

Pemanfaatan pressure sensor sebagai pengatur tekanan pada mesin autoklaf untuk sterilisasi alat medis dan monitoring berbasis iot

Oleh:

Mohammad Saickoni

Agus Hayatal Falah

Teknik Elektro

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Agustus, 2025



Pendahuluan

Sterilisasi merupakan prosedur fundamental dalam dunia medis dan laboratorium yang bertujuan untuk memastikan seluruh peralatan bebas dari mikroorganisme patogen [1]. Salah satu metode sterilisasi yang paling efektif adalah menggunakan autoklaf, yaitu perangkat yang memanfaatkan uap bertekanan tinggi untuk membunuh bakteri, virus, dan spora secara menyeluruh. Namun, pada praktiknya, banyak autoklaf konvensional masih bergantung pada pengendalian tekanan manual, yang berisiko menimbulkan ketidaksesuaian antara tekanan dan suhu yang dibutuhkan[2][3].

Pengendalian tekanan yang tidak stabil tidak hanya berpengaruh pada efektivitas sterilisasi, tetapi juga meningkatkan risiko kegagalan proses dan potensi bahaya bagi pengguna [4]. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem otomatisasi yang mampu menjaga tekanan pada titik optimal secara presisi dan konsisten. Seiring dengan kemajuan teknologi industri, proses sterilisasi alat medis memerlukan sistem yang efisien dan akurat untuk menjamin kualitas serta keamanan pengguna [5].

Seiring dengan perkembangan teknologi Internet of Things (IoT), sistem monitoring jarak jauh kini menjadi lebih mudah diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk sistem autoklaf. Dengan menggabungkan sensor tekanan, mikrokontroler, dan koneksi IoT, proses sterilisasi dapat dipantau dengan jarak jauh dan real-time [6][4][7].

Pendahuluan

Penelitian ini mengusulkan sebuah sistem pengendali tekanan otomatis berbasis Arduino Uno dan sensor tekanan, yang dilengkapi dengan modul ESP8266 sebagai pengirim data ke platform cloud [8]. Sistem juga dilengkapi dengan sensor suhu MAX6675 untuk memastikan parameter sterilisasi terpenuhi, serta solenoid valve untuk membuang tekanan saat proses selesai [9]. Sensor tekanan merupakan perangkat yang berfungsi untuk mendeteksi atau mengukur besarnya tekanan pada suatu zat. Tekanan sendiri merupakan besaran fisika yang menggambarkan gaya yang bekerja pada suatu area tertentu. Secara matematis, tekanan dapat dinyatakan dengan rumus: $P = F/A$, di mana P adalah tekanan, F adalah gaya yang diberikan, dan A adalah luas permukaan tempat gaya tersebut bekerja. Satuan tekanan umumnya digunakan untuk menilai intensitas gaya dalam suatu fluida, baik cairan maupun gas. [10].

Akuisisi data suhu menggunakan termokopel tipe-K yang dipadukan dengan modul MAX6675 sebagai kompensasi *cold junction* menjadi pilihan yang layak bagi para peneliti karena harganya yang terjangkau serta mudah didapat di pasaran. Kombinasi antara termokopel tipe-K dan MAX6675 mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat, asalkan telah melalui proses kalibrasi sensor yang tepat[11].

Pendahuluan

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah pengembangan sistem sterilisasi cerdas yang tidak hanya mampu menjaga tekanan secara otomatis, tetapi juga memberikan kemampuan monitoring jarak jauh melalui dashboard IoT. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi sterilisasi, khususnya di lingkungan yang membutuhkan pengawasan ketat seperti rumah sakit dan laboratorium [1][12][13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengendali tekanan otomatis pada mesin autoklaf yang berbasis sensor tekanan digital dan mikrokontroler Arduino Uno, mengimplementasikan sistem monitoring tekanan dan suhu secara real-time melalui platform Internet of Things (IoT) menggunakan modul ESP8266, serta menganalisis kinerja sistem dalam menjaga kestabilan tekanan selama proses sterilisasi pada berbagai setelan tekanan yang telah ditentukan.

Rumusan Masalah

berdasarkan informasi sebelumnya terdapat beberapa rumusan masalah yang membutuhkan penelitian lebih lanjut, diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pengaturan tekanan otomatis pada mesin autoklaf menggunakan *pressure sensor* dan monitoring berbasis IoT?
2. Seberapa efektif sistem ini dalam menjaga stabilitas tekanan dan meningkatkan efisiensi proses sterilisasi?
3. Bagaimana sistem ini dapat diintegrasikan dengan teknologi IoT untuk pemantauan tekanan secara *real-time*?

Metode

Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori eksperimen terapan, yaitu dengan melakukan pengembangan dan pengujian sistem otomatisasi pengendalian tekanan pada mesin autoklaf [14]. Fokus utama penelitian adalah merancang dan mengimplementasikan sistem berbasis mikrokontroler dan sensor tekanan yang dikombinasikan dengan teknologi Internet of Things (IoT) untuk menjaga tekanan dan memantau proses sterilisasi secara real-time.

Alat Dan Bahan:

Perangkat keras dan lunak yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini meliputi:

Perangkat keras

- Arduino Uno
- ESP8266 WiFi Module
- Pressure Sensor
- Sensor Suhu MAX6675
- Solenoid Valve
- LCD I2C 16x2
- Heater
- Relay
- Power Supply 12V
- Kabel jumper dan konektor

Perangkat lunak

- Arduino ide
- Arduino cloud

Metode

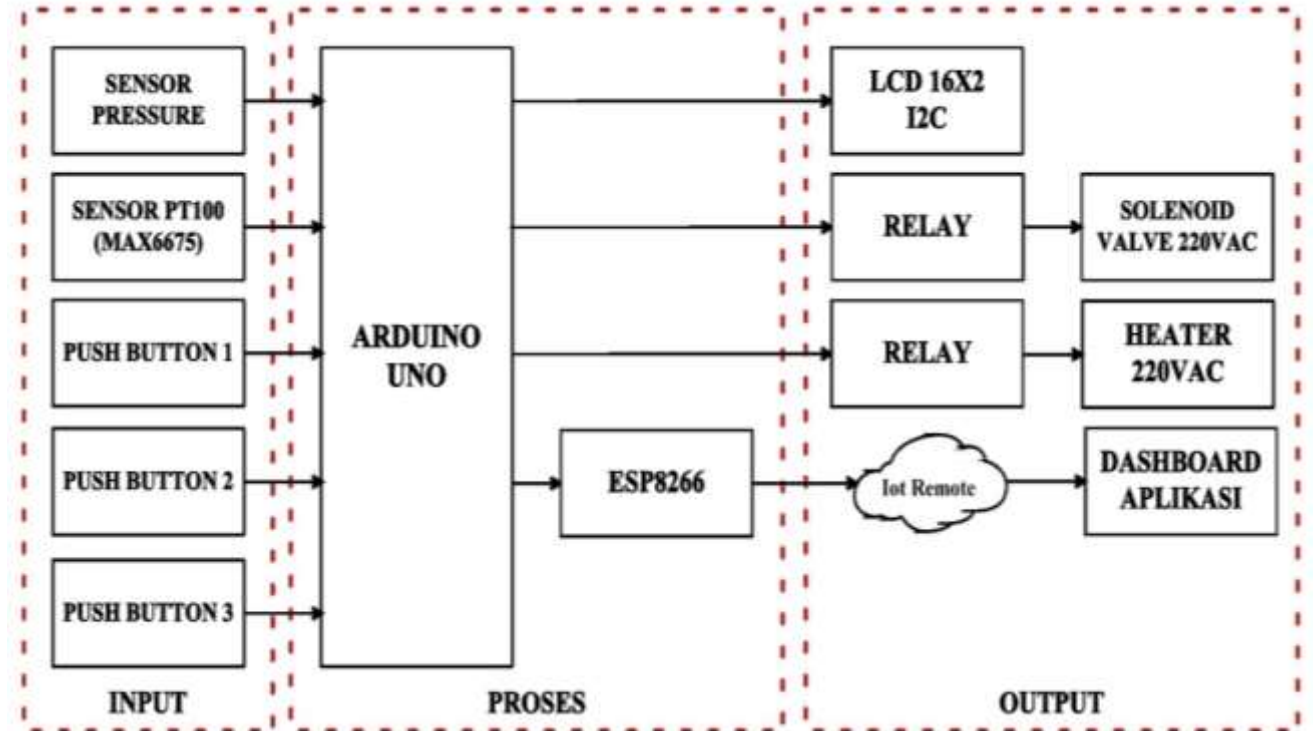
Perancangan Sistem

Perancangan alat merupakan proses pembuatan alat dari rangkaian elektronik dan mekanik guna mendukung sistem yang akan dibuat [15]. Sistem dirancang untuk mengatur tekanan dalam autoklaf secara otomatis berdasarkan input dari sensor tekanan. Pada bagian ini akan di jelaskan cara kerja sistem dan perancangan sistem. Mikrokontroler akan membaca tekanan secara berkala dan mengontrol kerja heater serta solenoid valve [16]. Selain itu, sistem juga mengirimkan data suhu dan tekanan ke Arduino Cloud agar pengguna dapat memantau proses dari jarak jauh.

Metode

Komponen utama saling terhubung dengan konfigurasi sebagai berikut:

- Sensor tekanan mengukur tekanan dalam ruang autoklaf.
- Arduino Uno sebagai pusat kontrol logika.
- Heater menyala jika tekanan belum mencapai setpoint.
- Solenoid valve terbuka setelah proses selesai untuk membuang tekanan.
- Modul ESP8266 mengirimkan data ke cloud.



Gambar 1. blok diagram sistem

Metode

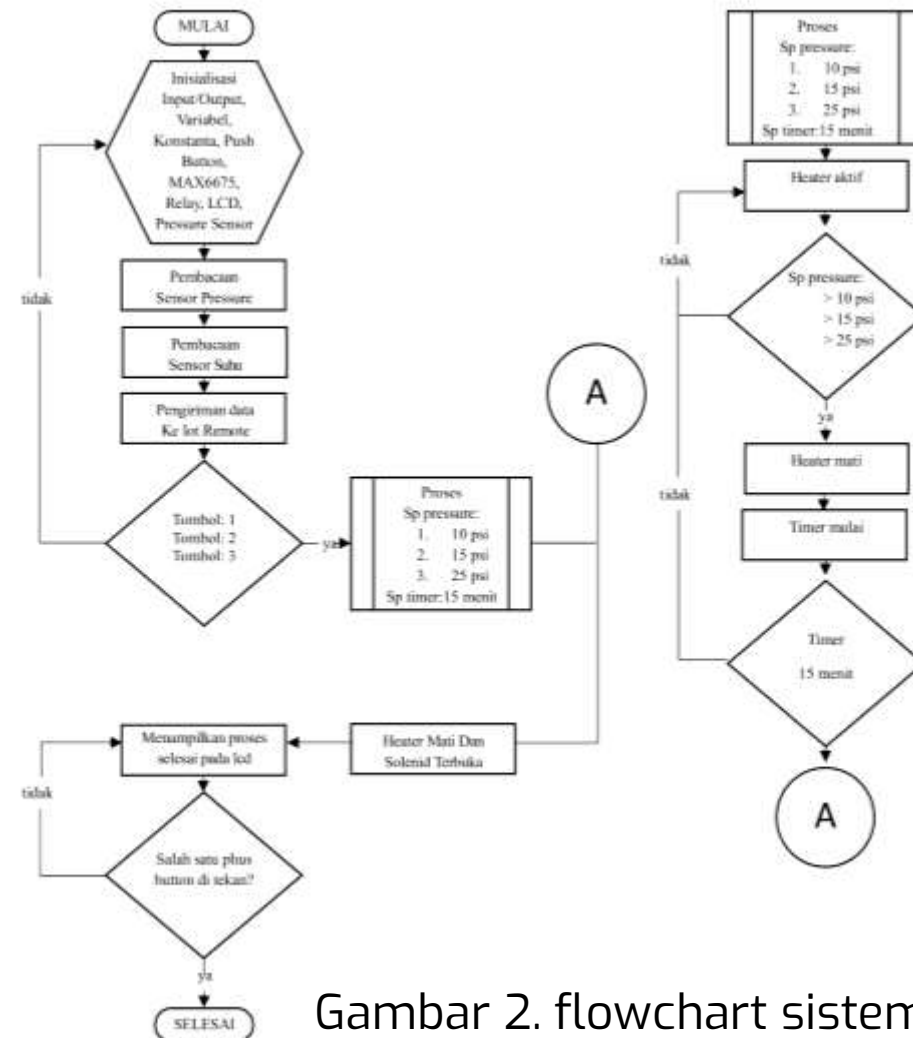
Flowchart sistem

Flowchart merupakan representasi grafis yang menunjukkan tahapan-tahapan serta urutan proses dalam sebuah program atau prosedur tertentu [17]. Flowchart sistem menggambarkan alur kerja sistem dari inisialisasi, pemilihan mode tekanan, proses sterilisasi, hingga penyelesaian proses.

Metode

Alur kerja sistem:

- Inisialisasi komponen (sensor, LCD, WiFi).
- Pembacaan push button untuk memilih mode tekanan (10, 15, atau 25 psi).
- Heater aktif hingga tekanan mencapai setpoint.
- Timer berjalan selama 15 menit setelah tekanan tercapai.
- Setelah waktu selesai, heater mati dan solenoid valve terbuka.
- Sistem menampilkan notifikasi "Proses Selesai" di LCD.

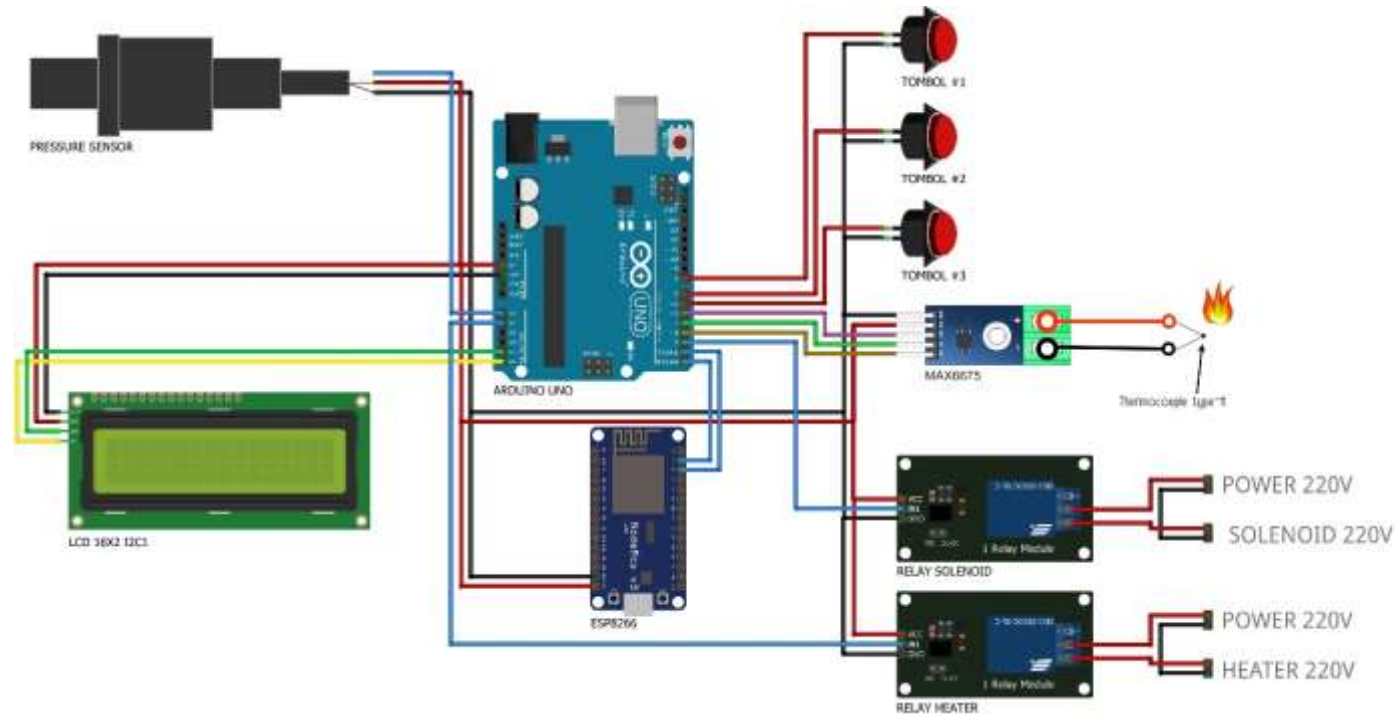


Gambar 2. flowchart sistem

Metode

Diagram Elektrikal

Diagram ini menunjukkan hubungan antara Arduino Uno, sensor tekanan, sensor suhu, solenoid valve, relay, heater, LCD, dan ESP8266.



Gambar 3. diagram elektrikal

Hasil

Hasil pengujian sistem

Pada bagian ini disajikan hasil pengujian sistem yang telah dirancang serta analisis terhadap kinerja sistem tersebut [18]. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa pressure sensor mampu membaca tekanan dengan akurat, sistem pengendali dapat mempertahankan tekanan sesuai setpoint, dan data tekanan serta suhu dapat dipantau secara real-time melalui platform IoT [19].



Sistem berhasil menjalankan tiga mode sterilisasi berdasarkan tekanan: 10 psi, 15 psi, dan 25 psi, masing-masing dengan durasi 15 menit. Sistem membaca tekanan secara berkala dan mengatur kondisi heater serta katup solenoid secara otomatis.

Gambar 4. mesin autoklaf

Hasil

Kalibrasi sensor tekanan

Kalibrasi dilakukan untuk mengkonversi nilai ADC dari sensor tekanan ke dalam satuan psi. Hasil kalibrasi menunjukkan hubungan linier antara nilai ADC dan tekanan aktual, dengan data sebagai berikut:

Tabel 1. pengambilan nilai ADC

no	Y(psi)	(X)ADC
1	0	160
2	15	550
3	25	780

Dari data tersebut, diperoleh persamaan regresi linier:

$$\text{Tekanan(psi)} = 0.0401 \cdot \text{ADC} - 6.60$$

Persamaan ini digunakan untuk mengubah data ADC menjadi nilai tekanan yang ditampilkan pada LCD dan aplikasi Arduino cloud.

Hasil

KINERJA SISTEM DALAM MENJAGA TEKANAN

Sistem diuji untuk mempertahankan tekanan pada titik setpoint secara stabil. Logika kerja sistem:










- Heater aktif ketika tekanan $<$ setpoint.
- Heater mati ketika tekanan \geq setpoint.
- Solenoid valve terbuka setelah waktu sterilisasi selesai.

Pengujian menunjukkan bahwa tekanan dapat dipertahankan pada kisaran yang diinginkan dengan fluktuasi kecil.

HASIL

Pengujian tekanan dan suhu

Tabel 2. tampilan lcd

no	Tekanan (psi)	Durasi (detik)	Suhu (°c)
1			
2			
3			

Hasil

Tabel 3. Pengambilan Data Tekanan Dan Suhu

No	Setpoint (psi)	Tekanan di lcd (psi)	Tekanan aktual (psi)	Suhu (°c)	Durasi (menit)
1	10	10.3-9.9	10	95-96	15
2	15	15.4-14.9	15	105-106	15
3	25	25.3-24.9	25	118-120	15





Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga tekanan dalam toleransi $\pm 0,5$ psi, yang masih dalam batas aman untuk sterilisasi efektif.

Hasil

Monitoring Berbasis Iot

Sistem berhasil mengirimkan data tekanan dan suhu secara real-time ke dashboard Arduino Cloud menggunakan ESP8266. Pengguna dapat memantau data melalui smartphone atau komputer secara langsung.

Tabel 4. pengambilan data dhasboard iot

No	Tekanan (psi)	Pressure Gauge	Dhasboard Iot
1	10		
2	15		

Hasil

3	25		
---	----	---	---

Fitur ini sangat bermanfaat terutama pada lingkungan rumah sakit atau laboratorium yang membutuhkan pengawasan jarak jauh dan cepat.

Pembahasan

Analisa Dan Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki keandalan dalam:

- Mengatur tekanan autoklaf secara otomatis dan presisi.
- Menyediakan pemantauan jarak jauh berbasis cloud secara real-time.
- Mengurangi intervensi manusia dalam proses sterilisasi.

Keakuratan sistem sangat dipengaruhi oleh hasil kalibrasi sensor, kestabilan tegangan suplai, dan koneksi internet untuk keperluan IoT. Inovasi ini menunjukkan potensi besar untuk diterapkan pada perangkat sterilisasi modern.

Pembahasan

Kelebihan Dan Keterbatasan sistem

Kelebihan:

- Otomatisasi penuh sistem pengatur tekanan.
- Monitoring real-time berbasis IoT.
- Tampilan data melalui LCD dan dashboard cloud.
- Tekanan dapat dibuang otomatis setelah proses selesai.

Keterbatasan:

- Bergantung pada koneksi Wi-Fi yang stabil.
- Belum mencakup pengeringan dan pendinginan pasca-sterilisasi.
- Sensor tekanan perlu di kasih pendingin supaya pembacaan tidak eror.

Temuan Penting Penelitian

1. **Sistem pengendali tekanan otomatis berhasil dikembangkan** menggunakan Arduino Uno, sensor tekanan digital, dan modul ESP8266, yang mampu mempertahankan tekanan autoklaf pada tiga setpoint (10, 15, dan 25 psi) dengan toleransi fluktuasi sekitar $\pm 0,5$ psi.
2. **Pemantauan tekanan dan suhu secara real-time berbasis IoT** berhasil diimplementasikan melalui Arduino Cloud, memungkinkan pengguna memantau proses dari jarak jauh menggunakan smartphone atau komputer.
3. **Kinerja sistem stabil dan responsif**, dengan pengaturan otomatis aktuator (heater dan solenoid valve) sesuai perubahan tekanan, sehingga meminimalkan intervensi manusia.
4. **Hasil kalibrasi sensor tekanan menunjukkan hubungan linear** antara nilai ADC dan tekanan aktual, menghasilkan akurasi tinggi dalam pembacaan tekanan.
5. **Sistem meningkatkan efisiensi, keamanan, dan akurasi sterilisasi**, serta berpotensi diimplementasikan di fasilitas medis dan laboratorium.
6. **Keterbatasan sistem** meliputi ketergantungan pada koneksi Wi-Fi yang stabil, belum adanya fitur pengeringan/pendinginan pasca-sterilisasi, dan perlunya pendingin sensor.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat berupa peningkatan efektivitas sterilisasi melalui kemampuan sistem dalam menjaga tekanan dan suhu secara stabil sesuai standar, sehingga kualitas sterilisasi alat medis lebih terjamin. Proses pengendalian yang otomatis mengurangi kebutuhan intervensi manual, meningkatkan efisiensi operasional, dan menghemat waktu serta tenaga operator. Sistem ini juga meningkatkan keamanan dengan pengaturan otomatis dan fitur pelepasan tekanan setelah proses selesai, meminimalkan risiko kecelakaan akibat kelalaian membuang sisa tekanan. Pemantauan tekanan dan suhu secara real-time melalui Arduino Cloud memungkinkan pengawasan jarak jauh menggunakan smartphone atau komputer, mendukung kebutuhan monitoring di rumah sakit maupun laboratorium.

Referensi

- [1] Z. Arifin and R. Thalib, "Rancang Bangun Autoclave Menggunakan Sensor Suhu Ds18B20 Dengan Kontrol Relay Berbasis Arduino," *J. Mutiara Elektromedik*, vol. 4, no. 1, pp. 18–22, 2020, doi: 10.51544/elektromedik.v4i1.329.
- [2] N. Saputera, Rif'at, Nurkamalia, Qamariah, and H. Roy, "Rancang Bangun Alat Sterilisasi Kesehatan Berbasis Smart Relay Zelio SR2 B121JD," *Politek. Negeri Banjarmasin*, vol. 5662, no. November, pp. 20–34, 2018.
- [3] N. Rahmita *et al.*, "Efektivitas Dan Proses Sterilisasi Uap Dalam Farmasi," *J. Ilmu Psikol. dan Kesehat.*, vol. 1, no. 4, pp. 209–212, 2025, [Online]. Available: <https://doi.org/10.54443/sikontan.v1i1.356>
- [4] S. Tinggi and I. Kesehatan, "Rancang Bangun Autoklaf Untuk Proses Sterilisasi Peralatan Medis Risky Ramadhani Algifahri Patrisius Kusi Olla Bayu Wahyud," vol. 1, no. 2, 2024.
- [5] M. Imron and A. I. Sudrajat, "Prototypeboiler Untuk Proses Pemanasan Sistem Uap Pada Industri Tahu Berbasis Arduinouno," *J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, p. 49, 2022, doi: 10.31000/jte.v6i1.7068.
- [6] Raka Maulana Putera, Ojo Kurdi, Agus Suprihanto, Susilo Adi Widyanto, and Yusuf Umardani, "Perancangan Sistem Monitoring Tekanan pada Fly Ash System Berbasis Internet Of Things," *Rotasi*, vol. 23, no. 4, pp. 35–43, 2021.
- [7] M. David Pratama, T. Otomasi, and P. TEDC Bandung, *Sistem Monitoring Pada Rancang Bangun Mesin.....Muhammad David Pratama*, vol. 18, no. 3. 2024.
- [8] S. K. Sawidin, M. D. Patabo, S. Tuwongkesong, A. P. Y. Waroh, T. M. Kereh, and J. J. Lapon, "Design and building of a room light control System based on iot arduino cloud," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 227–233, 2024, doi:10.37905/jjee.v6i2.26131.

Refrensi

- [9] M. Fadwah, "Desain Alat Uji Gaya Tekan Pada Solenoid Valve," *J. SINTEK*, vol. 6, no. 2, pp. 12–22, 2012.
- [10] B. Segara, C. Adeline, and F. Fauzi, "Makalah Pressure Sensor," no. 1610631160035, pp. 1–19, 2018.
- [11] R. Septiana, I. Roihan, J. Karnadi, and R. A. Koestoer, "Calibration of K-Type Thermocouple and MAX6675 Module With Reference DS18B20 Thermistor Based on Arduino DAQ," *Pros. SNTTM XVIII*, vol. 9, pp. 1–6, 2019.
- [12] A. M. Akbar, D. R. Ningtyas, and W. Wahyudi, "Rancang Bangun Kalibrator Autoclave Berbasis Iot (Internet Of Things) dengan Penyimpanan Data," *J. Heal. Technol. Public Heal.*, vol. 1, no. 2, pp. 63–77, 2024.
- [13] T. Hardono and K. Supriyadi, "Modifikasi Autoclave Berbasis Atmega328 (Suhu)," *Med. Tek. J. Tek. Elektromedik Indones.*, vol. 1, no. 2, 2020, doi: 10.18196/mt.010210.
- [14] H. Syahrizal and M. S. Jailani, "Jenis-Jenis Penelitian Dalam Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif," *J. QOSIM J. Pendidik. Sos. Hum.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–23, 2023, doi: 10.61104/jq.v1i1.49.
- [15] H. Prasetyo, T. K. Wijaya, and M. Alagusri, "PERANCANGAN PROTOTYPE KONTROL DAN MONITOR LEVEL AIR PADA MESIN BOILER BERBASIS IoT (Internet of Things)," *Sigma Tek.*, vol. 6, no. 2, pp. 377–388, 2023, doi: 10.33373/sigmateknika.v6i2.5572.
- [16] A. Zainal, Royb Fatkhur Rizal, and Fajar Yumono, "Prototype Kontrol Tekanan Air Menggunakan Sensor Pressure Transducer Untuk Kerja Pompa Air Berbasis Arduino," *J. Zetroem*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2023, doi: 10.36526/ztr.v5i1.2561.

Refrensi

- [17] A. Zalukhu, P. Swingly, and D. Darma, "Perangkat Lunak Aplikasi Pembelajaran Flowchart," *J. Teknol. Inf. dan Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 61–70, 2023, [Online]. Available: <https://ejurnal.istp.ac.id/index.php/jtii/article/view/351>
- [18] A. C. Re Gunadhi, A. Sudrajat, and K. R. Lestari, "Pengendalian Parameter Suhu Pada Mini Plant Boiler Dengan Menggunakan Pengendali PID," *J. Ilm. Giga*, vol. 21, no. 2, p. 69, 2019, doi: 10.47313/jig.v21i2.604.
- [19] D. Setiadi and M. N. Abdul Muhaemin, "PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IoT) PADA SISTEM MONITORING IRIGASI (SMART IRIGASI)," *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 3, no. 2, p. 95, 2018, doi: 10.32897/infotronik.2018.3.2.108.

