REKAYASA
Journal of Science and Technology
https://journal.trunojoyo.ac.id/rekayasa

REKAYASA19(1): 2026 pp.142-154
ISSN: 0216-9495 (Print)
ISSN: 2502-5325 (Online)

Sistem Monitoring Warna Air Menggunakan Sensor Berbasis *Machine Learning*

Bobi Khoerun [1*)], Karsid [2)], Dwianti Westari[3)]
[1,2,3] Politeknik Negeri Indramayu, Indonesia
*email: bobikhoerun@polindra.ac.id

DOI: https://doi.org/10.21107/rekayasa.v19i1.32562
Submitted April, 13th 2026, Accepted May, 5th 2026, Published June, 2nd 2026

Abstrak

Kualitas air merupakan aspek krusial dalam kehidupan manusia. Salah satu indikator penting dalam penilaian kualitas air adalah warna, yang dapat mencerminkan adanya kontaminasi atau perubahan komposisi kimiawi atau mikroorganisme. Pemantauan warna air secara konvensional masih banyak dilakukan secara manual yaitu dengan melihat secara langsung menggunakan mata manusia, sehingga berpotensi menimbulkan subjektivitas dan keterbatasan efisiensi. Selain itu hasil pengukuran secara manual akan kurang akurat ketika mata manusia mengalami gangguan atau sakit. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sistem pemantauan warna air berbasis *machine learning* sebagai solusi cerdas untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan kondisi warna air secara otomatis. Kontribusi penelitian ini adalah untuk pemantauan kualitas air dengan integrasi *machine learning*. Metode penelitian ini menggunakan metode perancangan alat. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor warna untuk memantau warna air. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk melatih beberapa algoritma *machine learning*, guna membedakan kategori warna air berdasarkan warna air. Implementasi alat ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pemantauan kualitas air secara berkelanjutan dan responsif. Hasil penelitian ini memuat data referensi warna air minum yang terdiri dari berbagai warna air. Data referensi air minum dimasukkan ke dalam proses *machine learning*. Selanjutnya dilakukan pengambilan data warna air minum. Hasil sistem monitoring berjalan dengan baik. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem dapat membedakan warna air. Selain itu, *machine learning* yang diterapkan berhasil mendeteksi warna air yang ada. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu monitoring warna air menggunakan sensor industri yang lebih akurat, sehingga hasil pemantauan lebih stabil.

Kata Kunci: Kualitas Air, Mikrokontroller, Pemantauan, Sensor Warna , Sistem

Abstract

Water quality is a crucial aspect of human life. One important indicator in assessing water quality is color, which can reflect the presence of contamination or changes in chemical composition or microorganisms. Conventional water color monitoring is still often done manually, namely by direct observation with the human eye, which has the potential to cause subjectivity and limit efficiency. Furthermore, manual measurement results will be less accurate when the human eye is impaired or sick. The purpose of this research is to create a machine learning-based water color monitoring system as an intelligent solution for detecting and classifying water color conditions automatically. This research contributes to water quality monitoring with machine learning integration. This research method uses a tool design method. The developed system utilizes a color sensor to monitor water color. This data is then used to train several machine learning algorithms to differentiate water color categories based on water color. The implementation of this tool is expected to improve the effectiveness of sustainable and responsive water quality monitoring. The results of this study contain reference data on drinking water color consisting of various water colors. The reference data on drinking water is fed into the machine learning process. Next, the drinking water color data is collected. The results of the monitoring system run well. The conclusion of this study is that the system can distinguish water color. In addition, the applied machine learning successfully detected existing water colors. Suggestions for further research include monitoring water color using more accurate industrial sensors, so that monitoring results are more stable.

Keywords: *Water Quality, Microcontroller, Monitoring, Color Sensor, System.*

© 2026 Authors

PENDAHULUAN

Ketersediaan air minum yang aman dan berkualitas merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting bagi kesehatan manusia. Air merupakan kebutuhan primer manusia, sehingga kualitas air yang digunakan harus diperhatikan. Pada pengolahan air minum, setiap proses harus diukur kualitas airnya khususnya warna air minum. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, parameter wajib air minum diantaranya yaitu batas maksimal nilainya adalah 10 TCU (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan, 2023). Air minum yang berwarna dapat menunjukkan adanya kontaminan organik atau anorganik, seperti bahan kimia dan mikroorganisme.

Saat ini, pengukuran warna air minum dilaksanakan secara manual yaitu dengan mata manusia. Hasil pengukuran menjadi kurang akurat ketika mata manusia sedang sakit. Selain itu, hasil pengukuran warna air minum saat ini dilakukan dengan pencatatan dan pengolahan secara manual. Hal ini tidak mendukung terhadap pemantauan warna air berkelanjutan secara otomatis. Oleh karena itu, pemantauan warna air minum secara berkala menjadi hal yang krusial, terutama di daerah yang belum memiliki sistem pengolahan air yang modern dan berkelanjutan. Alat pemantauan warna air menawarkan solusi inovatif untuk mendeteksi dan mengidentifikasi warna secara otomatis. Alat ini menggunakan sensor warna dan algoritma pemrograman yang akan mendeteksi warna air. Namun, sebagian besar sistem pemantauan warna masih belum diimplementasikan pada air minum.

Dengan berkembangnya teknologi digital dan kecerdasan buatan, pendekatan berbasis *machine learning* (ML) menawarkan solusi yang lebih efisien dan otomatis untuk pemantauan kualitas air. Teknologi ini memungkinkan sistem untuk belajar dari data warna air yang dikumpulkan oleh sensor, mengenali pola, serta mengklasifikasikan warna air secara akurat dan cepat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat rancang bangun alat ukur warna air berbasis *machine learning,* sehingga warna air dapat dipantau secara otomatis.

Pembuatan sistem pemantauan warna air berbasis *machine learning* sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, diantaranya yaitu peneliti tersebut mengimplementasikan model *machine learning* dalam mengklasifikasikan kualitas air(Stacyana Jesika et al., 2023). Peneliti lain menerapkan *neural network* sebagai klasifikasi kualitas air hasil filtrasi *reserve* osmosis (Muhammad Dzi Washfil Hasin et al., 2024). Peneliti lain memonitoring dan mengklasifikasikan kualitas air kolam ikan gurami berbasis *internet of things* menggunakan metode *naive bayes* (Kristiyanto et al., 2023). Peneliti lain mengklasifikasikan kualitas air minum menggunakan penerapan algoritma *machine learning* dengan pendekatan *supervised learning* (Savitri & Nursalim, 2023). Peneliti lain memprediksi kualitas air menggunakan metode *random forest, decision tree,* dan *gradient boosting* (Maulidah et al., 2024). Penelitian penelitian tersebut tidak spesifik terhadap parameter warna air minum.

Peneliti lain memonitoring buah jeruk nipis otomatis berdasarkan ukuran dan jenis warna berbasis *internet of things* (Giawa et al., 2024). Peneliti lain mengaplikasikan sensor warna pada navigasi *line tracking* robot sampah berbasis mikrokontroller (Latifah Husni et al., 2019). Peneliti lain membuat sistem identifikasi warna tanah *munsell* menggunakan sensor warna TCS3200 dan kelembaban YL-69 (Lamsani et al., 2023). Peneliti lain membuat sistem monitoring warna berbasis sensor TCS3200 (Ferdiyansyah et al., 2025). Penelitian tersebut tidak spesifik terhadap obyek air minum dan warna air. Peneliti lain menerapkan *machine learning* untuk pemberian pakan ikan berbasis IoT (Nizomulhaq & Rizki, 2024). *Machine learning* pada penelitian tersebut tidak digunakan untuk mengidentifikasi warna air.

Peneliti lain membuat sistem pemantuan kadar pH, suhu, dan warna berbasis *Wireless Sensor Network* (Sabiq & Budisejati, 2017). Penelitian lain membuat sistem sortir barang otomatis berbasis arduino (Wisjhnuadji et al., 2020). Penelitian tersebut tidak menerapkan sistem *machine learning*. Peneliti lain membuat monitoring dan kendali konveyor penyortir barang berdasarkan warna RGB berbasis *supervisory control and data acquisition* (Syach et al., 2021). Peneliti lain membuat rancangan sistem monitoring untuk prototipe mesin sortir warna produk dengan menggunakan ESP32-CAM (Aji Segara et al., 2024). Penelitian tersebut tidak spesifik ke obyek air minum. Kontribusi dari penelitian ini adalah untuk pemantuan kualitas air secara otomatis. Sistem ini memungkinkan untuk memantau warna air minum secara otomatis. Integrasi pemantauan warna air dengan *machine learning* meningkatkan akurasi pemantauan warna air dibandingkan dengan sensor warna biasa tanpa terintegrasi.

Penelitian ini menawarkan kebaruan dalam beberapa aspek yaitu: secara spesifik sistem digunakan untuk memantau warna air minum. Pada referensi di atas sebagaian besar tidak memantau warna air minum melainkan parameter lain. Sistem yang akan dibuat spesifik memantau warna air minum yang masuk dalam parameter wajib untuk air minum berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan. Selain itu, sistem yang dibuat terintegrasi dengan *machine learning*. Sistem ini akan terintegrasi dengan *machine learning* sehingga memungkinkan untuk belajar dari data warna air yang dikumpulkan oleh sensor, mengenali pola, serta mengklasifikasikan warna air secara akurat dan cepat

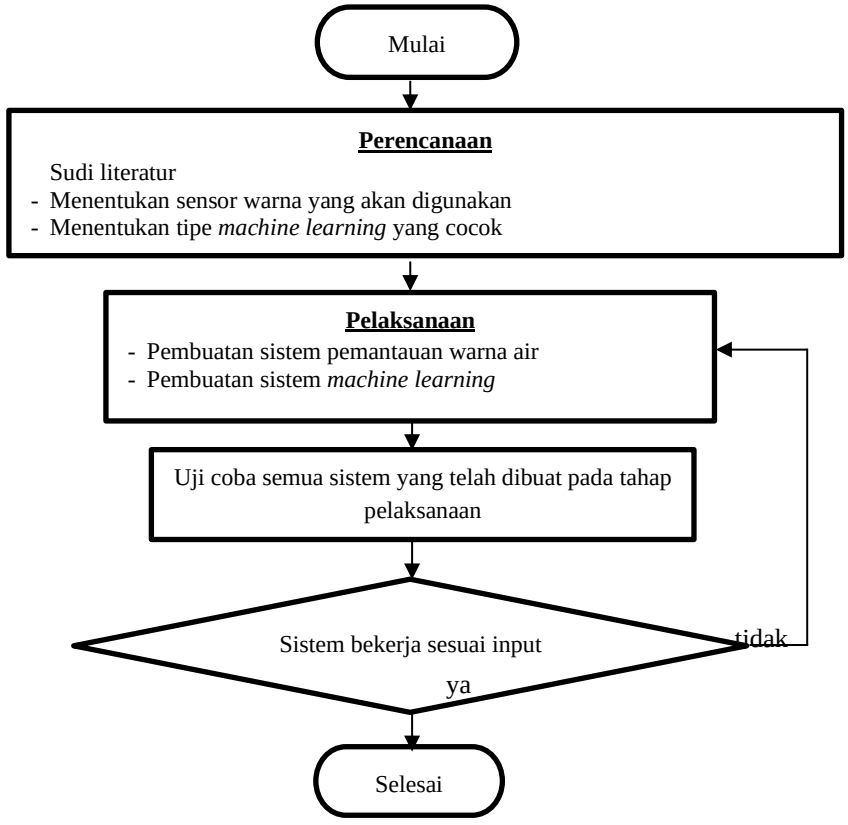
METODE PENELITIAN

Tempat penelitian ini dilakukan di laboratorium Politeknik Negeri Indramayu mulai dari bulan Juni 2025-Oktober 2025. Alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Alat dan Bahan

Multimeter Digital
Solder
Tang Potong
Bor Portable
Keyboard
Mouse
Sensor Warna
ESP32
Kabel Penghubung
Timah Solder
Raspberry Pi
Kabel USB

Metode penelitian ini dilakukan dengan perancangan alat dan uji coba alat. Proses penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut ini:



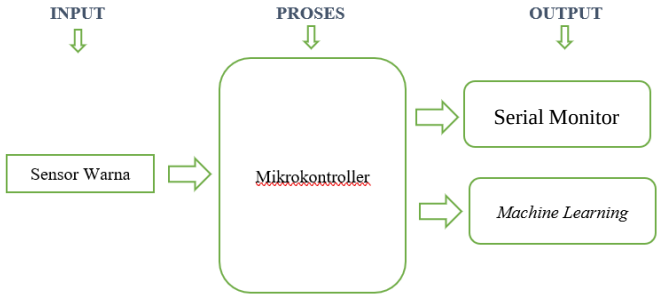
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

- **Tahap Perencanaan**

  Tahap yang sudah dikerjakan adalah tahap awal yaitu tahap perencanaan. Tahap ini dilakukan dengan cara studi literatur baik dari buku, jurnal, maupun internet. Studi literatur sudah dilakukan penulis karena untuk mengumpulkan teori teori yang dibutuhkan. Studi literatur ditujukan untuk mengetahui perkembangan penelitian yang sudah dilakukan peneliti lain yang berkaitan dengan sensor warna dan *machine learning*. Disamping itu, studi literatur dilakukan untuk mengetahui pemilihan sensor warna yang digunakan untuk pemantauan warna air minum.

- **Tahap Pelaksanaan**

  Secara umum sistem kerja alat pemantauan warna air minum yang dibuat dapat digambarkan melalui diagram blok berikut:



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Penjelasan dari diagram blok tersebut adalah sebagai berikut. Pemantauan warna air menggunakan sensor warna yang digunakan untuk mendeteksi warna air.

Sensor warna di atas akan dihubungkan ke arduino uno sebagai mikrokontroller untuk membaca perubahan besaran listrik yang ada. Sumber tegangan listrik menggunakan tegangan DC. Alat untuk mengukur beda potensial disebut voltmeter (Khoerun et al., 2023).

- **Tahap Uji Coba**

  Setelah semua perancangan alat sudah selesai, langkah selanjutnya yaitu uji coba alat. Pertama yang diujicobakan adalah sensor yang sudah terpasang. Agar hasil pembacaan sensor sesuai dengan hasil yang diinginkan, perlu dilakukan kalibrasi dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat pengukuran yang sudah ada dan memenuhi standar. Jika ada sensor yang tidak berfungsi maka dilakukan pengecekan terhadap sumber tegangan yang tersupply. Berikutnya pengecekan kinerja dari sensor tersebut.

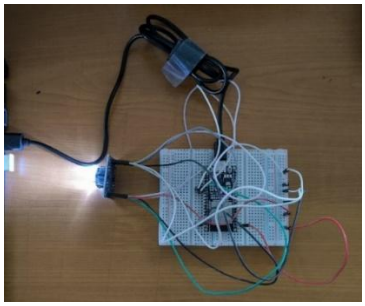
  Mikrokontroller yang dipakai yaitu ESP32. Jika pembacaan hasil sensor di serial monitor tidak sesuai, maka akan dilakukan pengecekan terhadap program mikrokontroller yang sudah dibuat. Program yang salah akan diubah dan diujicobakan kembali sampai hasil di penampil serial monitor sesuai dengan yang diharapkan. Pengecekan sistem *machine learning* dilakukan dengan cara memastikan terlebih dahulu *database* yang sudah dimasukkan. Selain itu program pada *machine learning* juga dilakukan pengecekan. Jika ada *database* yang tidak sesuai, dilakukan perbaikan data yang diinput. Jika ada program *machine learning* menghasilkan kesimpulan yang salah, maka akan dilakukan perbaikan program.

Setelah semua dilakukan pengecekan baik program maupun alat, maka sistem pemantauan warna air minum akan diujicobakan pada lingkungan nyata dengan sampel air galon, air matang, air PDAM, dan air isi ulang. Jika terdapat *error*, maka akan dilakukan *troubleshooting* kembali. Hal tersebut dilakukan terus menerus sampai hasil pemantauan warna air sesuai dengan yang diharapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan ditulis pada bagian yang sama. Tuliskan hasil-hasil/ temuan utama pada penelitian yang kemudian dilanjutkan dengan pembahasan atau diskusi berdasarkan sumber-sumber referensi yang relevan. Penulisan hasil dan pembahasan dapat dilengkapi dengan tabel atau grafik yang dijadikan acuan dalam tulisan.

Berikut adalah rangkaian sensor warna yang dihubungkan ke ESP32. Sensor warna yang digunakan adalah sensor TCS3200:



Gambar 3. Rangkaian Sensor

Sebelum sensor warna digunakan, sensor tersebut dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan program kalibrasi yang sudah ditentukan. Cari kalibrasi sensor adalah sebagai berikut:

1. Unggah Kode Kalibrasi TCS3200 pada ESP32 Anda.
2. Atur Sensor TCS3200 pada **permukaan putih** dan dapatkan Nilai RGB **minimum** .
3. Setelah itu atur sensor pada **permukaan hitam** dan dapatkan nilai RGB **maksimal**

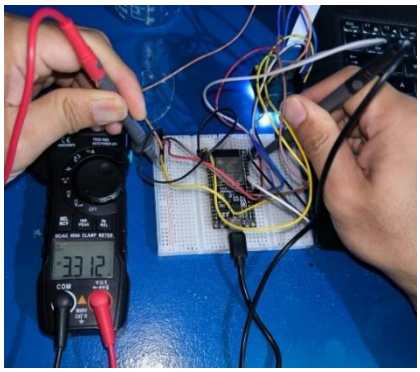
Hasil RGB minimum dan maksimum yang didapatkan dimasukkan dalam program pembacaan warna. Hasil RGB minimum dan maksimum sebagai berikut:

Nilai minimum R : 69
Nilai maksimum R : 718
Nilai minimum G : 64
Nilai maksimum G : 680
Nilai minimum B : 49
Nilai maksimum B : 514

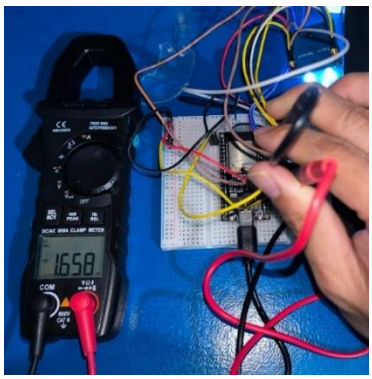
Setelah sensor dikalibrasi, dilakukan pengambilan data baik data tegangan ataupun pengambilan data warna air.

A. Pengambilan data Tegangan

Tegangan yang diukur adalah input tegangan di ESP32 dan tegangan yang masuk ke output sensor. Berikut hasil pengujian sumber tegangan:



Gambar 4. Tegangan Input ESP32



Gambar 5. Tegangan yang Masuk Output Sensor

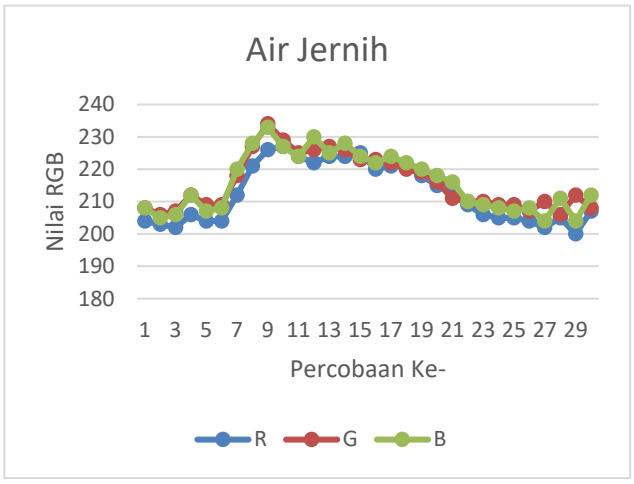
Tabel 2. Pengujian Sumber Tegangan

KONDISI	TEGANGAN
INPUT	3,312 V
OUTPUT	1,658 V

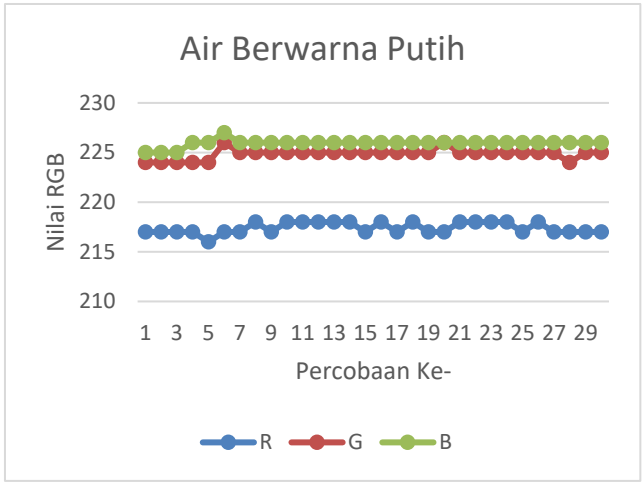
B. Pengambilan Data Referensi Warna Air Minum

Pengambilan data warna air dilakukan dengan air jernih dan air yang tercampur dengan berbagai macam pewarna minuman.

1. Tidak berwarna (Air Jernih)/ Air Keran dan Air Berwarna Putih



Gambar 6. Grafik Hasil Air Jernih

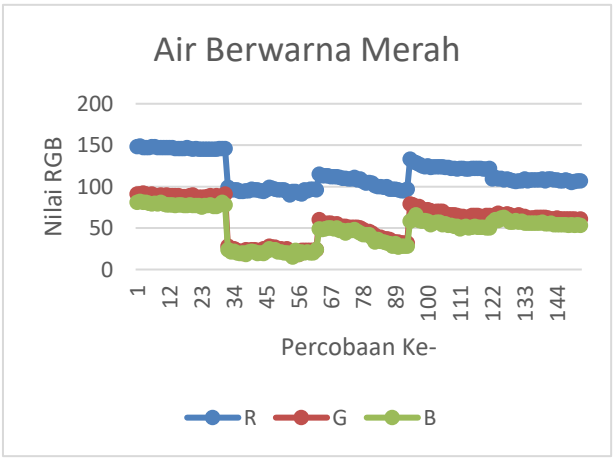


Gambar 7. Grafik Hasil Air Berwarna Putih

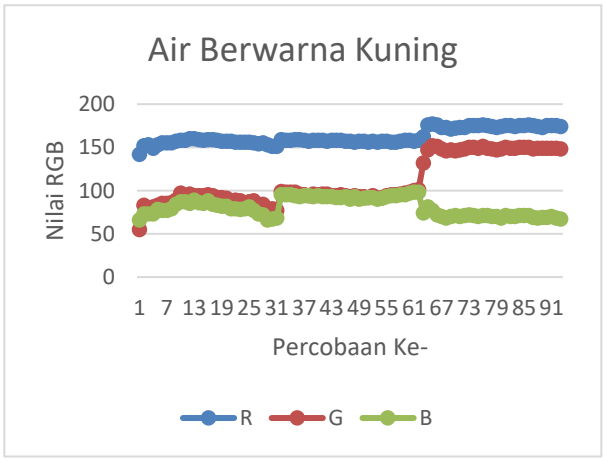
Data tersebut akan dijadikan data latih di machine learning, sehingga perlu data yang banyak. Agar data tidak duplikasi, data yang memiliki nilai RGB sama, dijadikan satu data.

2. Warna Merah dan Warna Kuning

Hasil pengambilan data air yang tercampur dengan warna merah dan warna kuning adalah sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik Hasil Air Berwarna Merah

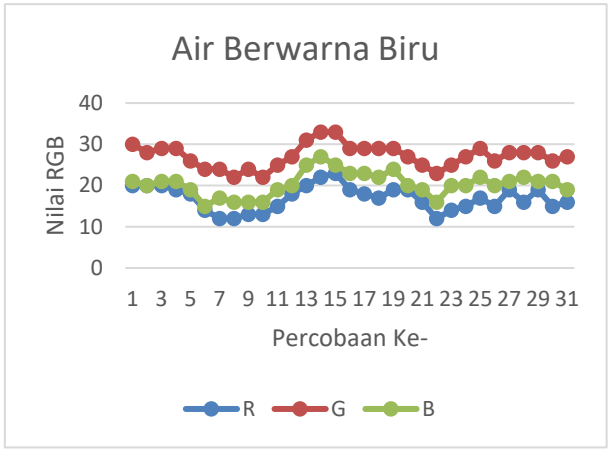


Gambar 9. Grafik Hasil Air Berwarna Kuning

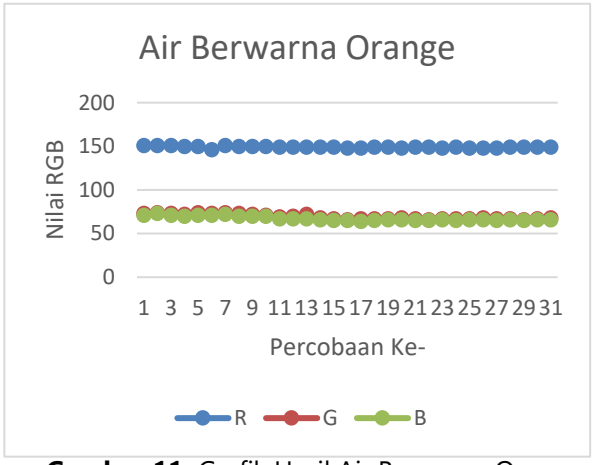
Berikutnya adalah penyederhanaan jika ada nilai RGB nya sama. Jika ada nilai RGB yang sama , maka akan dijadikan satu data.

3. Warna Biru dan Wana Orange

Hasil pengambilan data air yang tercampur dengan warna biru dan warna orange adalah sebagai berikut:



Gambar 10. Grafik Hasil Air Berwarna Biru

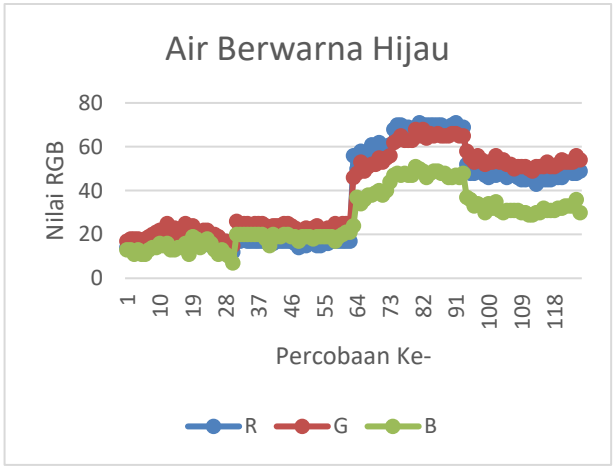


Gambar 11. Grafik Hasil Air Berwarna Orange

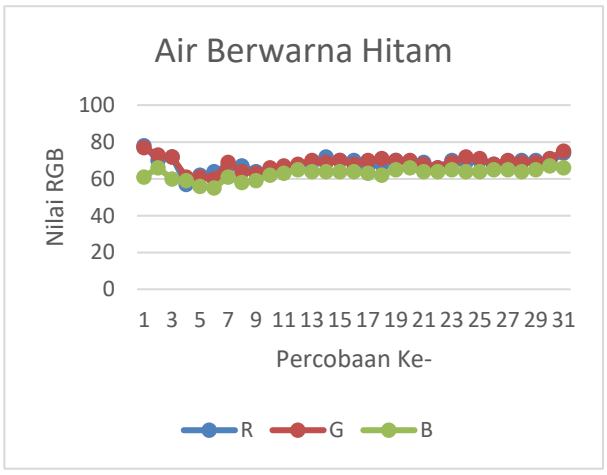
Berikutnya adalah penyederhanaan jika ada nilai RGB nya sama. Jika ada nilai RGB yang sama , maka akan dijadikan satu data.

4. Warna Hijau dan Warna Hitam

Hasil pengambilan data air yang tercampur dengan warna hijau dan warna hitam adalah sebagai berikut:



Gambar 12. Grafik Hasil Air Berwarna Hijau



Gambar 13. Grafik Hasil Air Berwarna Hitam

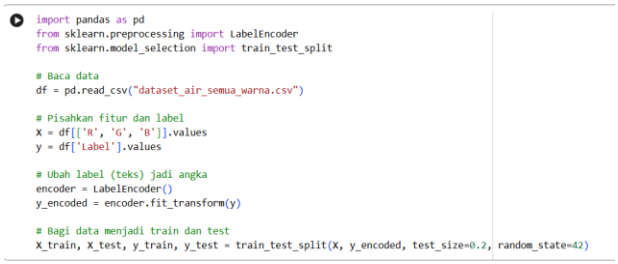
Berikutnya adalah penyederhanaan jika ada nilai RGB nya sama. Jika ada nilai RGB yang sama , maka akan dijadikan satu data. Berikutnya data yang tidak duplikasi dari seluruh warna digabung menjadi satu dalam bentuk file csv.

C. Pengambilan Data Machine Learning

Machine learning ini menggunakan Google Colab. Langkah langkah nya sebagai berikut:

1. Install library tensorflow terlebih dahulu dengan cara mengetik "!pip install tensorflow pandas scikit-learn"
2. Memasukkan datasheet yang ada

3. Memasukkan kode berikut:



```
import pandas as pd
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
from sklearn.model_selection import train_test_split

# Baca data
df = pd.read_csv("dataset_air_semua_warna.csv")

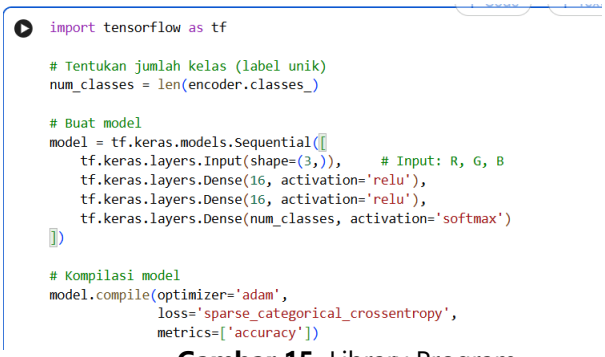
# Pisahkan fitur dan label
X = df[['R', 'G', 'B']].values
y = df['Label'].values

# Ubah label (teks) jadi angka
encoder = LabelEncoder()
y_encoded = encoder.fit_transform(y)

# Bagi data menjadi train dan test
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y_encoded, test_size=0.2, random_state=42)
```

Gambar 14. Kode Program untuk Membaca Datasheet

4. Memasukkan library yang sudah diinstal. Kode berikutnya adalah sebagai berikut:



```
import tensorflow as tf

# Tentukan jumlah kelas (label unik)
num_classes = len(encoder.classes_)

# Buat model
model = tf.keras.models.Sequential([
    tf.keras.layers.Input(shape=(3,)),     # Input: R, G, B
    tf.keras.layers.Dense(16, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dense(16, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dense(num_classes, activation='softmax')
])

# Kompilasi model
model.compile(optimizer='adam',
              loss='sparse_categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])
```

Gambar 15. Library Program

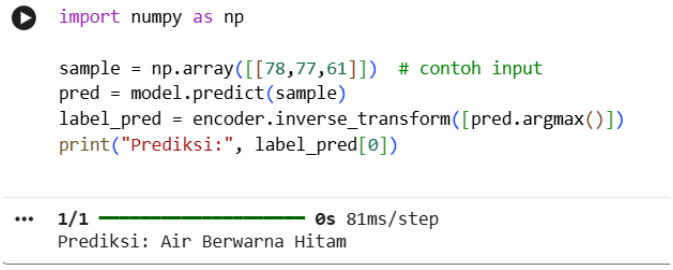
5. Melatih model
   Caranya dengan kode berikut:



```
# Latih model
history = model.fit(X_train, y_train, epochs=427, validation_data=(X_test, y_test))
```

Gambar 16. Kode Program untuk Melatih Data

6. Menyimpan hasil latih dengan cara:
7. Tes Model
   Dengan cara berikut :



```
import numpy as np

sample = np.array([[78,77,61]])  # contoh input
pred = model.predict(sample)
label_pred = encoder.inverse_transform([pred.argmax()])
print("Prediksi:", label_pred[0])
```

```
1/1 ━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━ 0s 81ms/step
Prediksi: Air Berwarna Hitam
```

Gambar 17. Kode Program untuk Tes Model

Hasil menunjukkan kalau air berwarna hitam. Hal tersebut sesuai dengan data yang ada pada datasheet sebelum dimasukkan ke google colab, dengan nilai RGB tersebut hasilnya adalah air berwarna hitam

8. Download hasil latih

D. Menghubungkan ESP32 ke Raspberry Pi

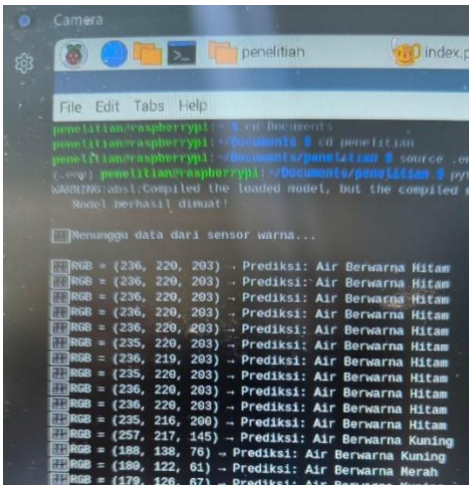
Berikutnya adalah menghubungkan ESP32 ke raspberry pi. Hasil output ESP32 ditampilkan ke raspberry pi.



Gambar 18. ESP32 ke Raspberry Pi

Langkah langkah untuk menampilkan output ESP32 ke raspberry pi adalah sebagai berikut:

a. Memasukkan kode program pada raspberry pi
b. Meletakkan file dataset_air_semua_warna dan penelitian.h5 pada document raspberry pi
c. Buka terminal untuk menjalankan program
d. Ketik perintah pada terminal:
   cd Documentas
   cd penelitian
   source .env/bin/activate
   python index.py



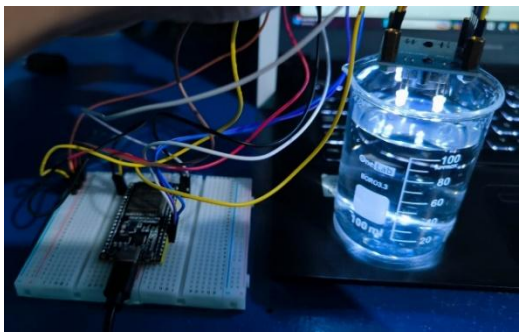
Gambar 19. Hasil Output Raspberry Pi

E. Pengambilan Data Alat

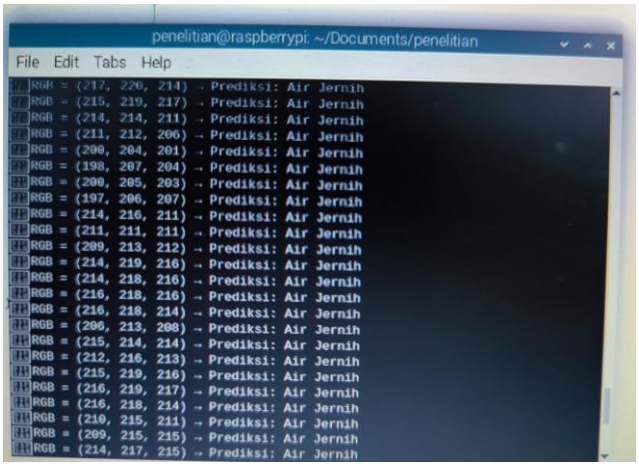
Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem machine learning yang sudah disetting berjalan baik atau tidak. Sampel yang diguankan adalah sampel yang berbeda dengan saat proses machine learning. Hal ini bertujuan agar sistem dapat mendeteksi sampel baru dengan baik.

a. Air Isi Ulang Galon

Sebelumnya untuk sampel air jernih adalah air keran, sekarang sampel yang digunakan adalah air isi ulang galon.



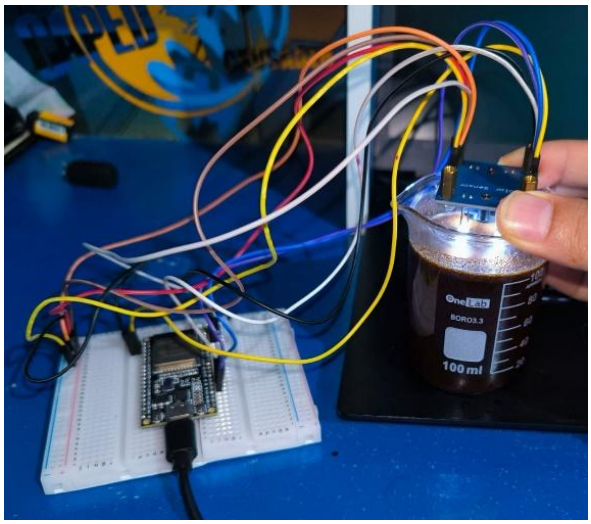
Gambar 20. Rangkaian Sistem untuk Air Jernih



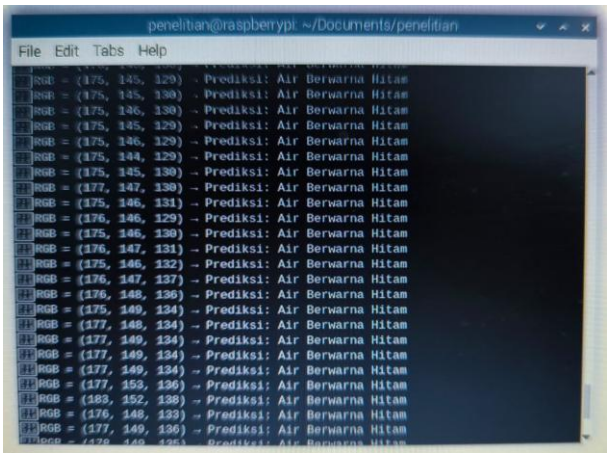
Gambar 21. Hasil Sistem untuk Air Jernih

Jika dilihat dari nilai RGN pengambilan data, nilai RGB = 214, 217, 215 tidak ada didatabase saat pengujian machine learning, tetapi dengan machine learning yang sudah di setting sistem dapat mendeteksi warna air sesuai warna aslinya yaitu air jernih.

b. Air Kopi (Hitam)



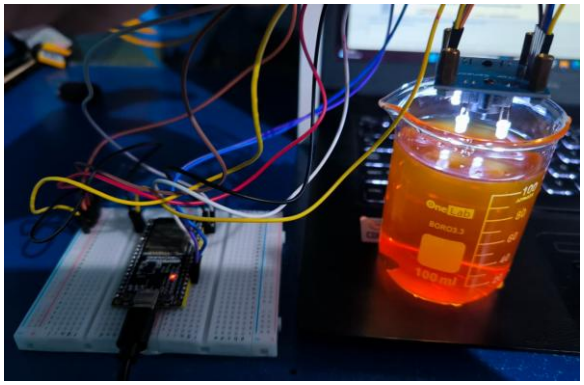
Gambar 22. Rangkaian Sistem untuk Air Kopi



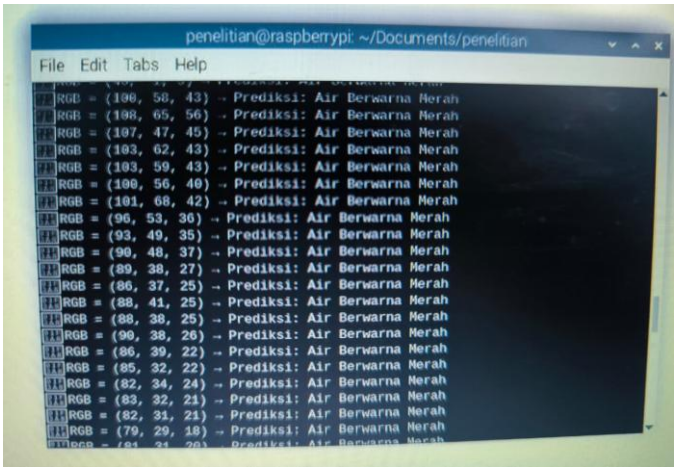
Gambar 23. Hasil Sistem untuk Air Kopi

Jika dilihat dari nilai RGN pengambilan data, nilai RGB = 177, 149, 130 tidak ada didatabase saat pengujian machine learning, tetapi dengan machine learning yang sudah di setting sistem dapat mendeteksi warna air sesuai warna aslinya yaitu air hitam.

c. Air yang Dicampur Warna Merah (Obat Luka Merah)



Gambar 24. Rangkaian Sistem untuk Air Warna Merah



Gambar 25. Hasil Sistem untuk Air Warna Merah

Jika dilihat dari nilai RGB pengambilan data, nilai RGB = 79, 29, 18 tidak ada didatabase saat pengujian machine learning, tetapi dengan machine learning yang sudah di setting sistem dapat mendeteksi warna air sesuai warna aslinya yaitu air merah.

Tabel 3. Hasil Uji Coba Alat

NO	SAMPEL	R	G	B	WARNA SENSOR	WARNA ASLI	KESESUAIAN
1.	Air Isi Ulang Galon	214	217	215	Jernih	Jernih	Sesuai
2.	Air Kopi Hitam	177	149	130	Hitam	Hitam	Sesuai
3.	Air Tercampur Obat Luka Merah	79	29	18	Merah	Merah	Sesuai

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat memantau warna air minum berbasis *machine learning*. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu penelitian yang mengimplementasikan model *machine learning* dalam mengklasifikasikan kualitas air (Stacyana Jesika et al., 2023), penelitian sebelumnya belum fokus ke variabel warna air minum, sedangkan pada penelitian ini integrasi *machine learning* sudah difokuskan kepada warna air minum.

Implikasi dari hasil penelitian ini adalah sistem dapat digunakan untuk pengelolaan lingkungan yang lebih responsif, peningkatan akurasi pemantauan, dan dapat dikembangkan melalui teknologi lanjutan. Kekuatan dari penelitian ini adalah pemantauan warna air tidak hanya menggunakan sensor warna saja tetapi sudah diintegrasikan dengan *machine learning*. Sedangkan keterbatasan dari penelitian ini yaitu sensor yang digunakan belum menggunakan sensor industri.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem monitoring berjalan dengan baik, yaitu sistem dapat membedakan warna air. Selain itu, *machine learning* yang diterapkan berhasil mendeteksi warna air yang ada. Kontribusi dari penelitian ini adalah untuk pemantuan kualitas air secara otomatis. Hasil dari pemantauan warna air minum secara otomatis kedepannya sangat penting untuk meningkatkan pemantauan kualitas air minum secara berkelanjutan. Keterbatasan dari penelitian ini adalah sensor yang digunakan belum menggunakan sensor industri. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu monitoring warna air menggunakan sensor industri yang lebih akurat, sehingga hasil pemantauan lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

Aji Segara, B., Uniplaita, T. K., Wuri, T. O., Sampe, A., Sinaga, A., & Elektro, T. (2024). Perancangan Sistem Monitoring untuk Prototipe Mesin Sortir Warna Produk dengan Menggunakan ESP32-CAM. *Jurnal Teletronik*, 22–28.

Ferdiyansyah, M., Yoga, D., & Pratama, P. (2025). Penerapan PLX-DAQ untuk Monitoring Secara Real Time pada Alat Deteksi Warna Berbasis Sensor TCS3200. *SNIV: Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, *4*, 624–632.

Giawa, F. A., Siambaton, Z., & Haramaini, T. (2024). E-Monitoring pada Alat Penyortiran Buah Jeruk Nipis Otomatis Berdasarkan Ukuran dan Jenis Warna Berbasis Internet of Things. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, *3*(1), 41–59. https://doi.org/10.56211/sudo.v3i1.406

Khoerun, B., Apriyanto, H., Suryapringga, Z. H., Rohman, N. F., Karsid, & Fatwasauri, I. (2023). Perbandingan Lebar Penampang Untuk Alat Ukur Kekeringan Gabah Menggunakan Jembatan Wheatstone Berbasis Arduino Uno. *JEECAE : Journal of Electrical, Electronic, Control and Automotive Engineering*, *08*(02), 07–13. https://doi.org/10.32486/jeecae.v8i2.633

Kristiyanto, A., Fikriah, F. K., Inkiriwang, R., & Andriansah, Z. (2023). Monitoring dan Klasifikasi Kualitas Air Kolam Ikan Gurami Berbasis Internet of Things Menggunakan Metode Naive Bayes. *Jurnal Komtika (Komputasi Dan Informatika)*, *7*(2), 155–167. https://doi.org/10.31603/komtika.v7i2.10200

Lamsani, M., Pangestika, R. A., Cahyanti, M., & Swedia, E. R. (2023). Sistem Identifikasi Warna Tanah Munsell Menggunakan Sensor Warna TCS3200 dan Kelembaban YL-69. *Sebatik*, *27*(1), 379–389. https://doi.org/10.46984/sebatik.v27i1.2249

Latifah Husni, N., Rasyad, S., Putra, M. S., Hasan, Y., Al Rasyid, J., Teknik Elektro, J., & Negeri Sriwijaya Palembang, P. (2019). Pengaplikasian Sensor Warna pada Navigasi Line Tracking Robot Sampah Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Ampere*, *4*(2). https://doi.org/10.31851/ampere.v4i2.3450

Maulidah, N., Maulidah, M., Supriyadi, R., Nalatissifa, H., Diantika, S., & Fauzi, A. (2024). Prediksi Kualitas Air Menggunakan Metode Random Forest, Decision Tree, dan Gradient Boosting. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, *12*(1), 1–6. https://doi.org/10.31294/khatulistiwa.v12i1.10267

Muhammad Dzi Washfil Hasin, Didik Sukoco, & Ii Munadhif. (2024). Penerapan Neural Network sebagai Klasifikasi Kualitas Air Hasil Filtrasi Reverse Osmosis. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, *11*(3), 668–679. https://doi.org/10.33795/elkolind.v11i3.6160

Nizomulhaq, H., & Rizki, F. A. (2024). Machine Learning Pemberian Pakan Ikan Komet Berbasis IoT Menggunakan Algoritma C4.5 pada Platform Blynk. *Jurnal Jawara Sistem Informasi*, *1*(2), 1–7.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan, Pub. L. No. 2 Tahun 2023 (2023). www.peraturan.go.id

Sabiq, A., & Budisejati, P. N. (2017). Web Monitoring System of pH Level, Temperature and Color on River Water using Wireless Sensor Network. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, *5*(3), 94–100. https://doi.org/10.14710/jtsiskom.5.3.2017.94-100

Savitri, L., & Nursalim, R. (2023). Klasifikasi Kualitas Air Minum menggunakan Penerapan Algoritma Machine Learning dengan Pendekatan Supervised Learning. *Diophantine Journal of Mathematics and Its Applications*, *2*(01), 30–36. https://doi.org/10.33369/diophantine.v2i01.28260

Stacyana Jesika, Suci Ramadhani, & Yohanna Permata Putri. (2023). Implementasi Model Machine Learning dalam Mengklasifikasi Kualitas Air. *Jurnal Ilmiah Dan Karya Mahasiswa*, *1*(6), 382–396. https://doi.org/10.54066/jikma.v1i6.1162

Syach, I., Salma Azzahra, Y., Rayhan Seftia, S., Teknik Elektro, J., & Negeri Bandung, P. (2021). Monitoring dan Kendali Konveyor Penyortir Barang Berdasarkan Warna RGB Berbasis Supervisory Control And Data Acquisition. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, *2*(11), 1967–1980. https://doi.org/10.36418/jist.v2i11.274

Wisjhnuadji, T. W., Narendro, A., & Wicaksono, P. (2020). Sistem Sortir Barang Otomatis Berbasis Arduino Dengan Sensor Warna Dan Monitoring Via Android. *Faktor Exacta*, *13*(2), 106–112. https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v13i2.6586