

Pengembangan Sistem Pendeteksi Tekanan Ban Berbasis *Internet of Things* untuk Otomatisasi Inspeksi Kendaraan

Benita Aryani^{1*}, Mokhammad Rifqi Tsani²

^{1,2} Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

^{1,2}Jl. Perintis Kemerdekaan No.17, Slerok, Tegal Timur, Kota Tegal, Jawa Tengah, 52125, Indonesia

E-mail: 21023066@taruna.pktj.ac.id¹, rifqi@pktj.ac.id²

Abstrak

Info Naskah:

Naskah masuk: 15 Mei 2025

Direvisi: 11 Juli 2025

Diterima: 14 Juli 2025

Inspeksi tekanan udara ban merupakan prosedur penting di PT HMMI berdasarkan *Part Inspection Standard* (PIS), dengan rekomendasi tekanan 105-125 Psi. Saat ini, pemeriksaan masih dilakukan secara manual, dinilai kurang efisien dan rentan *human error*. Untuk mengatasi hal tersebut dan memenuhi standar inspeksi, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pendeteksi tekanan udara ban bus berbasis *Internet of Things* (IoT). Metode *Research and Development* (R&D) diterapkan untuk merancang dan membangun sistem ini. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor *pressure transmitter* terintegrasi ESP32, dilengkapi *output* LCD, LED, dan *buzzer*. Data pengukuran tekanan dikirimkan secara *real-time* dan disimpan ke Google Spreadsheet untuk dokumentasi *paperless*. Pengujian fungsional sistem pada bus menunjukkan kemampuan deteksi sensor dalam 2-3 detik dengan semua *output* berfungsi optimal. Hasil uji akurasi mencapai 99,44% dengan *error* rata-rata 0,56% setelah kalibrasi 30 parameter. Sistem ini terbukti efektif memantau tekanan ban bus secara otomatis dan akurat, mendukung tercapainya standar PIS serta meningkatkan efisiensi proses inspeksi di industri otomotif.

Abstract

Keywords:

tire air pressure;
pressure transmitter;
ESP32;
vehicle inspection;
internet of things.

Tire pressure inspection is a crucial procedure at PT HMMI based on the *Part Inspection Standard* (PIS), with a recommended pressure of 105-125 Psi for buses. Currently, inspections are still performed manually, deemed inefficient and prone to human error. To address this and meet inspection standards, this research aims to develop an *Internet of Things* (IoT)-based bus tire pressure detection system. The *Research and Development* (R&D) method was applied to design and build this system. The developed system utilizes a *pressure transmitter* sensor integrated with an ESP32 microcontroller, equipped with LCD, LED, and *buzzer* outputs. Pressure measurement data is transmitted in real-time and stored in Google Spreadsheet for *paperless* documentation. Functional testing of the system on buses demonstrated the sensor's detection capability within 2-3 seconds with all outputs functioning optimally. Accuracy test results showed excellent performance, reaching 99.44% with an average error of only 0.56% after calibration with 30 pressure parameters. This system successfully proved its capability as an effective solution for automatically and accurately monitoring bus tire pressure, supporting the achievement of PIS standards and enhancing the efficiency of inspection processes in the automotive industry.

*Penulis korespondensi:

Benita Aryani

E-mail: 21023066@taruna.pktj.ac.id

1. Pendahuluan

Tekanan udara pada ban kendaraan berperan penting dalam menjamin keselamatan dan kenyamanan dalam berkendara [1]. Ketidaksesuaian tekanan udara pada ban dapat mengurangi daya cengkram, memperburuk efisiensi bahan bakar, serta meningkatkan potensi kecelakaan [2]. PT Hino Motors Manufacturing Indonesia merupakan produsen landasan kendaraan atau sasis berupa Bus yang menerapkan prosedur inspeksi tekanan udara ban berdasar *Part Inspection Standard* (PIS) berkisar 732-862 Kpa atau sama dengan 105-125 Psi [3]. Kesesuaian tekanan ban menjadi fokus pemeriksaan pada Divisi *Quality Control Vehicle* (QCV) berupa inspeksi visual dan *hammering*, sedangkan Divisi *Shipping Quality Audit* (SQA) menggunakan *tire pressure gauge* yang hasilnya ditulis tangan dengan lembar *form check sheet* serta pena yang rentan terhadap kesalahan pencatatan, angka tidak terbaca, dan hilangnya lembar *form check sheet* yang dapat beresiko terhadap keselamatan kendaraan dan pengemudi.

Untuk memastikan ban berfungsi dengan sesuai perlu dilengkapi kode ban berupa identitas yang tercetak pada sisi dinding ban berkaitan dengan spesifikasi dan performa ban [4]. Selain itu, fungsi ban dapat terpenuhi apabila ban tidak bertekanan kurang dan berlebih. Tekanan ban yang salah beresiko terhadap kerusakan struktur ban, selip pada genangan air, dan mengurangi masa pakai [5]. Ban diketahui dapat kehilangan tekanan udara hingga 1 psi setiap bulannya [6]. Dengan demikian, penting untuk memastikan bahwa tekanan udara di dalam ban terisi dengan akurat dan tepat agar menjaga keseimbangan kendaraan dengan jalanan.

Terdapat sejumlah penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini, diantaranya menunjukkan bahwa ketidaksesuaian tekanan udara dapat menurunkan efisiensi sistem pengereman serta meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan [7]. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan sistem yang dapat memantau tekanan udara dengan cara yang lebih efisien dan akurat. Teknologi *Internet of Things* (IoT) memiliki kemampuan dalam menyimpan dan memantau data secara otomatis. Penelitian lain yang relevan adalah mengembangkan sistem deteksi tekanan udara berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor tekanan di PDAM [8], namun, sistem ini masih terbatas pada penyimpanan data secara lokal tanpa pemanfaatan teknologi *cloud* untuk pemantauan secara *real time*. Penelitian serupa memanfaatkan Arduino sebagai otak sistem untuk memonitor tekanan udara ban mobil yang memiliki standar 28-36 psi menggunakan sensor tekanan udara MPX5700AP [9], namun tidak menguji penerapannya pada kendaraan bus yang memerlukan sensor dengan spesifikasi yang lebih tinggi hingga tekanan lebih dari 100 psi. Adapun penelitian tentang sistem berbasis IoT dapat meningkatkan keselamatan kendaraan dengan memantau tekanan udara ban [1], namun hanya diuji pada kendaraan roda dua yang memiliki spesifikasi ban yang berbeda dengan kendaraan besar seperti bus. Terdapat penelitian menggunakan sensor DHT22 sebagai sistem pemantauan dan pengendalian suhu serta kelembapan pada proses fermentasi tempe, data yang diterima secara *real time* memanfaatkan teknologi IoT

melalui platform Thingspeak [10], namun terdapat keterbatasan dalam pengolahan data yang kurang kompleks. Terdapat penelitian tentang sistem TPMS untuk kendaraan truk sedang berkisar 71,1-85,6 psi menggunakan sensor *pressure transmitter* dengan penyimpanan data pada SD card dan dapat dicetak dengan *printer thermal* [11]. Selain itu *output* pada penelitian ini, seperti penelitian pada rancang bangun alat TPMS untuk kendaraan truk sedang menggunakan *output* berupa LCD 12C sebagai sistem informasi, LED dan *buzzer* sebagai sistem peringatan, serta adanya pengembangan pada bagian objek yang ditambahkan sehingga multifungsi (Bus dan Truk) serta *output* pada alat sudah tidak menggunakan *printer thermal* (*paperless*), data hasil alat tersimpan pada Google Spreadsheet.

Meskipun teknologi IoT telah banyak diterapkan untuk pemantauan kendaraan, implementasinya pada sistem pemantauan tekanan ban bus dengan integrasi penyimpanan data berbasis *cloud* masih terbatas [12]. Keterbatasan ini menjadi celah penelitian yang bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pendeteksi tekanan udara ban berbasis IoT, yang dapat memberikan solusi efisien untuk proses inspeksi di industri [13]. Sistem ini memanfaatkan *pressure transmitter*, mikrokontroler ESP32, dan Google Spreadsheet untuk mengirimkan data pengukuran secara *real-time*, sehingga memungkinkan dokumentasi *paperless* dan pemantauan data yang lebih mudah dan efisien.

2. Metode

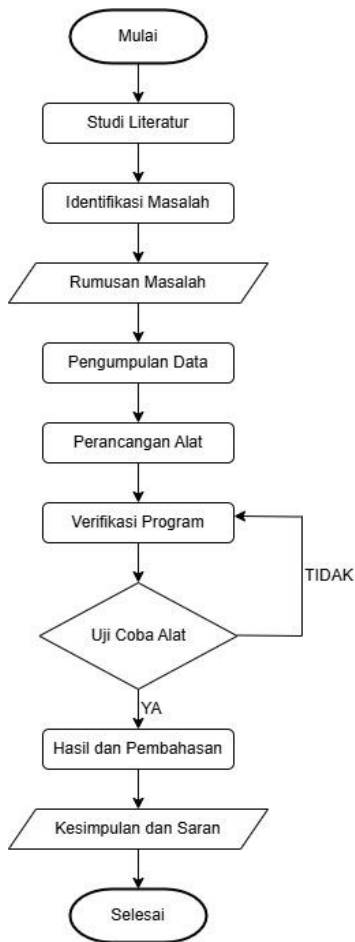
2.1 Alir dan Metode

Penelitian ini mengadopsi metode *Research and Development* (R&D) atau penelitian pengembangan, yang berfokus pada penciptaan dan pengujian efektivitas suatu produk, dalam hal ini sistem pendeteksi tekanan udara ban bus berbasis IoT [14]. Metode ini sangat baik digunakan untuk mendukung peningkatan instrumen keselamatan kendaraan [15]. Pada Gambar 1 menyajikan secara sistematis seluruh tahap yang dijalankan dalam penelitian ini. Proses dimulai dengan studi pendahuluan yang meliputi identifikasi kebutuhan spesifik dan masalah terkait inspeksi tekanan ban bus di PT HMMI, serta tinjauan literatur komprehensif untuk memahami teknologi dan konsep relevan.

Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem, mencakup desain *hardware*, seperti pemilihan sensor *pressure transmitter* (ADV 0-5 V) dan mikrokontroler ESP32, serta perancangan perangkat lunak termasuk integrasi dengan Google Spreadsheet sebagai basis data. Setelah perancangan, dilakukan pengembangan sistem yaitu proses realisasi desain menjadi prototipe alat, termasuk perakitan komponen dan pemrograman.

Sistem yang telah dikembangkan kemudian memasuki tahap pengujian dan kalibrasi, verifikasi fungsionalitas dan akurasi alat menjadi fokus utama. Proses kalibrasi dilakukan dengan pengambilan data sebanyak 30 parameter tekanan dalam rentang 98-125 psi untuk menjamin tingkat keakuratan sistem, diikuti dengan analisis dan evaluasi terhadap seluruh hasil pengujian untuk merumuskan kesimpulan penelitian. Secara spesifik, alat ini diimplementasikan pada kendaraan Bus dengan konfigurasi

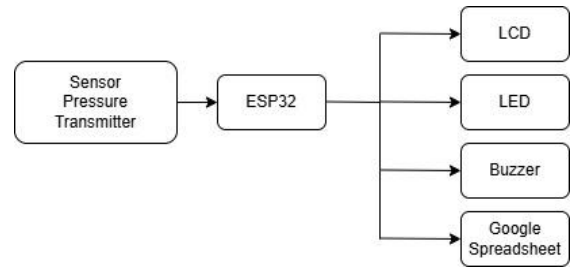
sumbu 1.2 atau berjumlah 6 ban untuk mendeteksi tekanan udara pada setiap bannya.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Perancangan Alat

Dalam perancangan alat membutuhkan berbagai komponen agar alat berfungsi sesuai perintah, sensor yang digunakan adalah sensor *pressure transmitter* (ADV 0-5 V) yang terhubung ESP32, yang akan mengirimkan data dengan menampilkan informasi data sensor pada LCD serta mengirimkan sinyal menuju sistem peringatan yang memanfaatkan LED dan *buzzer* untuk memberikan notifikasi apabila tekanan udara dalam ban menyimpang dari standar yang ditetapkan. Hasil pembacaan setiap tekanan udara dalam ban terkirim pada Google Spreadsheet sebagai penyimpanan data dan riwayat identifikasi pengukuran. Kemudian, *software* yang digunakan yaitu Arduino IDE untuk pembuatan pemrograman alat yang digunakan dalam menjalankan rangkaian ESP32 dan komponen lainnya agar dapat berfungsi sesuai perintah. Skema rangkaian alat yang telah dirancang penulis berupa diagram blok seperti Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Alat

2.3 Spesifikasi Komponen

Diperlukannya komponen untuk perakitan dan pembuatan alat berupa *hardware* maupun *software*. Berikut dijelaskan terkait komponen dan juga spesifikasi yang sudah dipilih agar mendukung dengan baik kinerja alat. Komponen *hardware* terdiri dari ESP32, sensor *pressure transmitter*, LCD, LED, *buzzer*. Sedangkan, *software* mencakup Arduino IDE dan Google Spreadsheet.



Gambar 3. ESP32 [16]

Modul ESP32 berupa mikrokontroler pengembangan dari modul ESP8266 sebagai protokol komunikasi *wireless* menggunakan *wifi* dan *dual bluetooth mode* yang terintegrasi konektivitas nirkabel 2.4 GHz untuk pertukaran data dengan perangkat bergerak [16]. Ditunjukkan pada Gambar 3, ESP32 merupakan pembaca data sensor tekanan dan mengontrol *output* dari LCD, LED, *buzzer*, dan Google Spreadsheet.



Gambar 4. Sensor Pressure Transmitter (ADV 0-5 V) [8]

Sensor *pressure transmitter* (ADV 0-5 V) mengirim informasi berbentuk sinyal listrik hasil konversi tegangan, kemudian sinyal dikirim *transmitter* menuju *controller*. Sensor bekerja pada tekanan 0-1,2 Mpa atau 0-174 Psi dengan *maximum pressure* 2,4 Mpa atau 348 Psi [8]. Sensor *pressure transmitter* terdapat pada Gambar 4.



Gambar 5. Liquid Crystal Display [17]

Sebagai penampil informasi deteksi tekanan, LCD menggunakan pola titik yang membentuk teks dan gambar dengan kapasitas 2 x 16 karakter. Untuk menjalankan LCD memerlukan Modul 12C agar mengurangi penggunaan kaki atau pin [17]. LCD seperti Gambar 5.



Gambar 6. Light Emitting Diode [17]

Sebagai komponen aktif dalam rangkaian elektronika, Light Emitting Diode (LED) memiliki karakteristik utama yaitu memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan bias tegangan maju [17]. Komponen ini berperan sebagai indikator visual mengenai status pengukuran. LED dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 7. Buzzer [17]

Indikator pemberi peringatan saat alat terjadi suatu kesalahan yang berasal dari getaran berupa listrik menjadi suara [17]. Komponen dalam rangkaian elektronika yang digunakan seperti Gambar 7.



Gambar 8. Arduino IDE [16]

Sebuah perangkat lunak *open-source* yang dirancang untuk memudahkan pengguna dalam menulis kode program, yang kemudian dapat diunggah ke dalam board Arduino. [16]. Arduino IDE seperti pada Gambar 8.



Gambar 9. Google Spreadsheet [18]

Google Spreadsheet atau Sheets merupakan aplikasi berbasis penyimpanan awan (*Cloud Storage*) yang aksesibilitasnya tanpa batasan waktu, tempat, serta oleh berbagai pengguna [18]. Aplikasi ini digunakan sebagai *output* alat untuk penyimpanan hasil deteksi sensor dan riwayat identifikasi pengukuran. Google Spreadsheet terdapat pada Gambar 9.

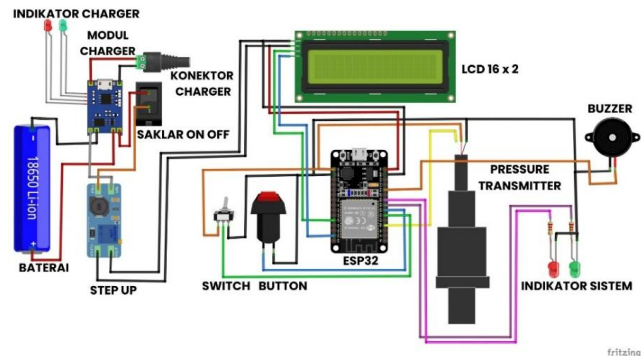


Gambar 10. Blue Point Digital Tire Pressure Gauge, TPGDL1000C [19]

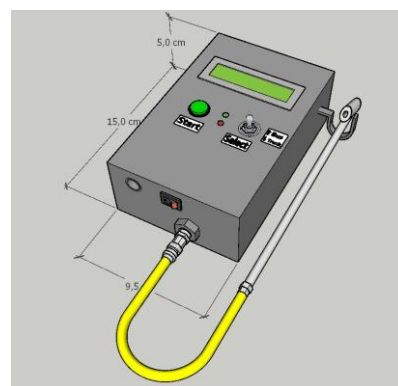
Blue Point Digital Tire Pressure Gauge tipe TPGDL1000C seperti ditunjukkan pada Gambar 10 merupakan alat sebagai acuan absolut dalam proses kalibrasi sistem pendeteksi tekanan ban berbasis IoT yang dikembangkan dalam penelitian ini. Blue Point Digital Tire Pressure Gauge dirancang khusus untuk keperluan perawatan ban dengan tingkat akurasi tinggi, serta digunakan secara luas di industri otomotif. Penggunaan alat ini memastikan bahwa pembacaan tekanan dari alat peneliti dapat dibandingkan secara langsung dengan standar profesional yang telah teruji, sehingga hasil kalibrasi lebih dapat diandalkan.

2.4 Perakitan Alat

Komponen elektronik digunakan pada alat berperan penting dan memiliki fungsi spesifik. Pada setiap *part* komponen perlu dihubungkan pada mikrokontroler melalui *wire*. Terdapat desain perakitan alat seperti Gambar 11 dan menghasilkan desain 3D alat pada Gambar 12.



Gambar 11. Desain Rangkaian Alat



Gambar 12. Desain 3D Alat

2.5 Kalibrasi alat

Prosedur kalibrasi sensor *pressure transmitter* (ADV 0-5 V) merupakan tahapan penting untuk menjamin akurasi dan keandalan alat pendeteksi tekanan udara ban bus yang dikembangkan. Kalibrasi dilakukan dengan uji banding pembacaan sensor yang telah terintegrasi pada sistem dengan alat ukur tekanan standar (*Tire pressure gauge Blue Point*) yang telah terkalibrasi dan memiliki sertifikasi. Tujuannya identifikasi potensi *error* atau penyimpangan pembacaan sensor dan melakukan penyesuaian diperlukan, sehingga hasil pengukuran alat dapat diandalkan sesuai standar. Langkah persiapan alat dan bahan, di mana sensor dihubungkan secara paralel dengan *tire pressure gauge Blue Point* pada satu sumber tekanan udara terkontrol. Selanjutnya, pengambilan data dilakukan pada 30 parameter tekanan berbeda, mencakup rentang ban bus antara 98 psi hingga 125 psi, untuk setiap titik tekanan yang diatur, pembacaan nilai dari sensor alat dicatat setelah kedua alat menunjukkan kestabilan. Seluruh data yang terkumpul dicatat secara sistematis sebagai dasar analisis akurasi dan perhitungan *error*, yang kemudian digunakan untuk menentukan tingkat akurasi alat 99,44% dan *error* 0,56%, serta untuk mengembangkan persamaan regresi atau faktor koreksi jika diperlukan. Melalui prosedur kalibrasi sistematis, keakuratan pengukuran alat dapat diverifikasi dan dijamin, mendukung hasil pengujian fungsional dan penerapannya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penerapan Pengujian Alat

Uji coba penerapan alat pendeteksi tekanan udara ban bus berbasis IoT ini dilakukan pada Bus RM8JSLU-QJJ yang memiliki 6 ban, setelah melalui tahapan perancangan, perakitan, dan pemrograman sistem. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk memverifikasi kemampuan alat dalam mendeteksi tekanan udara ban secara akurat, memastikan respons waktu sensor, dan memvalidasi fungsionalitas setiap komponen *output*. Untuk mencapai hal tersebut, telah ditetapkan standar ketentuan fungsi kerja alat yang mengindikasikan kondisi ban berdasarkan rentang tekanan, seperti disajikan pada

Tabel 1. Kriteria ini secara langsung mengklasifikasikan kondisi ban menjadi tiga kategori. Normal (*OK*), yaitu ketika tekanan berada dalam rentang 105-125 psi. Kurang (*LOW*), untuk tekanan di bawah 105 psi. Lebih (*HIGH*), untuk tekanan di atas 125 psi. Setiap kategori ini akan memicu *output* visual (LCD, LED) dan audio (*buzzer*) yang berbeda, serta pencatatan di Google Spreadsheet.

Tabel 1. Standar Ketentuan Fungsi Kerja Alat

Standar	Kondisi	LCD	LED	Buzzer	Google Sheets
<105 psi	Kurang		Merah	Aktif	
105-125 psi	Normal	Aktif	Hijau	Mati	Aktif
>125 psi	Lebih		Merah	Aktif	



Gambar 13. Alat Pendeteksi Tekanan Udara Ban Bus Berbasis IoT

Alat pendeteksi yang diujicobakan dapat dilihat pada Gambar 13 Pengujian penerapan alat dilakukan pada kondisi kendaraan yang bervariasi, meliputi kendaraan dengan status Normal (*Good*) dan kendaraan yang Tidak Sesuai Standar (*Not Good*) berdasarkan kriteria tekanan yang dijelaskan pada Tabel 1. Sebagai contoh, hasil uji coba penerapan alat pada kendaraan dengan status Normal (*Good*) terangkum pada Tabel 2. Uji coba alat juga diterapkan pada kondisi kendaraan yang memiliki tekanan ban tidak sesuai standar dengan status *Not Good*. Ditunjukkan hasil uji pada Tabel 3.

Tabel 2. Performa Alat Berdasarkan Uji Coba Kendaraan Normal

Uji	<i>Pressure Transmitter Sensor</i>			
	Posisi ban	Waktu	Nilai	Keterangan
1	F1 Axis	3 detik	120,43 psi	Kondisi tekanan ban Normal, LCD aktif, LED hijau, <i>buzzer</i> tidak aktif
2	LH R1 Inner	3 detik	117,72 psi	Kondisi tekanan ban Normal, LCD aktif, LED hijau, <i>buzzer</i> tidak aktif
3	R1 Outer	3 detik	118,43 psi	Kondisi tekanan ban Normal, LCD aktif, LED hijau, <i>buzzer</i> tidak aktif
4	R1 Inner	3 detik	120,00 psi	Kondisi tekanan ban Normal, LCD aktif, LED hijau, <i>buzzer</i> tidak aktif
5	RH R1 Outer	2 detik	116,83 psi	Kondisi tekanan ban Normal, LCD aktif, LED hijau, <i>buzzer</i> tidak aktif
6	F1 Axis	3 detik	114,00 psi	Kondisi tekanan ban Normal, LCD aktif, LED hijau, <i>buzzer</i> tidak aktif

Hasil uji coba alat pada kondisi kendaraan berbeda menunjukkan performa sistem yang baik dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan tekanan ban, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14. Hal ini terbukti dari durasi pembacaan *pressure transmitter sensor* yang konsisten sekitar 2-3 detik, menunjukkan responsibilitas sistem yang tinggi. Selain itu, integrasi seluruh komponen *output* (LCD, LED, *buzzer*, dan Google Spreadsheet) berfungsi secara optimal sesuai standar ketentuan yang telah ditetapkan pada

Tabel 1. Hasil deteksi sensor tekanan ditampilkan secara *real-time* dalam bentuk angka dan teks pada layar LCD, memberikan informasi langsung kepada pengguna. Sistem peringatan, melalui LED (merah untuk kondisi “LOW” atau “HIGH”) dan *buzzer* (aktif saat tidak normal), berperan aktif dan efektif dalam memberikan notifikasi visual serta audio bagi tekanan yang tidak memenuhi standar.

Tabel 3. Performa Alat Berdasarkan Uji Coba *Not Good*

Uji	Sensor Pressure Transmitter			
	Posisi ban	Waktu	Nilai	Keterangan
1	F1 Axis	2 detik	98,22 psi	Kondisi tekanan ban Kurang, LCD aktif, LED merah, <i>buzzer</i> aktif
2	LH R1 Inner	3 detik	105,65 psi	Kondisi tekanan ban Normal, LCD aktif, LED hijau, <i>buzzer</i> tidak aktif
3	R1 Outer	3 detik	103,80 psi	Kondisi tekanan ban Kurang, LCD aktif, LED merah, <i>buzzer</i> aktif
4	R1 Inner	3 detik	125,99 psi	Kondisi tekanan ban Lebih, LCD aktif, LED merah, <i>buzzer</i> aktif
5	RH R1 Outer	2 detik	99,53 psi	Kondisi tekanan ban Kurang, LCD aktif, LED merah, <i>buzzer</i> aktif
6	F1 Axis	3 detik	118,45 psi	Kondisi tekanan ban Normal, LCD aktif, LED hijau, <i>buzzer</i> tidak aktif



Gambar 14. Grafik Perbandingan Hasil Uji

Aspek terbaik dari hasil pengujian ini adalah kemampuan sistem yang akurat dan otomatis memberikan indikasi kondisi ban (*OK/LOW/HIGH*) serta menyimpan riwayat data secara *paperless* ke Google Spreadsheet. Kemampuan ini secara signifikan meningkatkan efisiensi dan keandalan proses inspeksi dibandingkan metode manual, sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya tentang efektivitas sistem pemantauan berbasis IoT dalam konteks industri [1]. Data yang tersimpan di Google Spreadsheet mencakup urutan uji, jenis kendaraan, tanggal, waktu, hasil deteksi, dan kondisi setiap ban, yang dapat di-*update*, dipantau, dan diunduh sewaktu-waktu, mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan berbasis data.

3.2 Pengujian Akurasi Alat

Menentukan tingkat keakuratan alat memerlukan pengujian akurasi alat atau kalibrasi dengan mengukur tekanan udara dalam ban pada Bus menggunakan sensor *pressure transmitter* yang dibandingkan oleh hasil pengukuran *tire pressure gauge merk blue point*. Analisis terhadap data pengukuran melibatkan perhitungan nilai *error* dan akurasi berfungsi memastikan hasil pembacaan sensor alat dengan nilai *actual* objek yang diukur [9].

$$\% \text{ error} = \frac{\text{nilai pengukuran} - \text{nilai sebenarnya}}{\text{nilai sebenarnya}} \times 100\% . \quad (1)$$

Nilai akurasi dapat dihitung apabila terdapat nilai *error*,

$$\text{Akurasi} = 100\% - \% \text{error} \quad (2)$$

Tingkat keakuratan sensor pada alat dalam mendeteksi tekanan udara dapat diketahui dengan kalibrasi. Proses kalibrasi alat peneliti dilakukan dengan alat *Tire Pressure Gauge*. Nilai *error* atau perbedaan yang ditemukan beserta nilai akurasi dari hasil pembacaan tekanan sensor alat dan *tire pressure gauge* dihitung dan dikonversi menjadi persentase sesuai pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Kalibrasi

Uji	Pengukuran (psi)		Persentase (%)	
	Pressure Gauge	Alat Peneliti	Error	Akurasi
1	98	98,88	0,90	99,10
2	99	99,42	0,42	99,58
3	99	99,53	0,54	99,46
4	100	100,96	0,96	99,04
5	101	101,65	0,64	99,36
6	102	102,45	0,44	99,56
7	103	103,80	0,78	99,22
8	104	104,71	0,68	99,32
9	104	104,82	0,79	99,21
10	105	105,90	0,86	99,14
11	106	106,50	0,47	99,53
12	107	107,60	0,56	99,44
13	108	108,49	0,45	99,55
14	109	109,99	0,90	99,10
15	111	111,32	0,29	99,71
16	112	112,51	0,46	99,54
17	113	113,65	0,58	99,42
18	113	113,75	0,66	99,34
19	114	114,82	0,72	99,28
20	114	114,90	0,79	99,21
21	115	115,21	0,18	99,82
22	116	116,83	0,76	99,29
23	117	117,20	0,17	99,83
24	117	117,49	0,42	99,58
25	117	117,71	0,61	99,39
26	118	118,00	0,00	100
27	118	118,43	0,36	99,64
28	120	120,43	0,39	99,65
29	123	123,75	0,61	99,39
30	125	125,65	0,52	99,48
	Rata-Rata		0,56	99,44

Unitan Uji	Jenis Kendaraan	Date and Time	R1 Axle L	R1 Inner L	R1 Outer L	R1 Inner R	R1 Outer R	R1 Axle R
1	Bus	Friday, 7 February 2025 13:46:59	120.43 Psi (OK)	117.72 Psi (OK)	118.43 Psi (OK)	120.00 Psi (OK)	116.83 Psi (OK)	114.00 Psi (OK)
2	Bus	Monday, 10 February 2025 10:15:34	82.72 Psi (LOW)	105.65 Psi (OK)	103.80 Psi (LOW)	125.99 Psi (HIGH)	82.53 Psi (LOW)	118.45 Psi (OK)
3	Bus	Tuesday, 11 February 2025 11:30:15	98.88 Psi (LOW)	106.50 Psi (OK)	100.96 Psi (LOW)	109.99 Psi (OK)	112.81 Psi (OK)	117.49 Psi (OK)
4	Bus	Tuesday, 11 February 2025 11:41:57	113.75 Psi (OK)	99.42 Psi (LOW)	114.82 Psi (OK)	116.83 Psi (OK)	107.60 Psi (OK)	101.65 Psi (LOW)
5	Bus	Tuesday, 11 February 2025 13:00:17	123.65 Psi (HIGH)	113.65 Psi (OK)	115.21 Psi (OK)	117.71 Psi (OK)	114.90 Psi (OK)	118.00 Psi (OK)
6	Bus	Tuesday, 11 February 2025 13:14:55	111.32 Psi (OK)	108.49 Psi (OK)	104.82 Psi (LOW)	120.43 Psi (OK)	103.80 Psi (LOW)	118.43 Psi (OK)
7	Bus	Tuesday, 11 February 2025 13:20:47	103.90 Psi (OK)	99.53 Psi (LOW)	123.75 Psi (OK)	104.71 Psi (LOW)	117.20 Psi (OK)	102.45 Psi (LOW)

Gambar 15. Hasil ke Google Spreadsheet

Proses pengambilan data akurasi dilakukan sebanyak 30 kali pengujian dengan variasi parameter tekanan. Analisis dari hasil pengujian mencakup perhitungan nilai error dan akurasi, sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Hasilnya menunjukkan selisih tekanan yang sangat kecil antara pembacaan alat rancangan peneliti dan *tire pressure gauge* merk *Blue Point* sebagai alat referensi. Data pengukuran juga berhasil dikirimkan secara *real-time* ke Google Spreadsheet melalui koneksi IoT, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 15.

Solusi terbaik yang ditawarkan dari penelitian ini adalah sistem deteksi tekanan ban berbasis IoT dengan integrasi Google Spreadsheet, yang mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 99,44% dan *error* hanya 0,56%. Pencapaian ini menegaskan bahwa sistem yang dikembangkan sangat presisi dan andal untuk aplikasi industri. Integrasi penyimpanan *cloud* melalui Google Spreadsheet tidak hanya memungkinkan pemantauan jarak jauh secara *real-time*, tetapi juga mendukung dokumentasi yang efisien dan bebas kertas (*paperless*), yang sejalan dengan kebutuhan industri 4.0 [20].

Tingkat akurasi yang tinggi sangat penting dalam sistem pemantauan tekanan ban karena berdampak langsung pada keselamatan operasional [21] dan efisiensi pemeliharaan kendaraan berat seperti bus. Solusi ini diperkuat oleh penelitian sebelumnya, yang juga menunjukkan efektivitas penggunaan IoT untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi dalam sistem inspeksi kendaraan [1]. Oleh karena itu, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini sangat layak dan direkomendasikan untuk diimplementasikan sebagai solusi otomatisasi pemantauan tekanan udara ban pada kendaraan industri.

4. Kesimpulan

Pemanfaatan teknologi deteksi tekanan udara menggunakan sensor *pressure transmitter* telah berhasil diimplementasikan untuk mempermudah pemeriksaan kendaraan produksi di PT HMMI pada divisi *Quality Control Vehicle (QCV)* dan *Shipping Quality Audit (SQA)*. Alat ini berfungsi optimal sebagai pendeteksi tekanan udara ban yang sesuai standar, dengan waktu pembacaan sensor yang cepat, yaitu 2-3 detik per ban. Dilengkapi dengan sistem informasi komprehensif, alat ini menampilkan hasil deteksi pada layar LCD dan menyediakan peringatan visual (LED) serta audio (*buzzer*) untuk indikasi kesesuaian tekanan udara ban. Seluruh data hasil deteksi terkirim

secara *real-time* dan tersimpan aman pada Google Spreadsheet, memungkinkan identifikasi kondisi setiap ban (*OK/LOW/HIGH*) serta pemantauan riwayat data. Sistem ini terbukti mampu menghasilkan data yang sangat akurat, dengan selisih nilai perbedaan 0,56% dan tingkat akurasi mencapai 99,44%, menunjukkan bahwa alat ini sangat layak sebagai solusi deteksi tekanan udara ban yang presisi dan efisien.

Penelitian ini berkontribusi signifikan dalam menyediakan solusi otomatisasi inspeksi ban yang handal, meningkatkan efisiensi operasional, dan mengurangi potensi *human error* dalam pemantauan kualitas di lingkungan industri otomotif. Untuk pengembangan di masa mendatang, disarankan untuk melakukan miniaturisasi perangkat agar lebih ringkas dan mudah dipasang, serta mengembangkan dasbor analitik yang lebih canggih pada *platform cloud* untuk visualisasi data historis yang lebih interaktif dan analisis prediktif.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dan fasilitas yang diberikan oleh Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan (PKTJ), dalam pelaksanaan penelitian dan pembelajaran ini. Apresiasi khusus juga diberikan kepada PT HMMI atas izin dan bantuan teknis yang sangat berharga dalam proses pengujian di lapangan. Juga kepada keluarga dan Leonardo yang turut serta memberikan pendampingan dan dukungan hingga penelitian ini berhasil.

Daftar Pustaka

- [1] E. N. Setyawan, S. Winardi, K. E. Susilo, P. Studi, S. Komputer, and F. Ilmu, "Pendeteksi Tekanan Udara Ban Pada Kendaraan Bermotor Untuk Safety Riding," *Semin. Santika*, no. September, pp. 68–73, 2019.
- [2] S. Y. Putri, "Efisiensi Rem Kendaraan Bermotor Mitsubishi L300 Tanpa Beban Dengan Variasi Persentase Tekanan Angin Ban," *Braz Dent J.*, vol. 33, no. 1, pp. 1–12, 2022.
- [3] PT Hino Motors Manufacturing Indonesia, *Part Inspection Standard Tire Assy.* 2017. [Online]. Available: QCD/FR-QCM-03/001
- [4] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 0099:2012 Ban truk dan bus," 2012.
- [5] Michelin, "Berapa Tekanan Ban untuk Mobil Saya?," 8 Desember 2024. [Online]. Available: <https://www.michelin.co.id/auto/saran/tips-mengemudi/keselamatan-berkendara>
- [6] Michelin, "How to check tire pressure," 8 Desember 2024. [Online]. Available: <https://www.michelin.ca/en/auto/learn/tire-maintenance/tire-pressure>
- [7] N. Halimatus Sa'diyah, H. Mariadi Kaharmen, and S. Shofiah, "Efisiensi Rem Kendaraan Isuzu Tld 24 C Dengan Variasi Beban Dan Tekanan Angin Ban," *J. Keselam. Transp. Jalan (Indonesian J. Road Safety)*, vol. 7, no. 2, pp. 137–141, 2020, doi: 10.46447/kjt.v7i2.208.
- [8] A. M. Fauzi and R. Hermawan, "Sistem Pendeteksi Tekanan Air Berbasis Internet Of Thing (IoT) Di PDAM Tirta Galuh Kabupaten Ciamis," *J. Saintesa (Sains Teknol. dan Rekayasa)*, vol. 2, no. 13, pp. 1–8, 2022.
- [9] M. A. Novrizaldi, P. Pangaribuan, and B. A. Pramudita, "Perancangan Alat Monitoring Tekanan Udara Di Dalam Ban Kendaraan Bermotor Roda Empat Menggunakan Sensor Tekanan Udara Berbasis Arduino," *J. Eng.*, vol. 9,

- no. 3, pp. 1–11, 2022.
- [10] I. Riadi and R. Syaefudin, “Monitoring and Control Food Temperature and Humidity using Internet of Things Based-on Microcontroller,” *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 7, no. 1, p. 108, 2021, doi: 10.26555/jiteki.v7i1.20213.
- [11] S. Annisa, *Rancang Bangun Alat Tire Pressure Monitoring System Kendaraan Medium Duty Truck di PT Hino Motors Manufacturing Indonesia*. 2024.
- [12] H. Briantoro, “Penerapan Teknologi IoT pada Sistem Monitoring Tekanan Ban Mobil yang Berjalan,” *INOVTEK Polbeng - Seri Inform.*, vol. 7, no. 2, p. 308, 2022, doi: 10.35314/isi.v7i2.2730.
- [13] T. Solution, “Telematics Solution IoT-Based Tire Monitoring System Increases Safety and Productivity,” 2018.
- [14] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. 2013. [Online]. Available: https://www.academia.edu/118903676/Metode_Penelitian_Kuantitatif_Kualitatif_dan_R_and_D_Prof_Sugiono
- [15] L. Paksi Sukoco, F. Tohom, E. Pranoto, and T. Rekayasa Otomotif Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, “Optimalisasi Material Dan Profile Reinforcement Beam Guna Meningkatkan Energi Serap Benturan Berbasis Simulasi Fem,” vol. 16, no. 1, pp. 327–340, 2025, doi: 10.21776/jrm.v16i1.2106.
- [16] I. N. Hidayat, “Rancang Bangun Alat Uji Reflektivitas Pemantul Cahaya Pada Kendaraan Bermotor. Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal,” pp. 1–64, 2023.
- [17] I. M. G. Widi Mahardika, I. M. Putra Mahayasa, P. D. Mulyana, I. K. Juni Arta, and A. A. Kusuma Dewi, “Penggunaan Sensor Suhu Dht 11 Buzzer Dan Lampu Led Sebagai Pemantau Suhu Ruangan,” *J. Manaj. dan Teknol. Inf.*, vol. 14, no. 1, pp. 10–18, 2024, doi: 10.59819/jmti.v14i1.3673.
- [18] M. Asqia and T. Nabarian, “Pemanfaatan Google Sheets dan Google Form untuk Layanan Administrasi Mahasiswa Menggunakan Konsep Electronic Service Quality,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 7, no. 1, pp. 15–22, 2021, doi: 10.54914/jtt.v7i1.339.
- [19] Snap-on Blue-Point, “Digital Tire Inflator,” 2025. [Online]. Available: <https://snapon-bluepoint.com.sg/category/measuring/product/Digital-Tire-Inflator>
- [20] D. Siswanto, A. Farid, G. Priyandoko, and N. A. Wahyudi, “An IoT-Based Decision Support System for Real-Time Vehicle Maintenance Scheduling in the Fourth Industrial Revolution,” *2024 Beyond Technol. Summit Informatics Int. Conf. BTS-I2C 2024*, no. January, pp. 687–692, 2024, doi: 10.1109/BTS-I2C63534.2024.10942271.
- [21] M. Shiddiq, R. Lapis, I. Y. Basri, W. Purwanto, and H. Hasan, “Studi Eksperimen, Pengaruh Variasi Dimensi Ban Terhadap Keausan Ban,” *JTPVI J. Teknol. dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2023, doi: 10.24036/jtpvi.v1i1.1.