

Konsep Sistem Monitoring Kecepatan dan Torsi Berbasis Arduino Uno dengan Integrasi Modbus RTU pada SCADA Haiwell

**Engel Manuel Punuh¹, Leony Ariesta Wenko², Henny A. B. Lesnussa³,
Julianus Gesuri Daud⁴, Samsu Tuwongkesong⁵, Ventje Lumentut⁶**

Teknik Listrik, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado ^{1,2,4,5,6}

Teknik Listrik, Fakultas Teknik Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat ³

E-mail: alfaengelmanuelpunuh83@gmail.com, leonywenno@elektro.polimdo.ac.id,
h.lesnussa@unipa.ac.id

Abstrak

Sistem monitoring kecepatan dan torsi pada motor listrik merupakan elemen krusial dalam pemeliharaan prediktif dan peningkatan efisiensi operasional di berbagai industri dengan menyajikan konsep pengembangan sistem monitoring real-time berbasis Arduino Uno untuk akuisisi data kecepatan dan torsi, yang kemudian diintegrasikan menggunakan protokol Modbus RTU ke dalam sistem SCADA Haiwell. Arduino Uno berfungsi sebagai pengumpul data dari sensor kecepatan IR dan sensor PZEM untuk membaca arus dan tegangan kemudian diolah menggunakan rumus dan logika di Arduino- Uno dan didapatkan data torsi . Data yang terkumpul akan diproses oleh mikrokontroler Arduino dan diubah ke dalam format Modbus RTU, selanjutnya, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) Haiwell akan bertindak sebagai master Modbus, secara berkala membaca data kecepatan dan torsi dari Arduino Uno sebagai slave Modbus. Integrasi ini memungkinkan visualisasi parameter motor secara real-time, pencatatan data historis, serta kemampuan untuk mengatur alarm berdasarkan ambang batas kecepatan dan torsi yang telah ditentukan. Tujuan dari sistem ini adalah menyediakan solusi monitoring yang simple, fleksibel, dan mudah diimplementasikan, memungkinkan operator untuk memantau kondisi operasional motor secara akurat, mengetahui perubahan parameter pada motor secara linear.

Kata kunci — Arduino-Uno, Modbus RTU, Scada Haiwell, PZEM, IR.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di sektor industri, sistem yang sebelumnya masih mengandalkan metode mekanis dalam proses pemantauan dan pengendalian kini mulai beralih ke teknologi otomatisasi. Salah satu teknologi yang banyak diterapkan adalah SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). SCADA merupakan sistem yang berfungsi untuk mengumpulkan data dan informasi dari lapangan, kemudian mentransmisikannya ke komputer pusat guna dianalisis dan dikendalikan. Keberadaan SCADA sangat membantu, khususnya dalam kegiatan perawatan sistem serta pemulihan kondisi saat terjadi gangguan,(Mahendra et al., 2021) dan dapat dikembangkan dengan sebagai platform HMI/SCADA berbasis cloud mendukung Modbus RTU/TCP, RS-485, dan MQTT, serta menyediakan antarmuka visual dan sistem alarm (Wilutomo & Yuwono, 2017)(Ikhsan et al., 2019), konvergensi teknologi ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses produksi dan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan. Integrasi teknologi IoT dan cloud ke dalam produksi

industri telah mengantarkan pada Industri 4.0 . Revolusi ini memungkinkan untuk mengubah sistem deteksi canggih, yang terdiri dari pengontrol, sensor, dan aktuator, menjadi sistem yang lebih canggih yang sering digunakan oleh SCADA. Meskipun Industri 4.0 memiliki potensi yang sangat besar, namun hal ini telah menciptakan tantangan bagi industri Indonesia, khususnya UKM (Usaha Kecil dan Menengah). Bisnis semakin menghadapi kekurangan sumber daya dan pengetahuan teknis yang diperlukan untuk secara efektif menggunakan teknologi Industri 4.0 seperti sistem SCADA. Seiring dengan pertumbuhan jumlah pelaku usaha, semakin besar pula risiko menjadi korban, sehingga mereka dapat menikmati manfaat dari revolusi industri saat ini. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa pelaku usaha kecil dan menengah, serta perusahaan rintisan, menghadapi tantangan yang signifikan dalam beradaptasi dengan Industri 4.0. Salah satu tantangan tersebut adalah kurangnya kapasitas dan kapabilitas dalam penerapan SCADA, meskipun teknologi ini merupakan faktor penting dalam menghadapi revolusi Industri 4.0.(Adolph, 2016). Di Laboratorium Politeknik Negeri Manado, motor 3 fasa banyak digunakan dalam praktikum dan penelitian, sehingga dibutuhkan sistem monitoring kecepatan dan torsi yang efektif, ekonomis, dan real-time. Untuk menjawab tantangan tersebut, penulis mengusulkan konsep sistem monitoring berbasis Arduino Uno yang memanfaatkan sensor PZEM untuk pembacaan daya dan sensor IR untuk pembacaan kecepatan putaran motor. Namun demikian, hingga saat ini belum tersedia sistem monitoring kecepatan dan torsi motor 3 fasa di lingkungan laboratorium / bengkel yang bersifat real-time, murah, dan mudah diimplementasikan, dan dapat diintegrasikan langsung dengan protokol industri seperti Modbus RTU. Kekurangan inilah yang menjadi fokus utama penelitian ini. Penerapan sistem ini tidak hanya untuk kebutuhan industri, tetapi juga sebagai media pembelajaran mahasiswa agar mampu mengembangkan sistem kontrol dan pemantauan yang efisien dan berbasis teknologi terbuka. Salah satu solusi yang relevan dan hemat biaya adalah dengan menggunakan Arduino Uno sebagai unit pengolah data dan Modbus RTU sebagai protokol komunikasi antar perangkat, dengan adanya sistem ini, pemantauan kecepatan dan torsi motor 3 fasa di Laboratorium Politeknik Negeri Manado akan lebih akurat, efisien, dan secara real-time.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, penelitian ini dilandasi oleh kebutuhan akan sistem monitoring kecepatan dan torsi motor 3 fasa yang efisien, akurat, dan real-time. Oleh karena itu, rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada konsep merancang sistem monitoring kecepatan dan torsi secara real-time dengan menggunakan sensor PZEM dan sensor IR dan mikrokontroler, Arduino- Uno dengan tujuan adalah untuk membuat konsep sistem dan mengimplementasikan sistem monitoring kecepatan dan torsi motor 3 fasa secara real-time yang terintegrasi dengan protokol komunikasi industri Modbus RTU. Dengan metode penelitian yang digunakan adalah metode rekayasa yang diawali dengan studi literatur, perancangan sistem perangkat keras dan perangkat lunak, serta integrasi sensor PZEM dan IR dengan mikrokontroler Arduino Uno. Proses pengujian dilakukan melalui simulasi sistem menggunakan software pendukung untuk memverifikasi fungsi komunikasi Modbus RTU dan validasi pembacaan parameter kecepatan serta torsi motor, dengan harapan luaran untuk menghasilkan solusi monitoring yang akurat, hemat biaya, dan mudah, serta aman diimplementasikan di lingkungan laboratorium maupun industri skala kecil. Selain itu, sistem ini dirancang sebagai media pembelajaran praktis bagi mahasiswa dalam memahami konsep sistem kontrol, sensorik, dan komunikasi industri berbasis protokol terbuka.

Berdasarkan riset Ikhsan dkk. (2020) dan penelitian Syahri dkk. (2023) (Ikhsan et al., 2019) (Syhari & Bintoro, 2023), penggunaan Arduino Uno dan sensor arus/tegangan seperti PZEM-004T atau ZMPT101B dapat menyediakan pengukuran langsung parameter penting (tegangan,

arus, suhu), sekaligus melindungi motor dari gangguan seperti over-current, under-/over-voltage, dan ketidakseimbangan fasa dalam penelitiannya mereka menggunakan sistem Lab-View dan tidak menggunakan sistem scada Haiwell dan untuk sensor kecepatan tidak menggunakan sensor IR (*infra-red*) ada juga penelitian selanjutnya adalah dari Wilutomo dkk. (2017)(Wilutomo & Yuwono, 2017), Secara umum, kedua sistem bertujuan melakukan pemantauan terhadap performa motor induksi tiga fasa, khususnya dalam aspek arus, tegangan, dan kecepatan. Namun, terdapat perbedaan mendasar baik dari segi teknologi yang digunakan, tujuan penerapan, maupun akurasi serta kemampuan sistemnya. Sistem pertama menggunakan Arduino Uno yang terintegrasi dengan protokol Modbus RTU melalui komunikasi RS485, dan dihubungkan dengan SCADA Haiwell. Sementara itu, sistem pada Wilutomo dkk. (2017) (Wilutomo & Yuwono, 2017) menggunakan Arduino Due yang terhubung dengan modul ESP8266 untuk mengunggah data ke web server menggunakan protokol TCP/IP. (Soetedjo & Hendriarianti, 2023)

1.1. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan platform mikrokontroler berbasis chip ATMega328 yang bersifat open source. Seperti yang tercantum pada Tabel 1 mengenai bagian-bagian Arduino, papan ini memiliki 14 pin digital yang dapat difungsikan sebagai input maupun output, dengan 6 pin di antaranya mendukung output PWM. Selain itu, Arduino Uno juga dilengkapi dengan 6 pin input analog, resonator keramik 16 MHz, port USB, soket daya, header ICSP, dan tombol reset, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Perangkat ini dirancang untuk mendukung pengoperasian mikrokontroler secara optimal. Catu daya dapat disuplai melalui koneksi USB saat terhubung ke komputer, atau melalui sumber eksternal seperti adaptor atau baterai.(Punuh, 2024) Arduino UNO R3, merupakan board berbasis mikrokontroler pada ATmega328 yang pada penelitian ini digunakan sebagai pusat kontrol (Samsugi et al., 2020) (Sokop et al., 2016)

1.2. Sensor IR FC-05

Sensor inframerah digunakan untuk mendeteksi putaran motor. Sensor ini berfungsi untuk mengidentifikasi ada atau tidaknya suatu objek tanpa perlu melakukan kontak langsung. Cara kerja sensor ini didasarkan pada kemampuan mendeteksi benda di sekitarnya melalui gelombang cahaya inframerah Komponen utama sensor terdiri dari pemancar dan penerima sinyal inframerah. LED inframerah (sebagai pemancar) mengirimkan sinyal ke arah fotodiode (sebagai penerima), yang kemudian mengubah sinyal tersebut menjadi tegangan listrik. (Hutama et al., 2019) dalam sistemnya penerapan pada pengukuran kecepatan motor maka digunakan stikers infrared pada rotor motor dan akan mendeteksi sesuai dengan logika pada mikrokontroler.

1.3. Sensor PZEM004Tv30

Sensor PZEM004Tv30 merupakan modul yang digunakan untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, dan daya. Sensor ini dilengkapi dengan memori internal (on-board memory) yang memungkinkan penyimpanan data energi (kWh) secara langsung di dalam modul. Berdasarkan hasil pengujian, saat dibandingkan dengan alat ukur standar, sensor ini menunjukkan tingkat penyimpangan sebesar 0,34% untuk tegangan, 0,43% untuk arus, dan 0,8% untuk daya aktif. (Artha Lesmana et al., 2023)(Anwar et al., 2019)

1.4. Scada Haiwell dan Modbus RTU

Dalam sistem monitoring kecepatan dan torsi motor tiga fasa, Arduino Uno difungsikan sebagai Modbus RTU slave, yang terhubung ke SCADA Haiwell sebagai master melalui saluran fisik RS-485. Arduino mengumpulkan data dari sensor (Kecepatan: encoder/tachometer; Torsi: strain

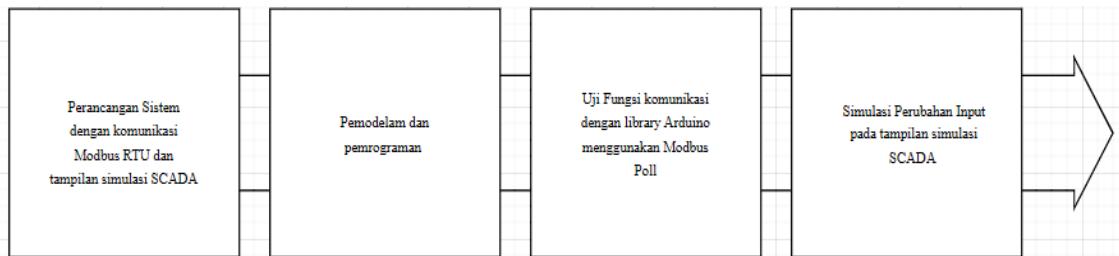
gauge/load cell), kemudian mengemas data ini ke dalam holding register Modbus. Komunikasi RS-485 menggunakan modul seperti MAX485 memungkinkan jarak transmisi yang jauh dan tahan gangguan. SCADA Haiwell melakukan polling data secara berkala melalui Modbus RTU, membaca register-register Arduino, dan menampilkannya dalam bentuk grafik, nilai numerik, serta alarm apabila terjadi parameter abnormal seperti torsi berlebih atau RPM di luar rentang aman. Selain itu, dokumentasi resmi Haiwell juga mencakup petunjuk pemetaan register, pengaturan alamat slave (1–247), baud rate hingga 115200, format data (N,8,2 RTU), dan pengatur interval polling untuk menghindari gangguan komunikasi (Darrylivan et al., 2024) (Nor, 2024). Protokol MODBUS RTU umumnya digunakan dalam Sistem Manajemen Bangunan (BMS) dan Sistem Otomasi Industri (IAS). Penerapan yang luas ini sebagian besar disebabkan oleh kemudahan penggunaan MODBUS RTU. (Herath et al., 2020)

1.5. Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) digunakan untuk membuat, mengunggah, dan memantau program pada papan mikrokontroler Arduino. Aplikasi ini memiliki antarmuka yang sederhana dan mendukung bahasa pemrograman berbasis C/C++, serta dilengkapi dengan berbagai fitur seperti serial monitor, kemampuan unggah program melalui koneksi USB, dan dukungan terhadap berbagai library eksternal yang mempermudah pengembangan sistem berbasis Arduino (Arduino, 2024) (Rohman et al., 2021) (Samsugi et al., 2020)

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode rekayasa atau engineering design, yang bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji sistem monitoring kecepatan dan torsi motor 3 fasa secara real-time.



Gambar 1. Alur Penelitian

Berdasarkan diagram alir pada gambar, proses penelitian atau pengembangan sistem monitoring dengan komunikasi Modbus RTU dan visualisasi SCADA terdiri dari empat tahapan utama. Tahap pertama adalah perancangan sistem, yang mencakup penentuan kebutuhan perangkat keras dan lunak, serta skema komunikasi antara Arduino sebagai slave dan aplikasi SCADA sebagai master, dengan menggunakan protokol Modbus RTU. Tahap kedua adalah pemodelan dan pemrograman, di mana dilakukan pembuatan model sistem secara logis serta pengkodean program Arduino untuk membaca data sensor (seperti RPM dan torsi) dan menyiapkannya untuk dikirim melalui Modbus.

2.1. Perhitungan konfersi PULSE pada Sensor FC-05

Sensor IR FC-05 menghasilkan pulsa (LOW) setiap kali benda reflektif lewat di depannya. Maka, jika ada 1 pulsa tiap 1 putaran, maka kita bisa hitung RPM dengan

$$n = \frac{60 \times 10^6}{\text{Waktu antara dua pulsa } \mu\text{s}} \quad (1)$$

Dimana;

n : Rpm

μs : Waktu antara dua pulsa berturut-turut yang diterima dari sensor IR, dalam satuan mikrodetik (μs). Nilai ini diukur menggunakan fungsi `micros()` di Arduino.

2.2. Perhitungan program rumus Torsi

Rumus torsi yang menggunakan konstanta 9,55 merupakan bentuk penyederhanaan dari rumus torsi mekanik yang berasal dari hubungan daya dan kecepatan putar

$$T = \frac{9.55 \times P}{n} \quad (2)$$

Dimana

T = Nm

P = daya kW

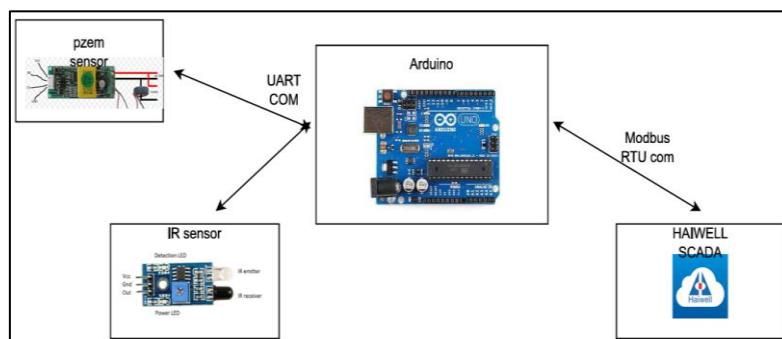
n = putaran per menit (Rpm)

9.55 = konstanta berasal dari $\frac{60}{2\pi} \times 100$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensor IR FC-05 digunakan untuk mendeteksi jumlah putaran motor per menit dengan memanfaatkan pantulan cahaya dari objek reflektif yang melewati sensor, sedangkan sensor PZEM-004T digunakan untuk membaca nilai daya listrik (watt) yang dikonsumsi oleh beban. Kedua data ini kemudian diolah di dalam Arduino untuk menghitung nilai torsi mekanik berdasarkan hubungan antara daya dan kecepatan putaran dengan mengetesnya menggunakan pembacaan modbuspoll. Perhitungan torsi dilakukan menggunakan rumus nomor 2 di mana P adalah daya dalam satuan kilowatt (kW), dan (n) adalah kecepatan putaran dalam satuan RPM. Nilai konversi 9550 merupakan hasil dari penyederhanaan yang memungkinkan perhitungan torsi dalam satuan Newton-meter (Nm) secara lebih praktis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca dan menampilkan nilai RPM dan daya secara real-time melalui antarmuka SCADA Haiwell, serta menghitung nilai torsi dengan akurat. Misalnya, ketika sensor PZEM membaca daya sebesar 50 watt dan sensor IR mencatat kecepatan 1000 RPM, maka diperoleh nilai torsi sebesar 0,48 Nm. Demikian pula, pada pembacaan daya sebesar 80 watt dan kecepatan 1500 RPM, torsi yang dihitung adalah sekitar 0,51 Nm.

3.1. Sistem Schematic Arduino -Uno



Gambar 2. Schematic Arduino Uno

Gambar tersebut merupakan diagram sistem monitoring kecepatan dan daya listrik berbasis Arduino Uno yang terintegrasi dengan SCADA Haiwell melalui protokol komunikasi Modbus RTU. Pada diagram:

PZEM Sensor terhubung ke Arduino menggunakan antarmuka UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), yaitu pada pin 11 (RX) dan 10 (TX) melalui SoftwareSerial, agar tidak mengganggu komunikasi serial utama (USB). Modul PZEM bertugas membaca parameter kelistrikan dari beban atau motor 1 fasa.

IR Sensor digunakan untuk mendeteksi putaran objek berdasarkan pantulan sinyal infra merah. Sensor ini terhubung ke pin digital 2 pada Arduino. Setiap kali IR sensor mendeteksi pantulan, Arduino menghitung jumlah pulsa dalam waktu tertentu untuk menentukan RPM (revolutions per minute).

Arduino kemudian mengolah data dari kedua sensor dan mengirimkannya ke sistem SCADA Haiwell menggunakan komunikasi Modbus RTU, melalui usb serial. SCADA Haiwell digunakan untuk memantau data secara real-time seperti tegangan, arus, daya, energi, dan kecepatan putaran.

Tabel 1. Data di Arduino Uno

NO	PIN Digital input	Name	PIN
1	Sensor PIN FC-05	Sensor Rpm	2
2	Sensor PZEM004Tv30	Sensor tegangan	10 & 11

Tabel di atas merupakan data dimana pin I/O arduino-uno digunakan untuk mengambil data dari kecepatan putaran motor dengan menggunakan PIN 2 dengan tipe (Digital) kemudian sensor PZEM ini menggunakan 2 pin yaitu 10 & 11 yang merupakan pin (Digital) dengan sistem RX untuk PIN 10 dan TX untuk PIN 11.

3.2. Uji Komunikasi Modbus RTU

Hasil pemantauan komunikasi data menggunakan protokol Modbus RTU antara perangkat master dan slave, yang ditampilkan melalui jendela *Communication Traffic* pada software monitoring seperti Modbus Poll atau ModScan. Bawa perangkat master mengirimkan permintaan pembacaan data ke slave dengan alamat ID 02, menggunakan fungsi Modbus 03 (Read Holding Registers), dengan permintaan pembacaan dua register dimulai dari alamat 0003 (hex). Contoh paket yang dikirim master adalah 02 03 00 03 00 02 34 38, di mana angka 34 38 adalah CRC.

3.3. Code dan library arduino uno

Struktur komunikasi dalam library ini didasarkan pada objek modbus_t, yaitu struktur data yang mendefinisikan ID perangkat tujuan (slave), fungsi Modbus yang digunakan (seperti membaca register atau menulis coil), alamat register yang ingin diakses, serta pointer ke buffer data. Library ini mendukung berbagai function code penting dalam Modbus, termasuk fungsi 1 (Read Coils), 3 (Read Holding Registers), 4 (Read Input Registers), 5 (Write Single Coil), hingga 16 (Write Multiple Registers). Proses komunikasi dikendalikan melalui metode seperti query() dan poll() untuk mode Master, serta poll(regs, size) untuk mode Slave. Seluruh data komunikasi disimpan dalam buffer internal (au8Buffer) dan divalidasi menggunakan fungsi CRC sesuai standar Modbus RTU. Berdasarkan komunikasi didapatkan register address pada arduino sebagai berikut

Tabel 2. Data addres Arduino Uno

NO	Register Address	Name	Type data
1	0001 (4X01)	Rpm	Integer
2	0002 (4X02)	Torq	Integer

Berdasarkan tabel di atas, dalam sistem komunikasi Modbus RTU, data kecepatan putaran (RPM) dan torsi motor disimpan dalam jenis register yang disebut Holding Register. Holding Register merupakan register 16-bit yang dapat dibaca dan ditulis, dan sering digunakan untuk menyimpan

data analog seperti arus, tegangan, kecepatan, dan torsi. Karena nilai RPM dan torsi biasanya berbentuk angka pecahan atau bilangan dengan presisi tinggi (floating-point), maka diperlukan dua buah register 16-bit untuk membentuk satu nilai 32-bit. Oleh karena itu, pembacaan nilai RPM dan torsi dilakukan secara berpasangan: register 1 untuk RPM, dan register 2 torsi.

4. KESIMPULAN

Sistem monitoring kecepatan putaran dan torsi yang dikembangkan menggunakan sensor IR FC-05 dan sensor daya PZEM-004T berhasil bekerja dengan baik. Sensor IR mampu mendeteksi putaran motor secara real-time, sementara sensor PZEM membaca besaran daya listrik yang digunakan. Data dari kedua sensor ini kemudian diproses oleh Arduino UNO dan ditampilkan pada SCADA Haiwell melalui komunikasi Modbus RTU. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan informasi yang akurat dan responsif mengenai kondisi operasional motor, seperti perubahan kecepatan dan beban kerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih karena penelitian ini berhasil diaksanakan berkat dukungan serta support dari pihak Kampus Politeknik Negeri Manado yang sudah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adolph, R. (2016). *済無No Title No Title No Title*. 7(3), 1–23.
- Anwar, S., Artono, T., & Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang, J. (2019). Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1), 1–5
- Artha Lesmana, D. D., Arsa Suyadnya, I. M., & Shandyasa, I. W. (2023). Rancang Bangun Perangkat Keras Sistem Smart Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis Internet of Things Guna Mendukung Implementasi Smart City. *Jurnal SPEKTRUM*, 10(3), 21. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2023.v10.i03.p3>
- Darrylivan, R., Hadisyah, P., Sutrisno, I., & Endrasmono, J. (2024). *Komunikasi PLC LE3U dan Haiwell HMI D4-W Menggunakan Modbus Serial RS-485*. 11(September).
- Herath, H. M. K. K. M. B., Ariyathunge, S. V. A. S. H., & Priyankara, H. D. N. S. (2020). Development of a Data Acquisition and Monitoring System Based on MODBUS RTU Communication Protocol. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(6), 433–440. <https://doi.org/10.38124/ijisrt20jun479>
- Hutama, D. A., Mardhotillah, M. I., & Supomo. (2019). Sistem pemantauan level cairan infus pada pasien rawat inap di rumah sakit menggunakan sensoe infrared FC51. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 4, 272–277. <http://full-parts.com/arduino-uno-r3.html>
- Ikhsan, A. F., Irman, N., & Priatna Wandi, A. (2019). Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Motor Induksi 3 fasa Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno di PDAM Garut. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Teknik Elektro Telekomunikasi Indonesia*, 10(1), 17–24. <https://journal.uniga.ac.id/index.php/JPPB/article/view/958>
- Mahendra, T., Daffa, M. F., Primaandika, W., & Dwiyaniti, M. (2021). Aplikasi Scada Pada Sistem Pengendalian Dan Pemantauan Kecepatan Motor. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 6(2), 194–198. <http://prosiding-old.pnj.ac.id/index.php/snte/article/view/3108>
- Nor, S. (2024). Integrasi LabVIEW Dengan Arduino Melalui Modbus RTU Untuk Sistem

- Monitoring Dan Kontrol. *Electrician: Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 18(3), 299–307.
- Punuh, E. M. (2024). 22171-64661-1-Pb. *Rancang Bangun Sensor Parkir Kendaraan Roda Empat Berbasis Mikrokontroler Arduino Un*, 6(Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering), 18–24.
- Rohman, A. A. N., Hidayat, R., & Ramadhan, F. R. (2021). Pemrograman Mesin Smart Bartender Menggunakan Saftware Arduini IDE Berbasis Microcontroller ATmega2560. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 6, 14–21.
- Samsugi, S., Mardiyansyah, Z., & Nurkholis, A. (2020). Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 1(1), 17. <https://doi.org/10.33365/jtst.v1i1.719>
- Soetedjo, A., & Hendriarianti, E. (2023). Development of an IoT-Based SCADA System for Monitoring of Plant Leaf Temperature and Air and Soil Parameters. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(20). <https://doi.org/10.3390/app132011294>
- Sokop, S. J., Mamahit, D. J., Eng, M., & Sompie, S. R. U. A. (2016). Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(3), 13–23. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/11999>
- Syhari, A., & Bintoro, A. (2023). Monitoring dan Controling Daya Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor PZEM-004T. *Jurnal Energi Elektrik*, 12(1), 43. <https://doi.org/10.29103/jee.v12i1.9836>
- Wilutomo, R. M. M., & Yuwono, T. (2017). Rancang Bangun Memonitor Arus Dan Tegangan Serta Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Web Berbasis Arduino Due. *Gema Teknologi*, 19(3), 19. <https://doi.org/10.14710/gt.v19i>
