

RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI DINI KEBOCORAN PADA PROSES PENGISIAN BAHAN BAKAR PESAWAT UDARA BERBASIS SENSOR *FLOW RATE* DAN *MICROCONTROLLER*

¹Muhammad Agung Qasri Zain, ²Reo Yudhono

¹Jurusan Teknik Dirgantara

Sekolah Tinggi Teknologi

Kedirgantaraan

22022174@students.sttkd.ac.id

²Jurusan Teknik Dirgantara

Sekolah Tinggi Teknologi

Kedirgantaraan

reo.yudhono@sttkd.ac.id

Article history:

Received June 24, 2026

Revised July 01, 2026

Accepted July 07, 2026

Abstract

Leakage during aircraft refueling operations is one of the problems that can potentially cause material losses, environmental pollution, and fire hazards that may compromise aviation operational safety. This research focuses on the design and development of a prototype early leak detection system for aircraft refueling process simulation using flow rate sensors and an arduino uno microcontroller. The objective of this study is to develop a system capable of detecting flow rate differences and providing early warnings when leakage indications occur. The research employed the Research and Development (R&D) method, which consisted of the stages of system design, assembly, programming, and testing. The system applies a flow rate comparison principle between the inlet and outlet side using to YF-S201 flow rate sensors integrated with an arduino uno as the data processing unit. The processed data are displayed on a 16x2 LCD and accompanied by a buzzer warning whenever a leakage indication is detected. Testing was conducted using water as a simulation fluid under three scenarios, normal condition, minor leakage, and significant leakage. The result showed that the flow rate sensors achieved an average accuracy of 99.69% with an average error of 0.31%. The system was able to identify leakage with a flow difference of 0.5%-3.0% as minor leakage, indicated by intermittent warnings, while difference above 3.0% were classified as significant leakage, indicated by continuous warning. The system also implemented a 60 second validation mechanism to reduce the potential for false alarms caused by flow fluctuations during pump startup. Based on the results, the prototype successfully functioned as an early leak detection system and has the potential to improve safety in aircraft refueling operations.

Keywords : *Early Leak Detection, Flow Rate Sensor, Arduino Uno, Aircraft Refueling, Early Warning System.*

Pendahuluan

Pesawat terbang telah menjadi moda transportasi utama pilihan. Dalam konteks pengisian bahan bakar pesawat, menjaga integritas saluran dan mencegah kebocoran adalah prioritas utama untuk menghindari risiko kecelakaan yang fatal, seperti kebakaran [1]. Selain itu, sistem suplai bahan bakar, seperti *fuel filter system*, juga dirancang untuk menjaga kestabilan tekanan aliran bahan bakar agar pasokan tidak terganggu, yang secara langsung berkontribusi pada keselamatan penerbangan [2]. Meskipun demikian, risiko kebocoran, baik akibat kegagalan sistem maupun faktor operasional, selalu ada. Deteksi kebocoran pada fase pengisian menjadi sangat penting karena dapat meminimalkan kerugian material sekaligus mencegah potensi bahaya ledakan dan polusi lingkungan [3]. Kebutuhan akan sistem yang mampu memberikan pemantauan *real-time* dan peringatan dini terhadap anomali aliran bahan bakar adalah tantangan yang harus dijawab oleh inovasi teknologi [4].

Pengembangan sistem pengawasan modern secara umum banyak memanfaatkan teknologi sensor dan mikrokontroler untuk meningkatkan akurasi dan respons. Dalam konteks pengukuran aliran cairan, penelitian telah menunjukkan bahwa sensor flow rate dapat diandalkan untuk menghitung volume dan laju aliran dengan tingkat akurasi yang tinggi [5]. Data yang ditangkap oleh sensor ini kemudian memerlukan pemrosesan. Dalam banyak penelitian, mikrokontroler sering dipilih sebagai pusat pemroses data karena sifatnya yang *open source*, kemudahan pemrograman, dan kemampuannya mengubah keluaran sensor menjadi informasi yang diinginkan, yang kemudian ditampilkan melalui buzzer [1][5]. Kebocoran pada sistem perpipaan merupakan permasalahan yang mendapat perhatian besar. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah perbandingan debit aliran masuk dan aliran keluar pada sistem perpipaan untuk mengidentifikasi lokasi serta tingkat kebocoran [6]. Penelitian ini mengadopsi pendekatan tersebut untuk merancang sebuah *prototype* sistem deteksi dini

kebocoran pada proses pengisian bahan bakar [7]. Sensor *flow rate* YF-S201 yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi teknis yang mendukung pengukuran aliran fluida secara akurat [8]

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi dini kebocoran menggunakan sensor *flow rate* sebagai pendeteksi utama aliran bahan bakar dan mikrokontroler sebagai pusat pemroses data dan pengontrol peringatan [9]. Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis dan menguji fungsi serta keakuratan kinerja sensor *flow rate* dalam mendeteksi anomali aliran, serta menguji fungsionalitas dan keandalan sistem secara keseluruhan dalam memproses data dari sensor dan memberikan peringatan dini terhadap kebocoran secara cepat dan *real-time* [10]. Dengan fokus pada aspek rancang bangun ini, sistem yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan solusi proaktif yang mampu bekerja secara cepat dan akurat dalam meningkatkan standar keselamatan operasional serta efisiensi dalam seluruh proses penanganan bahan bakar pesawat udara [11]. Keberhasilan implementasi sistem serupa pada industri lain telah menunjukkan potensi besar untuk diterapkan pada sektor penerbangan [12]. Selain itu, penggunaan komponen berbasis *open-source* seperti arduino uno memberikan keuntungan dari segi biaya dan fleksibilitas pengembangan [13]. Karakteristik fisik bahan bakar jet A-1 juga perlu dipertimbangkan dalam pengembangan sistem deteksi kebocoran [14].

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang berfokus pada pengembangan *prototype* sistem deteksi dini kebocoran [10]. Tahapan penelitian meliputi perancangan sistem, perakitan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, pengujian sensor, serta analisis data hasil pengujian. Seluruh kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan sistem kendali sekolah tinggi teknologi kedirgantaraan yogyakarta selama periode april hingga juni.

Sistem yang dikembangkan terdiri atas dua sensor *flow rate* YF-S201 dengan rentang pengukuran 1-30 L/menit yang dipasang pada sisi *inlet* dan *outlet*, arduino uno R3 sebagai unit pemroses data, LCD 16x2 12C sebagai media tampilan, buzzer 5V DC sebagai indikator peringatan, serta pompa DC mini 5-12 V sebagai penggerak aliran fluida, power supply 12V 20A sebagai sumber daya utama untuk mengoperasikan seluruh komponen sistem, resistor, dioda dan transistor sebagai komponen pendukung untuk melindungi rangkaian dari arus berlebih dan tegangan balik [1][5][11][12][15]. Berdasarkan *datasheet* resmi, sensor YF-S201 kompatibel dengan berbagai jenis cairan berviskositas rendah termasuk bahan bakar yang mudah terbakar [8]. Rangkaian perpipaan *prototype* meliputi tangki sumber, pompa DC, sensor *flow rate inlet*, katup simulasi kebocoran berfungsi mengalihkan sebagian aliran fluida dari jalur utama sehingga menghasilkan sebagian aliran fluida dari jalur utama sehingga menghasilkan perbedaan nilai laju aliran yang terukur pada kedua sensor [6]. Selisih laju aliran tersebut digunakan sebagai parameter utama dalam proses pemantauan dan deteksi kebocoran [9]. Aspek keselamatan sistem di area *hazardous* juga menjadi pertimbangan dalam perancangan *hardware* [16].

Media yang digunakan dalam pengujian adalah air bersih sebagai fluida simulasi pengganti bahan bakar avtur karena lebih aman, mudah dikendalikan, serta memadai untuk pengujian fungsional sistem *prototype* [3]. pengujian dilakukan dalam beberapa skenario, yaitu kondisi normal tanpa kebocoran, kondisi transien saat pompa pertama kali dinyalakan, simulasi kebocoran kecil dengan pembukaan katup yang menghasilkan selisih debit lebih dari 0,5%, dan simulasi kebocoran signifikan dengan pembukaan katup yang lebih besar sehingga menghasilkan selisih debit sebesar atau lebih dari 3% [6][9][17].

Kinerja sensor *flow rate* dievaluasi melalui perhitungan nilai *error* dan akurasi dengan membandingkan debit referensi terhadap debit hasil pembacaan sensor [5]. Nilai *error* dihitung menggunakan persamaan *error*, sedangkan nilai akurasi diperoleh dari persamaan akurasi. Hasil

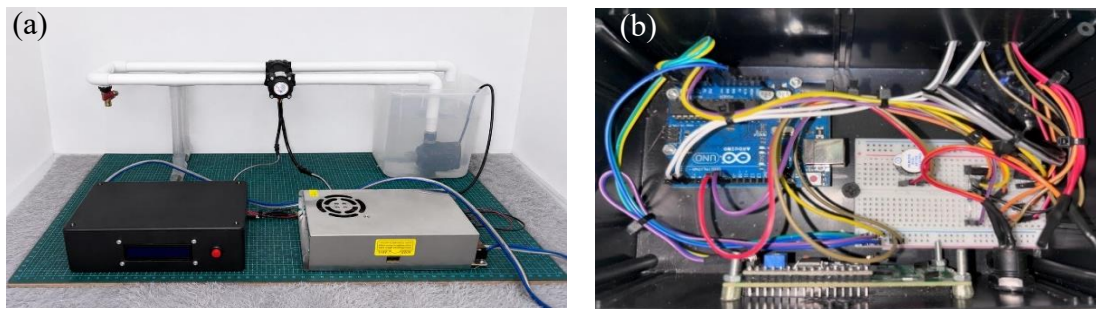
perhitungan tersebut digunakan untuk menilai tingkat ketelitian sensor dalam mendukung proses deteksi kebocoran pada sistem yang dikembangkan [14].

Hasil dan Pembahasan

Hasil Perancangan Prototype sistem

Penelitian ini menghasilkan sebuah *prototype* sistem deteksi dini kebocoran pada proses pengisian bahan bakar pesawat udara berbasis Arduino uno dan sensor *flow rate* YF-S201. *Prototype* dirancang untuk melakukan pemantauan debit aliran fluida secara *real-time* melalui perbandingan nilai *flow rate* pada sisi *inlet* dan *outlet*. Sistem terdiri atas dua sensor *flow rate*, Arduino uno R3 sebagai unit pemroses data, LCD 16x2 12C sebagai media tampilan, buzzer sebagai indikator alarm, pompa mini DC sebagai sumber aliran, serta rangkaian perpipaan yang digunakan sebagai media simulasi kebocoran.

Pada penelitian ini digunakan air sebagai media pengujian untuk menggantikan bahan bakar avtur. Penggunaan air dilakukan karena lebih aman digunakan pada tahap pengembangan dan pengujian laboratorium. *Prototype* yang telah dirancang mampu melakukan monitoring debit aliran, menampilkan data hasil pembacaan sensor, serta memberikan peringatan dini apabila terdeteksi adanya perbedaan debit yang mengindikasikan kebocoran.



Gambar 1. (a) *Prototype* Sistem Deteksi Dini Kebocoran (b) Rangkaian *Hardware* Sistem

Hasil Perancangan *Hardware*

Perancangan perangkat keras dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh komponen elektronik dan mekanik kedalam satu sistem yang saling terhubung. Arduino uno digunakan sebagai pusat pengendali untuk menerima data dari kedua sensor *flow rate* dan mengolahnya menjadi informasi debit aliran. Sensor *flow rate* pertama ditempatkan pada sisi *inlet* untuk mengukur debit aliran yang masuk ke sistem, sedangkan sensor kedua ditempatkan pada sisi *outlet* untuk mengukur debit aliran yang keluar dari sistem.

Selain sensor, sistem juga dilengkapi dengan LCD 16x2 12C untuk menampilkan nilai *flow rate* dan status sistem secara langsung. Buzzer digunakan sebagai indikator suara ketika terjadi kebocoran. Pompa mini DC berfungsi untuk mengalirkan fluida melalui sistem perpipaan sehingga proses simulasi dapat dilakukan sesuai kondisi yang diinginkan.

Hasil integrasi seluruh komponen menunjukkan bahwa perangkat keras mampu bekerja sesuai fungsi yang telah dirancang. Seluruh komponen dapat berkomunikasi dengan baik sehingga sistem dapat melanjutkan ke tahap pengujian.

Hasil Perancangan *Software*

Perangkat lunak sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C. Program yang dibuat bertugas membaca sinyal pulsa dari kedua sensor *flow rate*, menghitung debit aliran, menentukan selisih debit antara *inlet* dan *outlet*, serta mengendalikan LCD dan buzzer.

Program diawali dengan proses inisialisasi seluruh komponen yang digunakan. Setelah sistem aktif, Arduino melakukan pembacaan data sensor secara berulang dan menghitung nilai *flow rate* berdasarkan jumlah pulsa

yang diterima. Selanjutnya sistem membandingkan nilai debit pada kedua sensor untuk menentukan kondisi operasi.

```

sketch_may29a.ino
1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3  #include <math.h>
4
5  // ===== LCD =====
6  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
7
8  // ===== PIN =====
9  const byte flowPin1 = 2;
10 const byte flowPin2 = 3;
11 const byte buzzerPin = 8;
12
13 // ===== FLOW =====
14 volatile unsigned long pulseCount1 = 0;
15 volatile unsigned long pulseCount2 = 0;
16
17 float flowRate1 = 0.0;
18 float flowRate2 = 0.0;
19
20 unsigned long oldTime = 0;
21
22 // ===== KALIBRASI =====
23 float calibrationFactor1 = 6.2;
24 float calibrationFactor2 = 6.0;
25
26 // ===== FILTER FLOW =====
27 float flow1_f = 0.0;
28 float flow2_f = 0.0;

```

Gambar 2. Program Sistem pada Arduino IDE

Data hasil pembacaan ditampilkan pada LCD secara real time sehingga pengguna dapat memantau kondisi aliran secara langsung. Apabila sistem mendeteksi selisih debit yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan, buzzer akan aktif sebagai alarm peringatan dini.

Cara Kerja Sistem

Cara kerja sistem dimulai ketika pompa DC diaktifkan sehingga fluida mengalir melalui saluran perpipaan. Sensor *flow rate inlet* membaca debit aliran yang masuk ke sistem, sedangkan sensor *flow rate outlet* membaca debit aliran yang keluar dari sistem. Kedua data tersebut kemudian dikirim ke arduino uno untuk di proses.

Sistem menerapkan waktu validasi selama 60 detik setelah pompa diaktifkan untuk memberikan waktu stabilisasi aliran dan menghindari false alarm akibat fluktuasi awal. Setelah validasi berakhir, arduino mulai membandingkan nilai debit dari kedua sensor.

Apabila selisih debit berada dibawah toleransi, sistem akan menampilkan status normal dan buzzer tetap tidak aktif. Sebaliknya, apabila selisih debit melebihi batas yang telah ditentukan, sistem akan mengaktifkan buzzer sebagai peringatan adanya indikasi kebocoran. Semakin besar selisih debit yang terjadi, semakin tinggi tingkat kebocoran yang terdeteksi oleh sistem.

Hasil Pengujian Sistem

Pengujian Fluktuasi Awal Pompa

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon sistem ketika pompa pertama kali diaktifkan. Pada kondisi awal, aliran fluida belum stabil sehingga nilai pembacaan kedua sensor masih mengalami perubahan yang cukup signifikan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Fluktuasi Awal Pompa

No	Waktu (detik)	Flow Inlet	Flow outlet	Status Sistem
1	10	2.22	0.33	Normal
2	20	10.02	9.87	Normal
3	30	10.44	10.33	Normal
4	40	10.49	10.46	Normal
5	50	10.50	10.50	Normal

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *flow rate* kedua sensor mulai stabil setelah sistem beroperasi selama beberapa saat. Oleh karena itu diterapkan validasi selama 60 detik untuk menghindari terjadinya false alarm akibat kondisi transien.

Pengujian Kondisi Normal

Pengujian kondisi normal dilakukan tanpa adanya simulasi kebocoran. Seluruh aliran fluida mengalir melalui jalur utama sehingga debit *inlet* dan *outlet* memiliki nilai yang hampir sama.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kondisi Normal

No	Flow Inlet (L/min)	Flow Outlet (L/min)	Selisih (%)	Status Alarm
1	10.48	10.48	0.0	Normal
2	10.43	10.39	0.4	Normal
3	10.34	10.30	0.4	Normal
4	10.37	10.31	0.6	Warning
5	10.48	10.46	0.2	Normal

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mengenali kondisi normal dengan baik dan tidak mengaktifkan alarm.

Pengujian Kondisi Kecil (*Early Leak*)

Pengujian dilakukan dengan membuka katup kebocoran secara bertahap sehingga sebagian fluida keluar dari sistem.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kebocoran Kecil

No	Flow Inlet (L/min)	Flow Outlet (L/min)	Selisih (%)	Status Alarm
1	10.60	10.50	1.0	warning
2	10.58	10.43	1.4	warning
3	10.59	10.33	2.5	warning
4	10.59	10.47	1.1	warning
5	10.61	10.48	1,2	warning

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kebocoran kecil dan memberikan peringatan dini melalui buzzer.

Pengujian Kondisi Signifikan

Pengujian ini dilakukan dengan memperbesar bukaan katup simulasi sehingga menghasilkan kehilangan debit aliran yang lebih besar.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kebocoran Signifikan

No	Flow Inlet (L/min)	Flow Outlet (L/min)	Selisih (%)	Status Alarm
1	10.61	10.23	3.6	leak
2	10.59	10.26	3.1	leak
3	10.60	10.24	3.4	leak
4	10.57	10.15	3.9	leak
5	10.54	10.19	3.3	leak

Ketika selisih debit melebihi ambang batas 3%, sistem mengaktifkan buzzer secara kontinu sebagai alarm utama.

Pengujian Respon Buzzer

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian respon alarm terhadap kondisi yang terdeteksi.

Tabel 5. Hasil Pengujian Respon Buzzer

Kondisi Sistem	Selisih Debit	Respon Buzzer
Normal	< 0.5%	Tidak Aktif
Kebocoran kecil	0.5% - 3.0%	Bunyi Intermiten
Kebocoran Besar	> 3.0%	Bunyi Kontinu

Hasil pengujian menunjukkan bahwa buzzer mampu memberikan pola perhitungan yang berbeda sesuai tingkat kebocoran yang terjadi.

Pengujian Akurasi Sensor Flow Rate

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil pembacaan kedua sensor yang dipasang pada sisi *inlet* dan *outlet*. Pengujian ini dilakukan pada kondisi aliran normal tanpa adanya simulasi kebocoran sehingga aliran fluida mengalir melalui jalur utama sistem perpipaan. Perhitungan error dan akurasi sensor dilakukan menggunakan persamaan berikut

Tabel 6. Hasil Pengujian Akurasi Sensor

No	Debit Referensi (L/min)	Debit Sensor (L/min)	Error (%)	Akurasi (%)
1	10,48	10,48	0,00	100,00
2	10,43	10,39	0,38	99,62
3	10,34	10,3	0,39	99,61
4	10,37	10,31	0,58	99,42
5	10,48	10,46	0,19	99,81
Rata-rata	10,42	10,39	0,31	99,69

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh nilai *error* rata-rata sebesar 0,31% menunjukkan bahwa sensor *flow rate* YF-S201 mampu memberikan hasil pengukuran yang konsisten. *Error* yang masih muncul diduga berasal dari toleransi sensor, perubahan tekanan aliran, serta karakteristik mekanis rotor pada sensor. Meskipun demikian, nilai akurasi sebesar 99,69% menunjukkan bahwa sensor layak digunakan sebagai komponen utama dalam sistem deteksi dini kebocoran.

Pembahasan Sistem Secara Keseluruhan

berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem deteksi dini kebocoran berbasis arduino uno dan sensor *flow rate* YF-S201 mampu berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem dapat membandingkan debit aliran pada sisi *inlet* dan *outlet* secara *real-time* sehingga perbedaan debit yang terjadi dapat digunakan sebagai indikator adanya kebocoran. Pada kondisi normal, selisih debit yang terukur relatif kecil sehingga sistem tidak mengaktifkan alarm, sedangkan pada kondisi kebocoran kecil, selisih debit yang terbentuk berada pada rentang 0,5% hingga 3% sistem mampu memberikan peringatan melalui buzzer secara intermiten. Sementara itu, pada kondisi kebocoran signifikan selisih debit meningkat hingga lebih dari 3% sistem memberikan peringatan buzzer secara kontinu sebagai alarm utama. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode perbandingan debit aliran dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kebocoran berdasarkan besarnya kehilangan fluida yang terjadi pada sistem.

Penerapan waktu validasi selama 60 detik setelah pompa diaktifkan terbukti efektif untuk mengurangi false alarm yang disebabkan oleh fluktuasi aliran pada saat awal pengoperasian. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa semakin besar kebocoran yang disimulasikan, semakin besar pula selisih debit yang terukur antara sensor *inlet* dan *outlet*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa metode perbandingan debit dapat digunakan sebagai parameter untuk mendeteksi kehilangan fluida pada sistem perpipaan.

Berdasarkan pengujian akurasi, sensor *flow rate* YF-S201 memperoleh nilai akurasi rata rata sebesar 99,69% dengan *error* rata-rata 0,31%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sensor memiliki kemampuan pengukuran yang baik sehingga dapat digunakan sebagai komponen utama dalam sistem deteksi dini kebocoran. Secara keseluruhan, *prototype* yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu mampu memantau debit

aliran secara *real-time*, mendeteksi indikasi kebocoran berdasarkan selisih debit *inlet* dan *outlet*, serta memberikan peringatan dini secara otomatis melalui buzzer.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menghasilkan *prototype* sistem deteksi dini kebocoran pada simulasi proses pengisian bahan bakar pesawat udara berbasis Arduino Uno dan sensor *flow rate*. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan debit aliran pada sisi *inlet* dan *outlet* secara *real-time* serta mendeteksi adanya indikasi kebocoran melalui perbandingan nilai debit yang terukur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat membedakan kondisi aliran normal dengan kondisi kebocoran serta memberikan peringatan dini secara otomatis ketika terjadi perbedaan debit yang mengindikasikan kehilangan fluida. Selain itu, penerapan mekanisme validasi pada sistem mampu meningkatkan keandalan proses deteksi dengan mengurangi kemungkinan terjadinya alarm yang tidak sesuai akibat fluktuasi aliran pada awal pengoperasian. Secara keseluruhan, *prototype* yang dirancang telah memenuhi tujuan penelitian dan menunjukkan bahwa metode perbandingan debit aliran dapat digunakan sebagai pendekatan yang efektif untuk mendukung deteksi dini kebocoran pada sistem perpipaan.

Ucapan Terimakasih

Penulis memanjatkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan kemudahan yang diberikan sehingga penelitian dan penyusunan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta motivasi selama proses perkuliahan dan pelaksanaan penelitian.

Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada dosen pembimbing Program Studi S1 Teknik Dirgantara Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] O. Fagbohun, O. Obiyemi, and K. Moloi, "Development and design of a microcontroller-based gas weight and leakage detection system," *Arid Zo. J. Eng. Technol. Environ.*, vol. 18, no. June, pp. 197–208, 2022.
- [2] M. F. Qoyyuma, "Rancang bangun alat simulator fuel filter system pada pesawat terbang berbasis mikrokontroler," Universitas Sriwijaya, 2020.
- [3] S. El-zahab, "Leak detection in water distribution networks : an introductory overview," 2019.
- [4] P. Megantoro, D. A. Husnan, M. U. Sattar, A. Maselena, and O. Tanane, "Validation method for digital flow meter for fuel vendors," *J. Robot. Control*, vol. 1, no. 2, pp. 44–48, 2020, doi: 10.18196/jrc.1210.
- [5] Mardani, Yohandri, and Z. Kamus, "Pembuatan alat ukur debit air menggunakan sensor aliran berbasis mikrokontroler atmega328p," *Pillar Phys.*, vol. 8, pp. 105–112, 2016.
- [6] D. Hariyanto, G. A. Pauzi, and A. Supriyanto, "Deteksi letak kebocoran pipa berdasarkan analisis debit air menggunakan teknologi sensor flowmeter berbasis TCP / IP," pp. 25–30, 2017.
- [7] Y. Farhanesto, "Rancang bangun fuel quantity indicating menggunakan water flow sensor berbasis mikrokontroler atmega 328," Universitas Sriwijaya, 2019.
- [8] A. Electronics, "YF-S201 water flow sensor datasheet," 2018. [Online]. Available: <https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/YF-S201-datasheet.pdf>
- [9] T. Sundana, F. A. Johari, and F. Al Ariiq, "Prototype sistem monitoring kebocoran pipa distribusi air berbasis scada," vol. 3, no. 1, pp. 74–86, 2022.
- [10] I. Gunawan, H. Ahmadi, and M. R. Said, "Rancang bangun sistem monitoring dan pemberi pakan otomatis ayam anakan berbasis internet of things (IoT)," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 4, no. 2, pp. 151–162, 2021, doi: 10.29408/jit.v4i2.3562.
- [11] A. Alfian and V. Ramadhan, "Prototype detektor gas dan monitoring suhu berbasis brduino uno," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 9, pp. 61–69, Sep. 2022, doi: 10.30656/prosisko.v9i2.5380.

- [12] M. Hifni, A. N. Ahsan, and M. F. G. Romadon, "Rancang bangun pembatas penggunaan air dilingkungan perumahan berbasis mikrokontroler arduino," vol. 11, no. 1, pp. 10–25, 2023.
- [13] Ratnawati, A. Purbasari, and Y. Linasari, "Akumulasi listrik statis pada gelas plastik produksi mesin injection molding: pengaruh kelembaban udara, temperatur, dan bahan aditif," vol. 14, no. 4, pp. 305–313, 2013.
- [14] B. Gawron and T. Białeczki, "Impact of a Jet A-1/HEFA blend on the performance and emission characteristics of a miniature turbojet engine," *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 15, no. 7, pp. 1501–1508, 2018, doi: 10.1007/s13762-017-1528-3.
- [15] A. Armansyah, R. Harahap, and R. M. Zega, "Pembuatan alat control suhu air di dalam bak mandi berbasis arduino uno," *JET (Journal Electr. Technol.)*, vol. 8, no. 2, pp. 68–73, 2023, doi: 10.30743/jet.v8i2.7681.
- [16] IEC, "Explosive atmospheres," 2020.
- [17] T. H. Yusanto, J. Julian, F. Wahyuni, A. Winarta, and I. W. M. M. M. Managi, "Design and performance testing of a 3D printed mini DC powered pump for microbubble generator," *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.*, vol. 8, no. 4, pp. 598–604, 2023, doi: 10.12962/j25481479.v8i4.18826.