Artikel :

- a. **Judul** : Judul dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris (Kapital setiap kata)
- b. **Nama Penulis** : ditulis lengkap tidak disingkat tanpa gelar, disertai nama dan alamat institusi, beserta email korespondensi
- c. **Abstrak** ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris, terdiri dari 100-250 kata dan memuat tentang : Latar belakang singkat jika ada, Tujuan dan atau ruang lingkup penelitian, Metode (singkat) yang digunakan, Ringkasan hasil /finding, Simpulan. Abstrak ditulis dengan font time new roman 9
- d. **Kata kunci** ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris, maksimal 5 kata
- e. **Pendahuluan** : berisi kondisi atau masalah yang melatar belakangi atau menginspirasi pelaksanaan kegiatan penelitian. Berisi kajian review literatur atau penelitian sebelumnya secara singkat. Data – data yang mendukung penelitian dari paper-paper yang lain dan paragraph terakhir berisi tujuan penelitian (tidak memuat tinjauan teori). Pernyataan kesenjangan (orisinalitas) atau kontribusi kebaruan (novelty statement) atau beda unik penelitian ini dibanding penelitian penelitian sebelumnya , juga dari sisi penting tidaknya penelitian tersebut dilakukan .
- f. **Metode Penelitian** : menguraikan cara yang digunakan untuk menyelesaikan masalah. Meliputi alat, bahan dan metode yang digunakan dalam pemecahan masalah
- g. **Hasil dan Pembahasan** : Menjelaskan tentang hasil atau luaran peneliti yang membahas tentang perbedaan antara hasil dengan teoritis ataupun dengan penelitian lain yang relevan. Penjelasan dapat menggunakan tabel, gambar dan *chart* yang memudahkan pembaca dalam memahami isi artikel.
- h. **Kesimpulan** : ditulis secara ringkas tetapi menggambarkan substansi kesimpulan hasil penelitian dan rekomendasi dari hasil penelitian. Kesimpulan menjawab permasalahan atau tujuan penelitian atau menghasilkan sebuah teori baru
- i. **Ucapan Terima Kasih** : ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak yang pantas , terutama kepada lembaga atau orang yang benar benar membantu penelitian , misalnya : kepada pemberi dana penelitian , fasilitas , bahan , atau saran
- j. **Daftar Pustaka** : Daftar pustaka dan citation ditulis dengan font time new roman 9. Daftar Pustaka disusun berdasarkan urutan sitasi dalam artikel dan diberi nomor, model *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. Penulisan daftar pustaka dan sitasi harus menggunakan software reference manager (e.g. Mendeley) untuk memudahkan dalam editing dan review. Minimal 15 referensi