

## Rancang Bangun Sistem Monitoring Arduino yang Terintegrasi SCADA dan Basis Data Menggunakan Metode Komunikasi Serial

Berza H. Sanjaya<sup>1</sup>, Ardi Pujiyanta<sup>2\*</sup>, Riky Dwi Puriyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Master of Electrical Engineering, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia  
E-mail: <sup>1</sup>2307057008@webmail.uad.ac.id, <sup>2\*</sup>ardipujiyanta@tif.uad.ac.id, <sup>3</sup>riky.puriyanto@te.uad.ac.id  
(\* : corresponding author)

### Abstrak

Sistem monitoring sangat penting dalam kehidupan sehari-hari untuk menyimpan data secara permanen, bukan hanya sementara. Banyak penelitian sebelumnya belum menyimpan data ke *database* sehingga data hilang setelah beberapa waktu. Dengan kemajuan teknologi, muncul inovasi yang memungkinkan penyimpanan data berkapasitas besar dan dapat diakses kembali meskipun sudah lama tersimpan. Mikrokontroler Arduino, khususnya Arduino UNO R3, memiliki keterbatasan penyimpanan dan tidak dapat menampilkan nilai variabel yang telah diproses. Oleh karena itu, diperlukan solusi alternatif untuk menyimpan dan menampilkan data tersebut. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring *input* analog pada Arduino UNO R3 dengan sinyal 0-5 VDC yang mengirim data secara serial ke AVEVA Edge SCADA. SCADA berfungsi sebagai antarmuka untuk menampilkan data dan meneruskan data ke *database* MySQL. Hasil pengujian menunjukkan sistem ini bekerja dengan baik, dapat menampilkan data melalui SCADA, dan menyimpan secara lengkap di MySQL dengan *sampling* yang dapat diatur. Pengujian sebanyak 10 kali menghasilkan akurasi 100% dan tingkat *error* 0%, membuktikan sistem ini andal dan efektif untuk monitoring data analog menggunakan Arduino dan SCADA.

**Kata kunci:** Arduino, Basis data MySQL, Penyimpanan data, Sistem monitoring, SCADA

### Abstract

*Monitoring systems are very important in daily life for storing data permanently, not just temporarily. Many previous studies did not save data into databases, resulting in data loss after some time. With technological advancements, innovations have emerged that allow for large-capacity data storage and retrieval even after long periods. The Arduino microcontroller, especially the Arduino UNO R3, has limited storage capacity and cannot display processed variable values. Therefore, an alternative solution is needed to store and display this data. This research develops a monitoring system for analog input on the Arduino UNO R3 with a 0-5 VDC signal that sends data serially to AVEVA Edge SCADA. SCADA functions as an interface to display the data and transfer it to a MySQL database. Testing results show that the system performs well, can display data via SCADA, and saves it comprehensively in MySQL with configurable sampling times. Ten tests yielded 100% accuracy and 0% error, proving that this system is reliable and effective for monitoring analog data using Arduino and SCADA.*

**Keywords:** Arduino, MySQL database, Data storage, Monitoring system, SCADA

## 1. PENDAHULUAN

Pada era modern ini, sistem monitoring data secara *real-time* memegang peranan penting dalam berbagai aplikasi industri dan penelitian[1][2]. Mikrokontroler Arduino, khususnya Arduino UNO R3, sering digunakan sebagai perangkat kendali utama dalam mengolah sinyal masukan analog menjadi data digital[3][4]. Namun, Arduino UNO R3 memiliki keterbatasan signifikan dalam hal kapasitas penyimpanan data dan durasi penyimpanan, sehingga data yang diperoleh dari sensor hanya terekam secara sementara dan mudah hilang jika tidak segera diproses atau disimpan[5][6][7][8][9]. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, diperlukan suatu solusi yang mampu menyimpan data dalam kapasitas besar dan menyediakan akses data secara kontinu dalam jangka waktu yang lama[10]. Monitoring sistem tidak hanya berlaku di industri, tetapi juga dalam kehidupan sehari-hari, seperti pengukuran kelembapan, suhu, dan tekanan. Namun, data yang diambil biasanya hanya ditampilkan di antarmuka tanpa disimpan, sehingga sulit untuk melihat data lama. Solusinya adalah mengintegrasikan mikrokontroler Arduino dengan sistem SCADA dan basis data[11]. SCADA berfungsi sebagai platform monitoring dan kontrol yang dapat menampilkan data secara *real-time* melalui antarmuka pengguna, sedangkan basis data

memungkinkan penyimpanan data yang terstruktur dan terjangkau dalam jumlah besar [12]. Contoh perangkat lunak SCADA yang umum digunakan adalah AVEVA Edge, yang menawarkan kemampuan pengolahan data dan visualisasi secara optimal.

Penelitian [13], sistem yang diusulkan menggunakan Arduino sebagai pengontrol utama yang terhubung dengan berbagai sensor untuk mendeteksi kondisi lubang got seperti kerusakan, tutup terbuka, ketinggian air, suhu, dan gas beracun, serta mengirim data ke platform IoT untuk pemantauan *real-time*. Sistem pengukuran konstanta dielektrik berbasis IoT dengan Arduino WeMos D1R1 dikembangkan untuk kapasitor non-polar dengan rentang pengukuran 20 pF hingga 1000 nF dan akurasi sekitar 99% untuk 20 pF hingga 600 pF [14]. Parameter kesehatan pasien dipantau menggunakan Arduino Uno yang terhubung ke basis data *cloud* untuk pengiriman dan pengumpulan data secara efisien [15]. Studi lain menyajikan sistem pemantauan pintar berbasis IoT menggunakan Arduino untuk akuisisi dan kontrol data lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan kualitas udara yang dikirim ke *cloud* untuk analisis *real-time* [16].

Penelitian [6] mengenai Battery Management System (BMS) berfokus pada monitoring parameter spesifik terkait baterai, yaitu tegangan, arus, suhu, dan status pengisian (State of Charge/SOC). Monitoring dilakukan dengan menggunakan sensor khusus seperti ACS712 untuk arus, LM35 untuk suhu, dan voltage divider untuk mengukur tegangan. Pada sistem BMS tersebut, SCADA yang digunakan adalah *Wonderware InTouch*, sementara penelitian ini memantau Arduino menggunakan AVEVA Edge SCADA. Sistem komunikasi pada paper BMS tidak dijelaskan secara rinci mengenai metode komunikasi serial, berbeda dengan penelitian monitoring Arduino yang secara eksplisit menggunakan komunikasi serial. Pada paper BMS lebih ditekankan pada integrasi data dari Arduino ke SCADA dan basis data tanpa menyebutkan panjang kabel serial atau metode serial secara mendalam. Secara umum, paper BMS mengarah pada aplikasi khusus sistem manajemen baterai, sedangkan penelitian monitoring Arduino lebih bersifat umum dan menitikberatkan pada sistem komunikasi serial analog.

*Supervisory control and acquisition* (SCADA) merupakan suatu metode pengendalian yang terdiri dari piranti masukan, pemrosesan, keluaran, penyimpanan dan keamanan. Hingga saat ini terdapat banyak perangkat lunak yang mendukung keberlangsungan metode ini, salah satunya perusahaan *Schneider Electric* yang memiliki salah satu perangkat lunak SCADA yaitu AVEVA Edge. AVEVA Edge menawarkan lebih dari 250 *driver* komunikasi dengan berbagai macam produsen PLC serta mendukung *protocol* UA OPC, DA, XML, NET, SNMP dan MQTT. Pada penelitian ini, dikembangkan sistem monitor piranti masukan analog mikrokontroler Arduino UNO R3 sebagai sistem pemrosesan sinyal analog 0-5 VDC dan untuk mentransfer data dalam bentuk serial ke AVEVA Edge SCADA. AVEVA Edge SCADA digunakan sebagai antarmuka yang menampilkan nilai analog dari mikrokontroler dan mengirimkan sinyal tersebut ke dalam basis data MySQL. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitor nilai piranti masukan analog mikrokontroler Arduino yang terintegrasi dengan AVEVA Edge SCADA dan basis data MySQL. Penelitian ini penting karena pengabaian pengembangan sistem monitoring berbasis Arduino dan IoT yang terintegrasi SCADA dan basis data dapat menghambat pemantauan *real-time* yang efisien dan pengambilan keputusan cepat. Oleh karena itu, pengembangan sistem yang akurat dan andal menjadi sangat krusial.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dijelaskan dalam bentuk kerangka penelitian yaitu terdiri dari blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram

Pada Gambar 1 menunjukkan alur penelitian dimulai dari piranti masukan yang dalam hal ini menggunakan tegangan analog DC 0-5 VDC yang akan dimasukkan ke papan pengendalian Arduino UNO R3. Arduino UNO R3 akan mengirim sinyal dengan resolusi 8 bit ke PC yang telah

terpasang perangkat lunak AVEVA Edge sebagai pembuat tampilan antarmuka sistem monitor. Selain itu, data juga dikirim ke dalam basis data MySQL melalui komunikasi server *localhost*. Persamaan untuk mengubah resolusi piranti masukan analog mikrokontroler Arduino UNO R3 menjadi bentuk nilai tegangan yang diukur yaitu pada persamaan 1 [17].

$$\text{Nilai Tegangan} = \text{nilai analog pin Arduino} \times \frac{\text{tegangan maksimum pin analog Arduino}}{\text{resolusi pin analog Arduino}} \quad (1)$$

Nilai rata-rata selisih pengukuran dari nilai tegangan yang dimasukkan ke pin piranti masukan analog pin A1 Arduino dengan yang ditampilkan di antarmuka AVEVA Edge dapat menggunakan persamaan 2[17].

$$\text{Rata - rata (error)} = \frac{\sum \text{Selisih pengukuran tegangan multimeter di analog masukan Arduino}}{\sum \text{Percobaan}} \quad (2)$$

### 2.1. Perancangan Perangkat Keras

Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino UNO R3 sebagai alat utama untuk pengambilan data nilai masukan analog dari sensor. Arduino UNO R3 dipilih karena kemudahan pemrograman dan keberadaan port komunikasi serial yang memungkinkan transfer data secara efektif. Sensor yang digunakan adalah sensor analog yang menghasilkan sinyal tegangan 0-5 VDC, yang dibaca oleh mikrokontroler Arduino UNO R3 melalui pin *input* analog. Sensor ini kemudian data *output*nya dikonversi oleh Arduino dan dikirim secara serial ke AVEVA Edge SCADA untuk pemantauan dan juga disimpan ke dalam basis data MySQL. Fokus pada penelitian ini menggunakan sensor dengan keluaran analog tegangan 0-5 VDC. Jadi sensor yang memiliki jenis keluaran tersebut bisa digunakan, tetapi sensor dengan tipe keluaran yang berbeda harus disesuaikan atau dikonversi terlebih dahulu agar kompatibel dengan sistem *input* analog Arduino. Perancangan perangkat keras pada penelitian meliputi perancangan monitor sistem nilai piranti masukan analog mikrokontroler Arduino yang terintegrasi SCADA dan basis data dengan menggunakan metode komunikasi serial dapat dilihat pada Gambar 2.

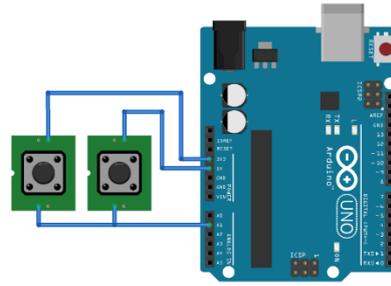


Gambar 2. Perancangan Perangkat Keras

Pada Gambar 2 menunjukkan rancangan perangkat keras terdiri dari perangkat Arduino yang didalamnya terdapat catu daya 3,3 VDC dan 5 VDC yang akan digunakan sebagai nilai piranti masukan analog, mikrokontroler Arduino UNO R3 digunakan sebagai papan pemrosesan nilai analog ke dalam bentuk bit resolusi dan mengirimkan bit resolusi dengan komunikasi serial, laptop digunakan untuk mengintegrasikan mikrokontroler Arduino UNO R3 dengan perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini. Spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Skema elektronik dari perangkat keras Arduino UNO R3 dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 1. Spesifikasi Perangkat Keras

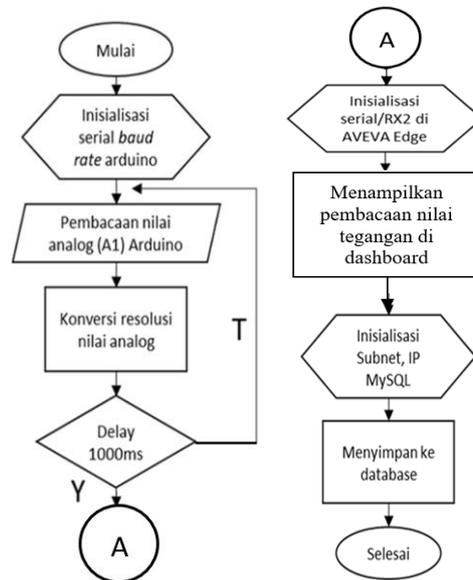
| No | Komponen       | Spesifikasi  | Fungsi   |
|----|----------------|--|--|
| 1  | Mikrokontroler | Arduino UNO R3<br>Processor: Atmega328P,<br>Power supply: 5VDC   | papan pemrosesan nilai analog ke dalam bentuk bit resolusi dan mengirimkan bit resolusi dengan komunikasi serial |
| 2  | Laptop         | Lenovo V470, i7-2670QM,<br>8GB, SSD 128, power supply:<br>20 VDC | mengintegrasikan mikrokontroler Arduino UNO R3 dengan perangkat lunak  |



Gambar 3. Skematik Piranti Masukan Analog Mikrokontroler Arduino

## 2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Monitoring dan penyimpanan data, digunakan perangkat lunak SCADA AVEVA Edge yang berfungsi sebagai platform antarmuka pengguna untuk menampilkan data secara *real-time*. Data yang diterima melalui komunikasi serial kemudian disimpan ke dalam basis data MySQL untuk pengarsipan dan analisis lebih lanjut. Perancangan perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir

Gambar 4 menunjukkan diagram alir dari perancangan perangkat lunak yang terdiri dari AVEVA Edge sebagai perangkat lunak SCADA yang digunakan untuk mengintegrasikan nilai serial yang diterima dari Arduino UNO R3 ke dalam antarmuka dan basis data MySQL. MySQL digunakan sebagai perangkat lunak basis data untuk menyimpan data yang kemudian ditampilkan melalui AVEVA Edge dan diproses oleh Arduino UNO R3.

## 2.3. Komunikasi Serial

Data hasil konversi ADC pada Arduino dikirimkan ke komputer menggunakan *interface* komunikasi serial UART dengan konfigurasi sebagai berikut:

- Baud rate: 9600 bps
- Data bit: 8
- Parity: None
- Stop bit: 1

Konfigurasi ini dipilih untuk memastikan kestabilan dan kecepatan transfer data yang memadai sesuai kapasitas Arduino dan kebutuhan sistem monitoring.

#### 2.4. Pengolahan Data

Setelah data analog dikonversi menjadi nilai digital oleh Arduino, data tersebut dikemas dalam format string melalui metode serial print dan dikirimkan secara bertahap melalui kabel USB ke perangkat penerima. SCADA menerima data ini, memprosesnya secara *real-time*, dan menampilkannya pada dashboard pengguna.

#### 2.5. Penyimpanan Data

Data yang diterima oleh SCADA juga secara otomatis disimpan ke dalam basis data MySQL. Struktur tabel basis data didesain untuk menyimpan timestamp dan nilai analog dalam format yang terstruktur untuk mendukung query analisis dan laporan. Berikut struktur Tabel 2 yang digunakan:

Tabel 2. Struktur Tabel Penyimpanan Data

| Field        | Tipe Data      | Keterangan             |
|--------------|----------------|------------------------|
| Id           | INT (auto_inc) | Primary key            |
| Waktu        | DATETIME       | Waktu pengambilan data |
| nilai_analog | FLOAT          | Nilai masukan analog   |

#### 2.6. Pengujian Sistem.

Pengujian dilakukan dengan mengirim sinyal analog ke Arduino dan memantau data yang diterima serta disimpan di *database*. Validasi dilakukan dengan membandingkan nilai asli dan data tersimpan, serta menguji keakuratan dan kestabilan transfer data dalam berbagai waktu untuk memastikan sistem berjalan kontinu tanpa kehilangan data.

#### 2.7. Validasi dan Pengujian Performa Sistem

##### a. Validasi Sistem

Validasi sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen bekerja secara sesuai dengan fungsi yang diharapkan dan data yang dihasilkan akurat. Tahapan validasi meliputi:

- 1) Pengujian Sensor: Sensor diuji terhadap parameter fisik yang diukur untuk memastikan *output* analog yang dihasilkan sesuai dengan nilai sebenarnya. Perbandingan dilakukan dengan alat pengukur standar sebagai acuan.
- 2) Pengujian Komunikasi Serial: Mengecek kestabilan dan konsistensi data yang dikirim dari Arduino ke sistem SCADA, termasuk memeriksa adanya *error*, kehilangan data, atau *delay* yang signifikan.
- 3) Validasi Penyimpanan Data: Memastikan data yang diterima oleh SCADA tersimpan dengan benar dan lengkap di basis data MySQL sesuai format dan interval waktu yang diinginkan.

##### b. Pengujian Performa Sistem

Pengujian performa bertujuan mengidentifikasi seberapa baik sistem dapat menangani proses data secara *real-time* dan berkelanjutan tanpa terjadi kegagalan. Beberapa aspek yang diukur antara lain:

- 1) Frekuensi Pengambilan Data: Mengukur apakah sistem mampu membaca dan menyimpan data secara periodik sesuai interval waktu yang ditetapkan tanpa penundaan.
- 2) Ketersediaan Data dan Akurasi: Mengevaluasi apakah semua data yang diambil dari sensor benar-benar terekam di *database* dan representatif terhadap kondisi nyata.
- 3) Stabilitas Komunikasi Serial: Memastikan data terkirim tanpa *error* pada baud rate 9600 dan tidak terjadi kehilangan paket data saat komunikasi berlangsung dalam waktu lama.
- 4) Penggunaan *Resource* Sistem: Memantau penggunaan CPU dan memori pada perangkat yang menjalankan SCADA untuk menjaga performa optimal aplikasi.

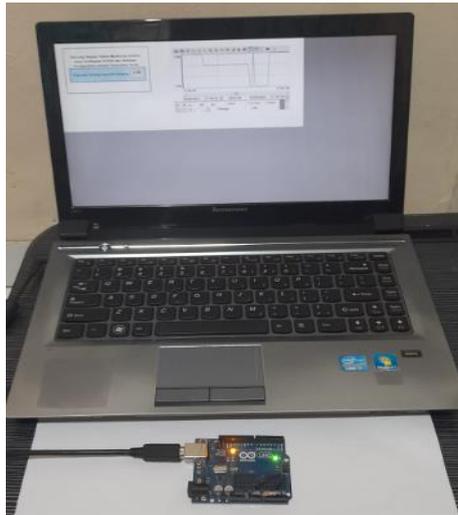
#### 2.8. Metode Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan mengambil sampel data selama periode pengujian dan membandingkan hasil dengan data referensi atau toleransi kesalahan tertentu. Data log komunikasi dan rekaman *error* juga dianalisis untuk memastikan integritas sistem. Jika

ditemukan ketidaksesuaian, dilakukan perbaikan konfigurasi dan pengujian ulang hingga sistem stabil dan valid.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem monitoring yang telah selesai dibuat ditunjukkan pada Gambar 5. Selanjutnya dilakukan pengujian akurasi yang terdiri nilai pembacaan piranti masukan analog dari mikrokontroler Arduino UNO R3 ke AVEVA Edge, dan pengujian penyimpanan pada basis data MySQL dalam kurun waktu tertentu.



Gambar 5. Pengujian Alat

#### 3.1. Pengujian Akurasi

Pada tahap pengujian akurasi dilakukan untuk mendapatkan selisih nilai dari nilai analog pada pin A1 Arduino UNO R3 dengan hasil pembacaan yang tertampil di antarmuka AVEVA Edge. Proses perubahan dari sinyal analog menjadi tegangan yang dapat dibaca oleh sistem dilakukan dengan konversi nilai analog ke nilai tegangan melalui sebuah formula yang menghubungkan resolusi bit pada pin analog Arduino UNO R3 dengan nilai tegangan *input*. Konsep utama adalah pembacaan nilai digital dari sinyal analog menggunakan ADC (*Analog-to-Digital Converter*), yang kemudian diubah menjadi nilai tegangan berdasarkan resolusi ADC dan tegangan referensi (biasanya 5 V). Pada Tabel 3, nilai analog masukan (dari 0 hingga 1023) dikonversi ke nilai tegangan (dari 0 hingga 5 V) dengan persamaan 1. Hasil konversi nilai analog Arduino menjadi nilai tegangan yang diperoleh dari pin piranti masukan analog dapat dilihat pada Tabel 3. Proses perbandingan hasil pembacaan pin piranti masukan analog yang telah dikonversi ke dalam nilai tegangan (VDC) dengan tampilan nilai tegangan di antarmuka dapat dilihat pada Tabel 4.

Pada Gambar 6 adalah Visualisasi Data Masukan Arduino UNO R3. Analisis Temporal dan Performa ADC Arduino UNO R3 pada Gambar 6 sebagai berikut.

##### a. Perubahan Nilai Analog Masukan

Nilai analog masukan yang diukur oleh Arduino UNO R3 berkisar antara 0 hingga 1023, sesuai dengan kemampuan ADC 10-bit. Grafik menunjukkan perubahan signifikan pada data nomor 4, di mana nilai melonjak dari 0 ke sekitar 700, menandakan adanya perubahan *input* analog yang terekam dengan baik. Setelah lonjakan ini, nilai stabil di kisaran 690-700 sebelum mencapai puncak maksimum 1023 pada data nomor 9 hingga akhir, menunjukkan respons cepat ADC terhadap perubahan tegangan tanpa adanya noise signifikan.

b. Nilai Tegangan Masukan (VDC)

Nilai tegangan masukan meningkat secara linier dari 0 V ke sekitar 3.3 V dan mencapai puncak 5 V, mengikuti pola serupa dengan nilai analog. Ini mengkonfirmasi kemampuan Arduino untuk membaca tegangan *input* dengan akurat dan konsisten dalam rentang 0-5 Volt, yang merupakan batas referensi ADC. Tidak terlihat lonjakan atau gangguan pada sinyal tegangan, menunjukkan kestabilan sumber tegangan masukan.

c. Hubungan Nilai Analog dan Tegangan

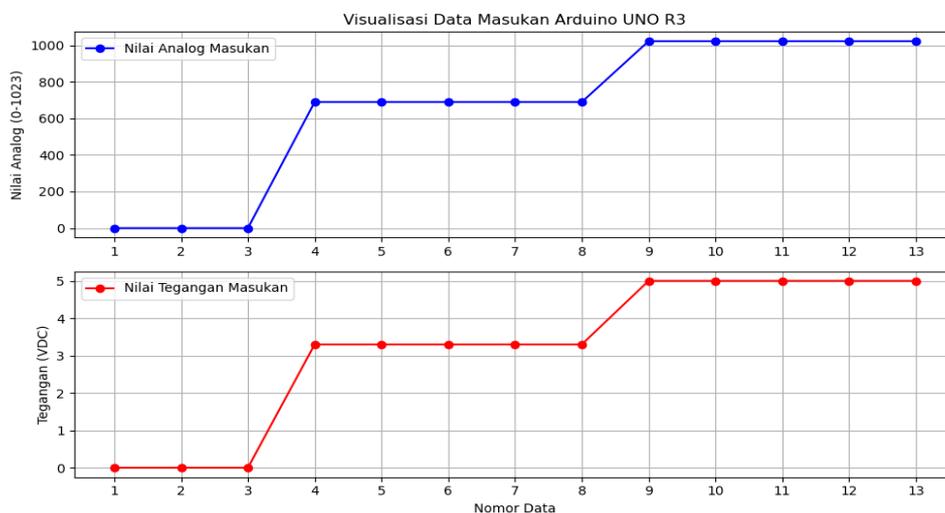
Nilai analog yang dibaca oleh ADC Arduino dapat dikonversi menjadi tegangan menggunakan persamaan 1.

$$\text{Nilai tegangan} = 690 \times \frac{5}{1023} = 3,3 \text{ VDC}, \text{ Nilai tegangan} = 1023 \times \frac{5}{1023} = 5 \text{ VDC}$$

Grafik menunjukkan keselarasan baik antara nilai analog dan tegangan yang dikonversi, menandakan bahwa pengukuran ADC valid tanpa offset atau kesalahan kalibrasi signifikan.

Tabel 3. Hasil Konversi Nilai Resolusi bit pada pin Analog *Input* ke Nilai Tegangan

| No | Nilai Analog Masukan Arduino UNO R3 | Nilai Tegangan Masukan Arduino UNO R3 (VDC) |
|----|-------------------------------------|---|
| 1  | 0                                   | 0   |
| 2  | 0                                   | 0   |
| 3  | 0                                   | 0   |
| 4  | 690                                 | 3,3   |
| 5  | 690                                 | 3,3   |
| 6  | 690                                 | 3,3   |
| 7  | 690                                 | 3,3   |
| 8  | 690                                 | 3,3   |
| 9  | 1023                                | 5   |
| 10 | 1023                                | 5   |
| 11 | 1023                                | 5   |
| 12 | 1023                                | 5   |
| 13 | 1023                                | 5   |



Gambar 6. Visualisasi Data Masukan Arduino UNO R3

3.2. Pengujian Validasi dan Evaluasi

Perbandingan nilai tegangan antara Aveva dan Arduino Uno di Tabel 4 menunjukkan kesamaan nilai yang sangat erat dengan perbedaan pengukuran sebesar 0 VDC pada setiap sample. Jika nilai tegangan Aveva dan Arduino Uno sama, maka maknanya adalah sistem pembacaan dan pengiriman data dari Arduino ke Aveva SCADA bekerja dengan presisi tinggi

dan akurat tanpa kehilangan atau distorsi data. Sebaliknya, jika nilai berbeda, maka akan mengindikasikan adanya potensi masalah dalam proses transmisi data, kalibrasi, atau interpretasi sinyal, yang dapat memengaruhi keandalan sistem monitoring. Pada Tabel 4 menguatkan bahwa pengukuran nilai analog *input* Arduino UNO R3 dapat ditransmisikan dan ditampilkan secara akurat melalui antarmuka AVEVA Edge tanpa adanya perbedaan (*error*) dalam nilai tegangan. Ini merupakan indikasi keberhasilan integrasi perangkat keras Arduino dengan sistem SCADA yang dapat diandalkan untuk aplikasi monitoring dan kontrol secara *real-time*. Analisis Hasil Pengukuran Tabel 4 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Nilai Piranti Masukan Analog Arduino UNO R3 dengan Tampilan Antarmuka

| No | Nilai tegangan masukan Arduino UNO R3 (VDC) | Nilai tegangan di antarmuka AVEVA Edge (VDC) | Selisih pengukuran (VDC) |
|----|---|--|--------------------------|
| 1  | 0   | 0  | 0                        |
| 2  | 0   | 0  | 0                        |
| 3  | 0   | 0  | 0                        |
| 4  | 3,3   | 3,3  | 0                        |
| 5  | 3,3   | 3,3  | 0                        |
| 6  | 3,3   | 3,3  | 0                        |
| 7  | 3,3   | 3,3  | 0                        |
| 8  | 3,3   | 3,3  | 0                        |
| 9  | 5   | 5  | 0                        |
| 10 | 5   | 5  | 0                        |
| 11 | 5   | 5  | 0                        |
| 12 | 5   | 5  | 0                        |
| 13 | 5   | 5  | 0                        |

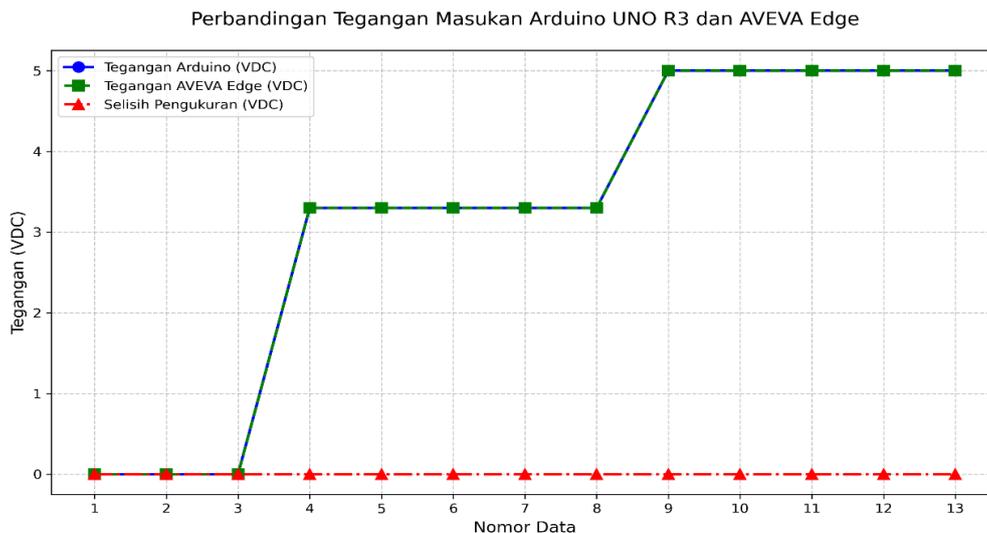
Tabel 5. Analisis Hasil Pengukuran

| Aspek                        | Penjelasan  |
|------------------------------|---|
| 1. Kesesuaian Nilai Tegangan | Nilai tegangan masukan yang terbaca oleh Arduino UNO R3 dan yang tampil di antarmuka AVEVA Edge sangat konsisten dan sama persis pada semua data pengukuran. Ini menunjukkan bahwa proses transfer data dari Arduino ke antarmuka SCADA berhasil tanpa adanya distorsi atau kesalahan pembacaan.                                |
| 2. Nilai Tegangan Masukan    | Tabel mencatat tiga kondisi utama nilai tegangan <i>input</i> : 0 V, 3,3 V, dan 5 V sebagai nilai representatif. Pengukuran dilakukan berulang dari setiap nilai, yang menunjukkan kestabilan sinyal <i>input</i> dan konsistensi pembacaan baik oleh perangkat keras (Arduino) maupun oleh perangkat lunak visualisasi (AVEVA) |
| 3. Selisih Pengukuran        | Seluruh kolom selisih pengukuran menunjukkan nilai 0 V, artinya tidak ada deviasi antara tegangan yang dibaca Arduino dan yang ditampilkan oleh antarmuka. Ini menandakan akurasi komunikasi dan sinkronisasi data sangat baik.   |
| 4. Validasi Sistem           | Tabel ini memberikan bukti validasi bahwa sistem pengukuran, komunikasi, dan presentasi data tegangan analog berjalan dengan akurat dan andal. Hal ini penting sebagai dasar untuk pengembangan sistem monitoring <i>real-time</i> di lingkungan industri menggunakan Arduino dan SCADA.  |

Grafik pada Gambar 7 memperlihatkan bahwa nilai tegangan yang dibaca oleh Arduino dan yang ditampilkan oleh antarmuka AVEVA Edge sangat identik, dengan selisih pengukuran sama dengan nol di seluruh titik data.

**Implikasi Teknis**

- a. Akurasi dan Konsistensi Data: Grafik dan data menunjukkan bahwa sistem mampu mentransfer data tegangan analog dari Arduino ke antarmuka SCADA (AVEVA Edge) secara akurat tanpa perbedaan nilai.
- b. Keandalan Sistem: Karena selisih pengukuran adalah nol, ini menandakan bahwa komunikasi serial dan pemrosesan data di kedua perangkat berjalan tanpa *error* atau gangguan.
- c. Validasi Sistem Monitoring: Visualisasi ini menguatkan kepercayaan validasi sistem monitoring berbasis Arduino dan SCADA, yang dapat diandalkan untuk aplikasi *real-time* seperti monitoring sensor di industri



Gambar 7. Perbandingan Tegangan Masukan Arduino UNO R3 dan AVEVA Edge

Dari persamaan 2 dapat diperoleh nilai rata-rata selisih pengukuran dari nilai tegangan yang dimasukkan ke pin piranti masukan analog pin A1 Arduino dengan yang ditampilkan di antarmuka AVEVA Edge sebagai berikut.

$$\text{Rata - rata (error)} = \frac{0}{10}$$

$$\text{Rata - rata (error)} = 0\%$$

Sehingga nilai *error* pada hasil pengukuran tegangan piranti masukan Arduino UNO R3 dengan hasil pengukuran tegangan yang ditampilkan di antarmuka AVEVA Edge adalah 0% dari 10 percobaan.

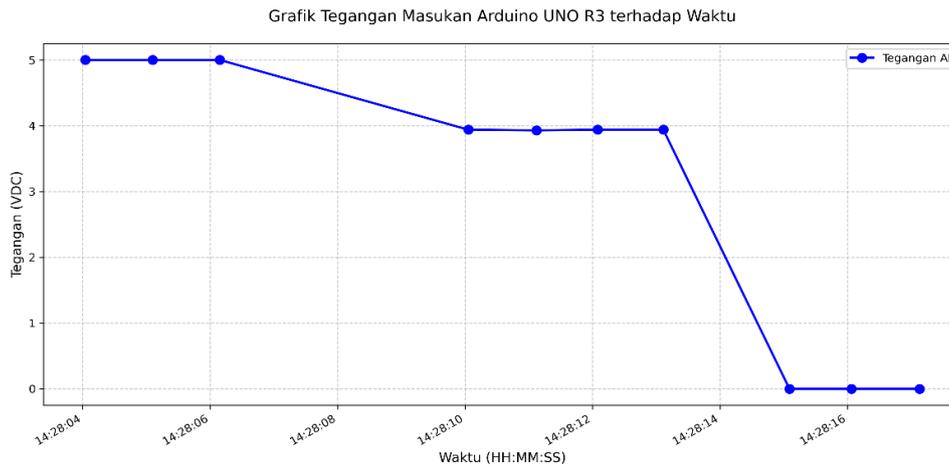
Hasil pengujian penyimpanan ke dalam basis data, pengujian ini dilakukan dengan cara melihat nilai dalam kurun waktu tertentu di basis data MySQL yang dapat dilihat pada Gambar 8.

| Time_Stamp          | Time_Stamp_ms | Tegangan_AI |
|---------------------|---------------|-------------|
| 2024-05-09 14:28:04 | 139           | 5           |
| 2024-05-09 14:28:05 | 141           | 5           |
| 2024-05-09 14:28:06 | 144           | 5           |
| 2024-05-09 14:28:07 | 147           | 0           |
| 2024-05-09 14:28:08 | 75            | 0           |
| 2024-05-09 14:28:09 | 82            | 0           |
| 2024-05-09 14:28:10 | 41            | 3.94        |
| 2024-05-09 14:28:11 | 44            | 3.94        |
| 2024-05-09 14:28:12 | 43            | 3.93        |
| 2024-05-09 14:28:13 | 42            | 3.93        |

Gambar 8. Hasil Tangkapan Layar Basis Data MySQL

Pada kolom pertama menunjukkan tentang waktu sampling data, sedangkan pada kolom ketiga merupakan nilai dari tegangan yang telah tersimpan di basis data MySQL.

Grafik pada Gambar 9 menunjukkan data tegangan analog (VDC) dari Arduino UNO R3 dalam rentang waktu sangat pendek, dengan variasi dari 5 V turun ke 0 V, lalu naik kembali mendekati 3.9 V. Perubahan tegangan ini tampak sebagai *step changes* yang jelas, mencerminkan perubahan nilai masukan analog secara *real-time*. Sumbu X menggunakan format waktu jam:menit:detik (HH:MM:SS), memudahkan pengamatan dinamika perubahan secara temporal.



Gambar 9. Grafik Tegangan Masukan Arduino UNO R3 terhadap Waktu

### 3.3. Evaluasi Pengaruh Panjang Kabel dan Kalibrasi terhadap Akurasi Sistem

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa meskipun terjadi penurunan voltase akibat hambatan kabel, dengan penentuan panjang kabel yang optimal dan penerapan kalibrasi yang sesuai, sistem tetap mampu mempertahankan keandalan dan akurasi pembacaan data. Dengan demikian, pengujian ini memberikan dasar validasi yang penting bagi desain sistem monitoring berbasis komunikasi serial, guna menjamin performa pengukuran yang konsisten meskipun terdapat variasi panjang kabel dalam aplikasi lapangan.

### 3.4. Manfaat dan Terapan.

Penerapan riset perubahan analog Arduino ke nilai tegangan adalah pengembangan sistem monitoring yang mengubah sinyal analog menjadi nilai tegangan digital yang dapat dibaca dan diproses oleh SCADA, serta disimpan secara permanen di *database* MySQL. Manfaat utama dari penerapan ini adalah peningkatan akurasi dan *real-time* monitoring sistem sehingga pengguna dapat memantau kondisi fisik secara tepat dan terus menerus, dengan data yang valid dan dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan. Terapannya sangat luas, terutama di bidang industri dan otomasi, seperti monitoring tekanan, suhu, dan parameter lainnya secara *real-time*.

Penerapan Sistem Monitoring Analog ke Tegangan:

#### a. Integrasi Perangkat

Sistem menggunakan Arduino UNO R3 untuk membaca sinyal analog dari sensor, mengkonversinya menjadi nilai tegangan dengan akurasi hingga 100%, kemudian mengirim data tersebut secara serial ke sistem SCADA AVEVA Edge yang melakukan visualisasi *real-time*. Data juga disimpan di *database* MySQL untuk keperluan logging dan analisis historis.

#### b. Proses Digitalisasi Sinyal

Perubahan sinyal analog menjadi tegangan digital memungkinkan pengolahan data yang lebih mudah dan akurat, sehingga tidak hanya sekedar pembacaan sederhana tetapi juga dapat diintegrasikan ke dalam sistem otomasi dan kontrol industri.

### 3.5. Studi Kasus Stabilitas Tekanan Chamber pada Vakum Sistem dengan Metode *Fuzzy Logic* dan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation sebagai Self Tuning PID.

Sistem monitoring dengan Arduino dan konversi analog ke digital (tegangan) menyediakan data *real-time* akurat yang sangat penting untuk pengendalian stabilitas tekanan vakum menggunakan metode Self Tuning PID berbasis *Fuzzy Logic* dan Jaringan Syaraf Tiruan (JST).

#### a. Hubungan Konsep dan Penerapan

##### 1) Sistem Monitoring dan Data Akurat

Rancang Bangun Sistem Monitoring Arduino yang Terintegrasi SCADA dan Basis Data menyediakan kerangka bagaimana sinyal analog dari sensor (misal sensor tekanan) diubah

menjadi data digital (tegangan) dengan akurasi 100%. Data ini sangat krusial untuk umpan balik dalam sistem kontrol PID, karena kesalahan data *input* dapat menyebabkan respon kontrol yang tidak tepat.

#### 2) Pengendalian Tekanan Chamber Vakum

Pengendalian tekanan dengan metode *Self Tuning* PID yang diperkuat dengan *Fuzzy Logic* dan JST Backpropagation untuk menyesuaikan parameter PID secara adaptif. Metode ini membutuhkan data tekanan *real-time* yang handal sebagai masukan untuk penyesuaian parameter secara optimal.

#### 3) Peran Arduino dan SCADA

Arduino sebagai perangkat pengambil data analog yang terhubung ke SCADA memungkinkan visualisasi dan logging tekanan chamber secara *real-time*. Rancang Bangun Sistem Monitoring Arduino yang Terintegrasi SCADA dan Basis Data dapat dipakai untuk memastikan bagaimana sensor Arduino dikalibrasi dan data yang diberikan benar-benar valid untuk pengendalian.

#### b. Manfaat Penggabungan dalam Penerapan

Penggabungan sistem ini memberikan manfaat yang signifikan, antara lain meningkatkan stabilitas sistem melalui data yang akurat dari sistem monitoring, sehingga kinerja algoritma *Self Tuning* PID dapat mengendalikan tekanan chamber secara lebih stabil; memungkinkan adaptasi optimal melalui penggunaan *Fuzzy Logic* dan JST Backpropagation yang mampu menyesuaikan parameter PID berdasarkan data tekanan *real-time* dan valid; menyediakan pengawasan secara *real-time* melalui platform SCADA yang tidak hanya memantau tetapi juga mengontrol tekanan dan kinerja PID secara efisien; serta memiliki potensi penerapan yang luas, tidak hanya untuk vakum chamber tetapi juga untuk pengendalian tekanan di berbagai sistem industri lainnya.

### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada hasil pengujian yang telah dilakukan kinerja alat tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa sistem monitor piranti masukan analog mikrokontroler Arduino UNO R3 yang terintegrasi SCADA dan basis data menggunakan metode komunikasi serial dapat berjalan dengan baik, serta dapat ditampilkan melalui antarmuka SCADA *software* dalam hal ini menggunakan AVEVA Edge dan dapat tersimpan ke dalam basis data MySQL secara menyeluruh dengan waktu sampling yang dapat diatur. Pada hasil monitoring pengujian keseluruhan dilakukan dengan pengambilan sampel 10 percobaan dengan nilai keakurasian ialah 100% dan tingkat *error* 0%. Selain itu, sistem ini membuka peluang pengembangan lebih lanjut untuk penerapan algoritma pengendalian adaptif, seperti metode *Self Tuning* PID berbasis *Fuzzy Logic* dan Jaringan Syaraf Tiruan, yang sangat bergantung pada data *real-time* yang valid untuk menjaga kestabilan kinerja sistem, contohnya pada pengendalian tekanan dalam chamber vakum.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini mendapatkan hibah penelitian dari Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Ristekdikti) Republik Indonesia dengan nomor kontrak NOMOR: 017/PTM/LPPM UAD/VI/2024.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Nour and M. M. Hussain, "A review of the *real-time* monitoring of fluid-properties in tubular architectures for industrial applications," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 14, pp. 1–22, 2020, doi: 10.3390/s20143907.
- [2] B. Katie, "Internet of Things (IoT) for Environmental Monitoring," *International Journal of Computing and Engineering*, vol. 6, no. 3, pp. 29–42, 2024, doi: 10.47941/ijce.2139.
- [3] S. U. Uddin, M. J. A. Baig, and M. T. Iqbal, "Design and Implementation of an Open-Source SCADA System for a Community Solar-Powered Reverse Osmosis System,"

- Sensors*, vol. 22, no. 24, pp. 1- 26, 2022, doi: 10.3390/s22249631.
- [4] Daniel Trento, Ticiana Patel Weiss Trento, and Eduardo Krüger, “Application of Arduino-Based Systems as Monitoring Tools in Indoor Comfort Studies: A Bibliometric Analysis,” *International Journal of Architectural Engineering Technology*, vol. 7, pp. 1–12, 2020, doi: 10.15377/2409-9821.2020.07.1.
- [5] M. Matsun *et al.*, “Development of Arduino Uno-based Real Learning Media for Measuring Density Of Objects,” *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, vol. 9, no. 1, pp. 25–33, 2022, doi: 10.12928/jrpkpf.v9i1.27.
- [6] K. Pertiwi *et al.*, “Water Pump Otomatis Berbasis Arduino Uno dan Database MySQL,” *Journal of Science, Technology, and Visual Culture*, vol. 1 no. 2, pp. 69–73, 2021,
- [7] N. Faizi and M. Pranata, “Rancang Bangun Web Dashboard Pump Handsanitizer Otomatis Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Metode Prototype Studi Kasus : Desa Kampili Kecamatan Pallangga Kabupaten Gowa,” *LEDGER Journal Informatic and Information Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 11–23, 2022, doi: 10.20895/ledger.v1i2.800.
- [8] N. Nursobah, A. Nurhuda, and A. F. Pukeng, “Designing Measurement of Ph and Water Turbidity Level Based on Iot,” *Jurnal Ilmiah Matrik*, vol. 23, no. 1, pp. 34–45, 2021, doi: 10.33557/jurnalmatrik.v23i1.1290.
- [9] D. H. Manik, R. Nandika, and P. Gunoto, “Penerapan Internet of Things (Iot) Pada Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler Dan Website,” *Sigma Teknika*, vol. 4, no. 2, pp. 255–261, 2021, doi: 10.33373/sigmateknika.v4i2.3618.
- [10] T. Patel *et al.*, “Uncovering Access, Reuse, and Sharing Characteristics of I/O-Intensive Files on Large-Scale Production HPC Systems,” *Proc. 18th USENIX Conference on File and Storage Technologies FAST 2020*, pp. 91–101, 2020.
- [11] I. Allafi and T. Iqbal, “Low-Cost SCADA System Using Arduino and Reliance SCADA for a Stand-Alone Photovoltaic System,” *Journal of Solar Energy*, vol. 2018, pp. 1–8, 2018, doi: <https://doi.org/10.1155/2018/3140309>.
- [12] R. Pandit and J. Wang, “A Comprehensive Review on Enhancing Wind Turbine Applications with Advanced SCADA Data Analytics and Practical Insights,” *IET Renewable Power Generation*, vol. 18, no. 4, pp. 722–742, 2024, doi: <https://doi.org/10.1049/rpg2.12920>.
- [13] A. Mankotia and A. K. Shukla, “IOT Based Manhole Detection and Monitoring System Using Arduino,” *Materialstoday Proceeding*, vol. 57, pp. 2195–2198, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.264>.
- [14] S. A. Wankhede, *et al.*, “IoT Based Dielectric Constant Measurement System for Solid Or Semi-Liquid Materials using Arduino WeMos D1R1,” *Materialstoday Proceeding*, vol. 73, pp. 474–480, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.10.022>.
- [15] K. Sudha, *et al.*, “Efficient IOT based Covid Patient Healthcare Control System Using Arduino with Mobile App,” *Measurement: Sensors*, vol. 33, no. April, pp. 1-6, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101161>.
- [16] M. Hong, K. Kim, and Y. Hwang, “Arduino and Iot-Based Direct Filter Observation Method Monitoring the Color Change of Water Filter for Safe Drinking Water,” *Journal Of Water Process Engineering*, vol. 49, no. August, pp. 1-6, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.103158>
- [17] ARDUINO.CC, “Read Analog Voltage,” DOCS. Accessed: Jul. 19, 2025. [Online]. Available: <https://docs.arduino.cc/built-in-examples/basics/ReadAnalogVoltage/>