

Prototipe Sistem Peringatan Dini Kualitas Minyak Rem Pada Angkutan Barang Berbasis Arduino Uno

Prototype of Early Warning System for Brake Fluid Quality in Freight Transport Based on Arduino Uno

Jalu Lutfi Wijayatolah¹, Agus Mukhtar¹, Aan Burhanuddin¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas PGRI Semarang, Semarang 50232, Indonesia

*Corresponding author: lutfi.jalu@gmail.com

Diterima: 01-07-2025

Disetujui: 13-08-2025

Dipublikasikan: 20-08-2025

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem peringatan dini berbasis Arduino Uno untuk memantau kualitas minyak rem pada kendaraan angkutan barang. Sistem ini menggunakan sensor TDS untuk mendeteksi kadar air dalam minyak rem secara real-time, menampilkan hasil pada layar LCD 2004 IIC, serta memberikan peringatan visual dan audio apabila kualitas minyak rem berada di bawah ambang batas aman. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development dengan model Planning, Production, and Evaluation, serta divalidasi oleh ahli di bidang teknologi informasi, elektronika, dan pengujian kendaraan. Kinerja sistem dievaluasi melalui kalibrasi terhadap alat Habotest Brake Fluid Liquid Tester dan mencapai akurasi 100% pada berbagai sampel uji. Prototipe ini terbukti mudah dioperasikan, memberikan peringatan secara tepat, serta memiliki kelayakan tinggi untuk diintegrasikan pada armada kendaraan yang telah beroperasi tanpa memerlukan modifikasi besar. Inovasi ini diharapkan dapat mendorong budaya perawatan preventif dan meningkatkan keselamatan transportasi umum.

Kata Kunci: Arduino Uno, Minyak rem, Sistem peringatan dini, Sensor TDS.

Abstract

This research focuses on the development of an Arduino Uno-based early warning system to monitor brake fluid quality in freight vehicles. This system uses a TDS sensor to detect water content in brake fluid in real-time, displays the results on a 2004 IIC LCD screen, and provides visual and audio warnings if the brake fluid quality is below the safe threshold. This research employs the Research and Development method, utilizing a Planning, Production, and Evaluation model, and is validated by experts in the fields of information technology, electronics, and vehicle testing. System performance is evaluated through calibration against the Habotest Brake Fluid Liquid Tester and achieves 100% accuracy on various test samples. This prototype is proven to be easy to operate, provides accurate warnings, and has high feasibility for integration into existing vehicle fleets without requiring significant modifications. This innovation is expected to encourage a culture of preventive maintenance and improve public transportation safety.

Keywords: Arduino Uno, Brake fluid, Safety warning, TDS sensor.

1. Pendahuluan

Keselamatan transportasi menjadi isu global yang terus mendapat perhatian, terutama pada sektor transportasi publik yang melibatkan mobilitas massal masyarakat. Di berbagai negara berkembang, termasuk Indonesia, kecelakaan lalu lintas masih menempati peringkat atas sebagai penyebab kematian, dan salah satu penyumbang utamanya adalah kegagalan teknis

pada kendaraan. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) mencatat bahwa banyak kecelakaan disebabkan oleh malfungsi sistem pengereman, suatu aspek vital dalam keselamatan berkendara. Keselamatan penumpang pada angkutan umum merupakan prioritas utama dalam sistem transportasi. Salah satu komponen vital yang mendukung keselamatan adalah sistem pengereman. Pada kendaraan Mitsubishi, kualitas minyak rem harus selalu dijaga agar sistem pengereman dapat berfungsi optimal. Jika kualitas minyak rem menurun, dapat menyebabkan pengereman menjadi tidak efektif dan meningkatkan risiko kecelakaan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem peringatan dini (*safety warning*) yang mampu mendeteksi kualitas minyak rem secara nyata.

Di Indonesia, angkutan umum menjadi sarana utama transportasi masyarakat, baik di wilayah perkotaan maupun pedesaan. Namun, banyak dari kendaraan ini masih menggunakan sistem yang bersifat manual dan belum dilengkapi dengan perangkat peringatan dini terkait kondisi teknis kendaraan. Salah satu masalah yang sering terjadi adalah rem blong, yang dalam banyak kasus disebabkan oleh kualitas minyak rem yang menurun atau bahkan tidak layak pakai. Minyak rem merupakan komponen penting dalam sistem pengereman, dan sifatnya yang higroskopis membuatnya mudah menyerap uap air dari udara, sehingga kualitasnya cepat menurun seiring waktu. Sayangnya, kesadaran terhadap pentingnya pengecekan berkala terhadap kondisi minyak rem masih rendah, baik di kalangan pengemudi maupun operator angkutan umum. Sistem monitoring kualitas minyak rem secara nyata hampir belum diterapkan secara luas, padahal hal ini bisa menjadi langkah preventif terhadap kecelakaan.

Menurut laporan resmi Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), sebuah truk tronton dengan nomor polisi KT 8534 AJ mengalami kecelakaan beruntun di Simpang Rapak, Balikpapan, Kalimantan Timur. Investigasi menunjukkan bahwa kegagalan sistem pengereman menjadi penyebab utama kecelakaan. Hasil pengujian kondisi minyak rem (*brake fluid test*) menunjukkan kadar air sebesar 4%, yang melebihi batas aman dan berisiko tinggi menyebabkan pembentukan gelembung udara (*vapor lock*) dalam sistem rem. Kondisi ini dapat mengakibatkan rem tidak berfungsi secara optimal, terutama saat pengereman berat atau berulang. Selain itu, ditemukan bahwa tuas rem parker tidak berfungsi akibat putus sambungan ke tromol, yang memperparah kegagalan sistem pengereman. Kecelakaan ini menyoroti pentingnya perawatan rutin dan pemeriksaan kualitas minyak rem untuk mencegah kegagalan sistem pengereman.

Berdasarkan studi (Waruwu 2024), seiring perkembangan teknologi, penggunaan mikrokontroler seperti Arduino Uno memberikan peluang besar untuk menciptakan solusi pemantauan otomatis yang terjangkau dan praktis. Berdasarkan studi (Baruddin 2019), berbagai sensor dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi parameter penting seperti suhu dan resistivitas minyak rem, yang berkorelasi langsung dengan kualitasnya. Namun, hingga saat ini masih minim inovasi yang menghadirkan sistem prototipe peringatan dini yang sederhana, efektif, dan mudah diaplikasikan di kendaraan umum.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan prototipe sistem peringatan dini untuk memantau kualitas minyak rem pada angkutan barang berbasis Arduino Uno. Prototipe ini dirancang untuk mencegah kelalaian pengemudi dengan memberikan peringatan apabila kualitas minyak rem menurun hingga melewati ambang batas aman. Penelitian juga bertujuan mengetahui cara kerja sistem yang telah dibuat serta mengevaluasi hasil uji coba, kalibrasi, dan validasi prototipe. Dengan memanfaatkan Arduino Uno sebagai pusat kendali, sistem ini mampu memonitor kondisi minyak rem dan memberikan notifikasi melalui buzzer, indikator LED, serta tampilan informasi pada layar LCD.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini dilaksanakan di Gedung Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kab Batang, Jl. Jalan Raya, Kaliongkek,

Kandeman, Batang Regency, Central Java 51261. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan kombinasi observasi, dokumentasi, dan kuesioner validasi dari para ahli. Observasi dilakukan selama proses uji coba alat untuk mencatat hasil pembacaan sensor TDS terhadap berbagai sampel minyak rem. Analisis data dilakukan dengan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk mengevaluasi hasil uji coba alat dan tingkat kelayakan berdasarkan penilaian ahli (Prihantono 2023), nilai sensor TDS dikonversi ke dalam persentase kadar air lalu dibandingkan dengan hasil alat standar untuk menghitung tingkat error dan keakuratan sensor. Persamaan regresi linear digunakan sebagai dasar konversi nilai TDS ke dalam satuan persen, serta menjadi parameter dalam kalibrasi sistem. Data validasi dari para ahli dianalisis menggunakan skala penilaian dan dikategorikan berdasarkan kriteria penilaian dari faktor kualitas McCall's. Berdasarkan studi (Ernawati 2017), penilaian ini mencakup lima aspek: *correctness*, *reliability*, *efficiency*, *integrity*, dan *usability*, yang masing-masing diberi bobot skor. Berdasarkan studi (Mindasari, As'ad, and Meilantika 2022), hasil penilaian dijumlahkan dan dikonversi ke dalam persentase kelayakan dengan menggunakan rumus persentase kelayakan menurut Arikunto. Hasil akhir dari analisis ini menentukan apakah prototipe telah memenuhi standar teknis dan fungsional yang diperlukan. Proses analisis dilakukan secara cermat agar keputusan tentang kelayakan alat dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Populasi dalam penelitian ini meliputi seluruh sistem monitoring kualitas minyak rem pada kendaraan umum yang berpotensi dikembangkan. Adapun sampel yang digunakan adalah minyak rem dengan berbagai tingkat kualitas (baru hingga terkontaminasi air) dan angkutan umum tipe Mitsubishi FE74. Pengujian dilakukan agar terlihat bagaimana performa alat itu dalam penggunaan nyata, bukan hanya di laboratorium atau simulasi

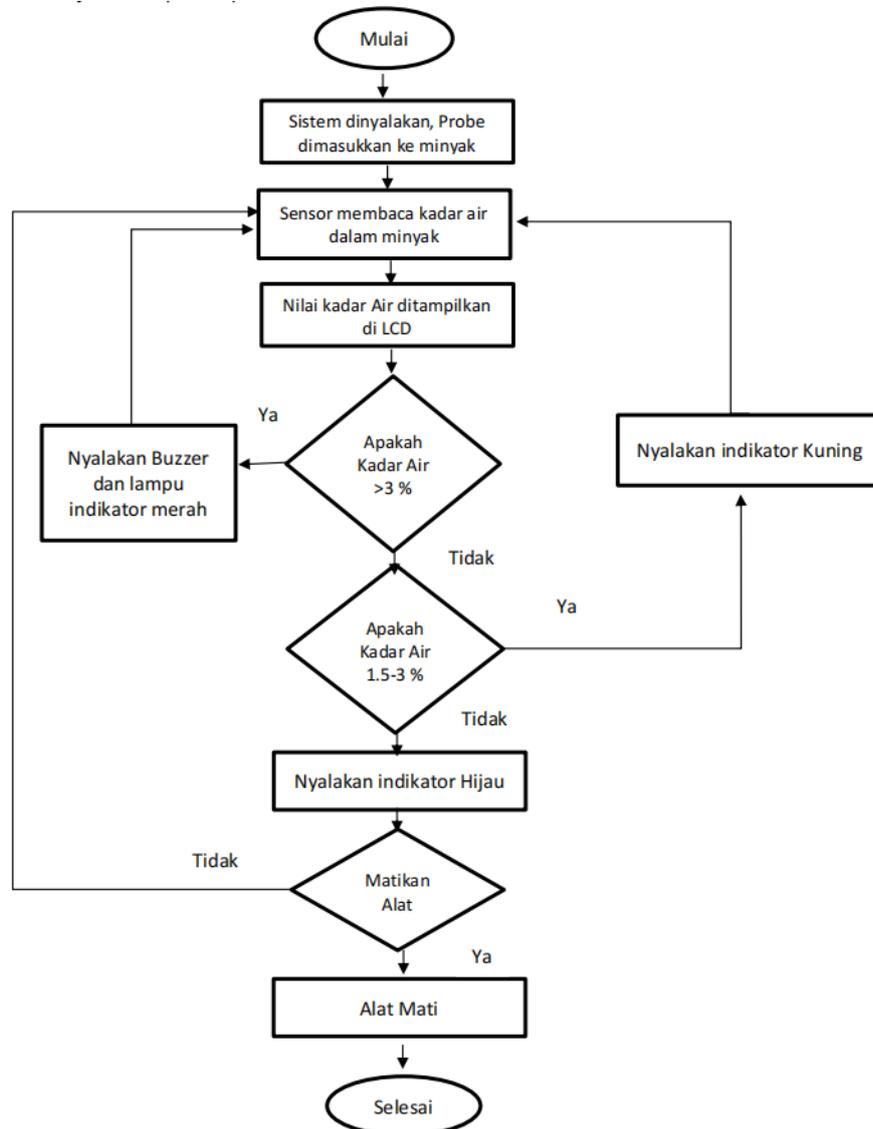
Prototipe ini dirancang untuk mendeteksi kadar air dalam minyak rem kendaraan barang menggunakan prinsip mikrokontroler. Arduino Uno dipilih sebagai pusat kendali (otak alat) karena fleksibel, mudah diprogram, dan kompatibel dengan berbagai sensor. Sensor TDS Meter digunakan untuk membaca tingkat konduktivitas minyak rem dalam satuan ppm, yang akan dikonversi menjadi persentase kadar air menggunakan persamaan regresi hasil kalibrasi. Data hasil pembacaan sensor ditampilkan secara real-time melalui layar LCD 2004 IIC, yang memiliki 4 baris dan 20 kolom sehingga memudahkan pengguna dalam membaca nilai dan status kondisi minyak rem. Berdasarkan studi (Alfan and Ramadhan 2022), untuk memperkuat sistem peringatan, prototipe ini dilengkapi dengan tiga indikator lampu LED (merah, kuning, hijau) yang menandakan level kualitas minyak rem serta *buzzer* sebagai *alarm* suara yang aktif saat nilai mencapai ambang tidak aman.

Secara desain, sistem ini disusun dalam satu boks elektronik proyek berbahan plastik kuat agar dapat dipasang pada dashboard kendaraan. Rangkaian wiring diagram disusun sebagai berikut: Sensor TDS dihubungkan ke pin analog Arduino Uno (A0), LCD 2004 IIC ke pin SDA/SCL (A4 dan A5), *buzzer* ke pin digital D9, dan tiga LED indikator ke pin D6 (merah), D7 (kuning), dan D8 (hijau). Semua kabel jumper AWG diatur secara rapi agar tidak mengganggu pengoperasian kendaraan. Sumber daya berasal dari port USB (*power bank* atau catu daya kendaraan 5V) yang dihubungkan ke Arduino. Proses kerja dimulai dari pembacaan sensor TDS, lalu nilai diolah oleh Arduino dan ditampilkan di LCD. Jika nilai menunjukkan <1.5% maka lampu hijau aktif, 1.5%-3% kuning, dan > 3 % merah serta *buzzer* berbunyi. Berikut ini adalah diagram alir kerja sistem prototipe (Gambar 1).

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini:

- a. Perangkat keras dan lunak untuk mendukung pembuatan serta pengujian sistem peringatan dini. Perangkat keras meliputi Arduino Uno, sensor TDS, LCD 2004 IIC, *buzzer*, LED indikator merah-kuning-hijau, resistor, dan kabel jumper AWG. Komponen lainnya termasuk universal reservoir minyak rem, boks elektronik proyek untuk wadah sistem, serta suntikan *refill liquid* yang digunakan dalam pengujian cairan.

- b. Dari sisi perangkat lunak, digunakan Arduino IDE untuk menulis, mengunggah, dan menjalankan program pada papan Arduino Uno. Sebagai alat pembanding kalibrasi, digunakan *Habotest Brake Fluid Liquid Tester* untuk mengukur kadar air secara aktual pada sampel minyak rem.
- c. Semua alat dan bahan dirakit secara sistematis agar mendukung integrasi antara sensor dan sistem tampilan serta peringatan. Seluruh komponen telah dipilih berdasarkan kompatibilitas, kepraktisan pemasangan, serta tingkat presisi yang mendukung keandalan alat.



Gambar 1. Diagram alir sistem prototipe

Konsep Prototipe ini dirancang untuk mendeteksi kadar air dalam minyak rem kendaraan barang menggunakan prinsip mikrokontroler. Arduino Uno dipilih sebagai pusat kendali (otak alat) karena fleksibel, mudah diprogram, dan kompatibel dengan berbagai sensor. Sensor TDS Meter digunakan untuk membaca tingkat konduktivitas minyak rem dalam satuan ppm, yang akan dikonversi menjadi persentase dengan mencatat nilai ADC. Data hasil pembacaan sensor ditampilkan secara real-time melalui layar LCD 2004 IIC, yang memiliki 4 baris dan 20 kolom sehingga memudahkan pengguna dalam membaca nilai dan status kondisi minyak rem. Untuk memperkuat sistem peringatan, prototipe ini dilengkapi dengan tiga indikator lampu LED (merah, kuning, hijau) yang menandakan level kualitas minyak rem serta *buzzer* sebagai alarm

suara yang aktif saat nilai mencapai ambang tidak aman. Secara desain, sistem ini disusun dalam satu boks elektronik proyek berbahan plastik kuat agar dapat dipasang pada dashboard kendaraan. Rangkaian wiring diagram disusun sebagai berikut: Sensor TDS dihubungkan ke pin analog Arduino Uno (A0), LCD 2004 IIC ke pin SDA/SCL (A4 dan A5), *buzzer* ke pin digital D9, dan tiga LED indikator ke pin D6 (merah), D7 (kuning), dan D8 (hijau). Semua kabel jumper AWG diatur secara rapi agar tidak mengganggu pengoperasian kendaraan. Sumber daya berasal dari port USB (*power bank* atau catu daya kendaraan 5V) yang dihubungkan ke Arduino. Proses kerja dimulai dari pembacaan sensor TDS, lalu nilai diolah oleh Arduino dan ditampilkan di LCD. Jika nilai menunjukkan <1.5% maka lampu hijau aktif, 1.5%–2.5% kuning, dan >2.5% merah serta *buzzer* berbunyi.

Proses uji coba alat dilakukan dengan menguji parameter kualitas minyak rem menggunakan prototipe yang telah dirancang lalu membandingkan hasil pembacaan dari sensor TDS menjadi persentase dengan mencatat nilai ADC dengan hasil pengukuran menggunakan alat standar *Habotest Brake Fluid Liquid Tester*. Sampel minyak rem yang digunakan bervariasi, mulai dari kondisi minyak yang masih baru (layak pakai) hingga yang telah terkontaminasi air dalam jumlah tinggi. Setiap sampel diuji beberapa kali untuk memperoleh data yang konsisten. meliputi nilai ADC dari sensor TDS yang di konversi menjadi persentase hasil konversi melalui rumus regresi, serta persentase aktual dari alat *HABOTEST*. Selisih antara kedua hasil pengukuran tersebut kemudian digunakan untuk menghitung tingkat error dan akurasi alat menggunakan rumus perhitungan error. Hasil pengujian ini memberikan gambaran seberapa akurat dan reliabel alat dalam mendeteksi kualitas minyak rem secara nyata, yang nantinya dapat dijadikan dasar untuk validasi lebih lanjut dan implementasi pada kendaraan seperti Mitsubishi FE74.

Adapun metodenya berupa:

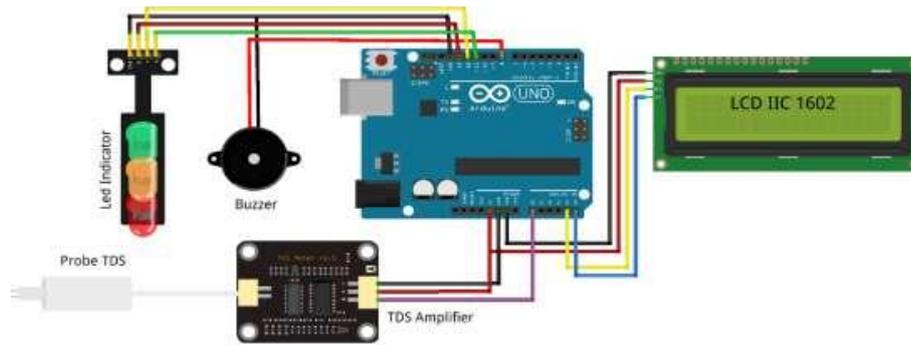
- a) Sensor TDS (*Total Dissolved Solid*) digunakan untuk mengukur tingkat kekotoran atau kualitas minyak rem.
- b) Arduino Uno sebagai mikrokontroler menerima data dari sensor dan mengolahnya.
- c) LCD 16x2 dengan modul I2C digunakan untuk menampilkan data kualitas minyak rem secara real-time.
- d) LED indikator digunakan untuk memberikan visualisasi status (hijau: baik, kuning: waspada, merah: bahaya).
- e) *Buzzer* akan berbunyi jika kualitas minyak rem sudah dalam kondisi berbahaya.

Sensor TDS mendeteksi kandungan zat yang terlarut dalam minyak rem. Data analog dari sensor diteruskan ke Arduino Uno untuk dikonversi menjadi data digital. Arduino memproses data tersebut dan membandingkan dengan batas nilai TDS yang telah ditentukan. Jika nilai masih dalam batas aman, LED hijau akan menyala. Jika mendekati batas aman, LED kuning akan menyala sebagai peringatan, dan jika melewati batas bahaya, LED merah dan *buzzer* akan aktif. Informasi lengkap juga ditampilkan di layar LCD untuk membantu pengemudi memahami kondisi minyak rem .

3. Hasil dan Pembahasan

Rangkaian prototipe sistem peringatan kualitas minyak rem terdiri dari beberapa komponen utama yang terhubung ke Arduino Uno. Sensor kualitas minyak rem dipasang pada reservoir minyak rem kendaraan Mitsubishi FE74. Sensor ini mengirimkan sinyal analog ke pin input Arduino Uno. Data yang diterima kemudian diproses oleh Arduino untuk menentukan kondisi minyak rem. Jika kualitas minyak rem baik, LED hijau akan menyala dan tidak ada *alarm* yang berbunyi. Namun, jika sensor mendeteksi kualitas minyak rem mulai menurun (misalnya karena tercampur air atau sudah lama digunakan), maka LED merah akan menyala, *buzzer* berbunyi, dan LCD menampilkan pesan peringatan. Komponen Rangkaian : Arduino Uno, TDS Sensor + TDS Amplifier (Probe TDS), LCD I2C 16x2 (untuk menampilkan nilai), *Buzzer (alarm)*, Lampu LED indikator (Hijau, Kuning, Merah). Tujuan rangkaian prototipe ini digunakan untuk

menguji kualitas minyak rem (*brake fluid*) pada angkutan umum Mitsubishi FE74 dengan prinsip mengukur Total Dissolved Solids (TDS). Semakin tinggi nilai TDS, semakin banyak kontaminan di dalam minyak rem → kualitas menurun → berbahaya bagi sistem pengereman.



Gambar 2. TDS Sensor

Prinsip Kerja: TDS Probe ditempatkan di minyak rem → mengirimkan nilai analog ke Arduino melalui TDS Amplifier, Arduino membaca nilai ini melalui pin analog A1, Arduino menghitung nilai TDS (ppm) dan menampilkan pada LCD I2C 16x2, Indikator LED menyala sesuai kategori: Hijau: Minyak rem masih layak, Kuning: Minyak rem perlu diawasi, Merah + *buzzer*: Minyak rem harus diganti.

Koneksi PIN : TDS Sensor → Arduino, VCC → 5V, GND → GND, AOUT → A1 (Analog Input), LCD I2C → Arduino, GND → GND, VCC → 5V, SDA → A4, SCL → A5, LED Traffic Light Module → Arduino, Merah → D4, Kuning → D3, Hijau → D2, GND → GND, Buzzer → (Arduino, D5, GND).

1) Hasil uji coba prototipe

Uji coba dilakukan dengan menggunakan tiga kondisi minyak rem, yaitu: Kondisi A: Minyak rem baru (standar pabrik), Kondisi B: Minyak rem terkontaminasi air 2% Kondisi C: Minyak rem terkontaminasi air 5%

Tabel 1. Hasil coba prototipe

No	Minyak Rem (%)	Air (%)	Nilai Pembacaan Prototype (%)
1	100	0	0
2	98	2	2
3	95	5	5

2) Hasil kalibrasi sensor

Kalibrasi dilakukan untuk memastikan akurasi pembacaan sensor membandingkan hasil pembacaan prosentase Prototype dengan persentase hasil pengukuran *Habotest Break Fluid Liquid Tester*.

Tabel 2. Hasil kalibrasi sensor

No	Nilai Pembacaan Prototype (%)	Persentase Hasil Habotest (%)	Error (%)	Akurasi (%)
1	0	0	0	100
2	2	2	0	100
3	5	5	0	100

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh peneliti diketahui batas kandungan air pada Minyak Rem DOT 3 Minyak rem bersifat higroskopis (menyerap air), sehingga kadar air yang tinggi akan menurunkan titik didih dan mengurangi kinerjanya. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dengan menggunakan sensor serupa oleh (Sujanarko and Jamaaluddin 2022), merancang sistem monitoring suhu minyak rem pada sepeda motor menggunakan sensor suhu

dan Arduino Uno. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu yang terlalu tinggi dapat menurunkan kualitas minyak rem, namun sistem yang dikembangkan belum mengukur kontaminasi air atau kualitas aktual minyak rem itu sendiri.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis kinerja yang telah dilakukan, prototipe alat peringatan kualitas minyak rem berbasis Arduino Uno ini dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi kualitas minyak rem pada angkutan barang. Dengan teknologi sederhana namun efektif, sistem ini mampu memberikan peringatan dini sehingga risiko kecelakaan akibat kualitas minyak rem yang buruk dapat diminimalkan. Namun karena keterbatasan alat pengujian hanya dilakukan dengan satu kendaraan. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh peneliti diketahui batas kandungan air pada Minyak Rem DOT 3 Minyak rem bersifat higroskopis (menyerap air), sehingga kadar air yang tinggi akan menurunkan titik didih dan mengurangi kinerjanya. Baru (*dry boiling point*): $\pm 205^{\circ}\text{C}$, Basah (*wet boiling point*): $\pm 140^{\circ}\text{C}$ (setelah menyerap $\pm 3,7\%$ air) Kadar Air yang Aman, Ideal: 0% (baru) Mulai berbahaya: $> 3\%$ air. Implikasi praktis dalam penelitian ini berupa peningkatan keselamatan transportasi, kemudahan integrasi karena berbasis Arduino Uno mudah diintegrasikan ke armada yang sudah beroperasi tanpa memerlukan perubahan besar pada kendaraan. Implikasi teoritis dalam penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada literatur teknik otomotif terkait penggunaan sensor murah (*low-cost sensor*) dan mikrokontroler open source untuk mendeteksi degradasi cairan rem secara nyata.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan penghargaan sebesar-besarnya kepada Dinas Perhubungan Kabupaten Batang dan Universitas PGRI Semarang yang telah membantu dalam kelancaran penelitian jurnal ini. Apresiasi mendalam juga diberikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam bentuk saran, tenaga, dan motivasi demi kelancaran penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Alfan, A. Nur, and Viki Ramadhan. 2022. "Prototype Detektor Gas dan Monitoring Suhu Berbasis Arduino Uno." *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer* 9 (2): 61–69.
- Baruddin, L. A. Ode Muhammad Azhdar. 2019. "Analisis Pengaruh Kecepatan Terhadap Jarak dan Waktu Pengereman pada Mobil Hybrid Urban KMHE 2018." Undergraduate thesis, Universitas Mercu Buana Jakarta.
- Ernawati, Iis. 2017. "Uji Kelayakan Media Pembelajaran Interaktif pada Mata Pelajaran Administrasi Server." *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)* 2 (2): 204–210.
- Mindasari, Shela, M. As'ad, and Dian Meilantika. 2022. "Sistem Keamanan Kotak Amal di Musala Sabilul Khasanah Berbasis Arduino Uno." *Jurnal Teknik Informatika Mahakarya (JTIM)* 5 (2): 7–13.
- Prihantono, Johannes Adi. 2023. "Pembuatan Simulasi Sistem Monitoring Foreign Object Debris (FOD) Detector for Runway Berbasis LabVIEW dan Arduino." *Jurnal Industri, Elektro dan Penerbangan* 12 (1).
- Sujanarko, M., and Jamaaluddin Jamaaluddin. 2022. "Arduino Uno-Based Brake Safety Design for Matic Motorcycles: Rancang Bangun Pengaman Rem pada Sepeda Motor Matic Berbasis Arduino Uno." *Procedia of Engineering and Life Science* 3.
- Waruwu, Marinu. 2024. "Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan, dan Kelebihan." *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan* 9 (2): 1220–1230.