

Implementasi Sistem Kendali Otomatis Pengisian BBM Berbasis Sensor Proximity Menggunakan Panel Listrik

Endri Raffyanto^{1*)}, Reni Rahmadewi², Edmund Ucok Armind³, Razikin⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jalan HS.Ronggo Waluyo Karawang, Indonesia

*Penulis Korespondensi, e-mail: 2210631160086@student.unsika.ac.id

Received: 30/03/2026

Revised: 03/05/2026

Accepted: 14/05/2026

ABSTRAK

Proses pengisian bahan bakar minyak (BBM) yang masih dilakukan secara manual berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian volume, keterlambatan, kebocoran, hingga risiko kecelakaan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem kendali otomatis pengisian BBM berbasis sensor proximity dengan memanfaatkan panel listrik konvensional sebagai pusat kontrol, tanpa menggunakan mikrokontroler, PLC, atau IoT. Metode penelitian menggunakan pendekatan rekayasa teknologi yang meliputi perancangan diagram blok, diagram alir, perangkat keras *hardware*, serta pengujian fungsional dan akurasi pada lima jenis unit mobil (Chery Omoda 5, Tiggo Cross, Tiggo 8, Omoda C8, dan Omoda C8 Luxury). Sistem dirancang dengan tiga lapisan utama: *input* (*push button*, sensor proximity, MCB), proses (modul relay 12V, kontaktor LC1 D12 01 dengan rangkaian *self-hold*, box terminal), dan *output* (pompa BBM 1-*phase*, LED indikator). Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen berfungsi sesuai rancangan. Setelah kalibrasi ulang, sistem mencapai akurasi pengisian dengan rata-rata *error absolut* sebesar 1,9% (masih dalam toleransi industri $\pm 5\%$) dan rata-rata waktu pengisian 1,30 menit untuk volume 12 liter, lebih hemat 35–50% dibandingkan sistem manual. Sistem juga dilengkapi proteksi MCB, *thermal overload relay*, dan *grounding* yang menjamin keandalan serta keamanan operasional. Dengan demikian, sistem kendali otomatis berbasis panel listrik konvensional ini menawarkan solusi yang sederhana, ekonomis, dan handal, sehingga cocok diterapkan di lingkungan industri yang membutuhkan sistem robust dan minim perawatan.

Kata Kunci: Kendali Otomatis, Panel Listrik, Sensor Proximity

ABSTRACT

Manual fuel filling processes often lead to volume inaccuracies, delays, leaks, and workplace accidents. This research aims to implement an automatic fuel filling control system based on a proximity sensor using a conventional electrical panel as the control center, without microcontrollers, PLCs, or IoT. The engineering method included block diagram design, flowchart, hardware design, functional testing, and accuracy testing on five car units (Chery Omoda 5, Tiggo Cross, Tiggo 8, Omoda C8, and Omoda C8 Luxury). The system consists of three main layers: input (push button, proximity sensor, MCB), process (12V relay module, LC1 D12 01 contactor with self-hold circuit, terminal box), and output (1-phase fuel pump, LED indicators). All components functioned as designed. After recalibration, the system achieved an average absolute error of 1.9% (within $\pm 5\%$ industrial tolerance) and an average filling time of 1.30 minutes for 12 liters, saving 35–50% of time compared to manual systems. Protection features such as MCB, thermal overload relay, and grounding ensure operational reliability and safety. Thus, this conventional electrical panel-based automatic control system offers a simple, cost-effective, and reliable solution suitable for industrial environments requiring robust and low-maintenance systems.

Keywords: Automatic Control, Electrical Panel, Proximity Sensor

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



9 772356 053009

1. PENDAHULUAN

Industri otomotif serta pengelolaan bahan bakar minyak (BBM) saat ini dihadapkan pada berbagai tantangan terkait efisiensi operasional, ketepatan volume pengisian, dan aspek keselamatan kerja. Proses pengisian BBM yang masih dilakukan secara manual berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan, seperti ketidaksesuaian volume pengisian, keterlambatan proses kerja, kebocoran bahan bakar, hingga risiko kecelakaan akibat kesalahan operator [1]. Kondisi tersebut di mana proses pengisian BBM pada kendaraan hasil produksi masih memerlukan keterlibatan operator secara langsung. Hal ini mendorong perlunya penerapan inovasi teknologi kendali yang mampu meminimalkan intervensi manusia sekaligus meningkatkan efektivitas dan keandalan proses pengisian BBM.

Berbagai penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem otomasi berbasis mikrokontroler, *programmable logic controller* (PLC), dan *Internet of Things* (IoT) untuk mendukung proses pengisian maupun pemantauan bahan bakar. Penelitian tersebut meliputi sistem pengisian BBM pada generator set berbasis PLC [2], sistem otomatis pada proses produksi *paving block* menggunakan sensor proximity [3], alat pendeteksi ketinggian bahan bakar [4], pengembangan *smart fuel pump* berbasis android [5], perancangan panel listrik tiga fasa [6], sistem panel ATS-AMF berbasis IoT [7], pengendalian motor induksi menggunakan kontaktor [8], pompa transfer BBM porTabel [9], hingga sistem otomatis pengisian BBM pada kereta api [1]. Selain itu, penelitian mengenai sistem pemantauan level solar berbasis IoT beserta analisis kualitas layanan jaringan (*Quality of Service/QoS*) juga telah dilakukan untuk meningkatkan akurasi data *monitoring* [10].

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya memanfaatkan mikrokontroler, PLC, atau sistem berbasis IoT dalam sistem pengisian BBM [11], penelitian ini menawarkan pendekatan alternatif berupa sistem kendali otomatis berbasis panel listrik konvensional tanpa melibatkan perangkat digital kompleks. Pada penelitian [11], sistem pengisian BBM dikendalikan menggunakan teknologi IoT dan RFID untuk meningkatkan efisiensi serta mengurangi kesalahan manusia melalui integrasi data secara *real-time*. Selain itu, pendekatan berbasis PLC juga telah dikembangkan untuk mengotomatisasi proses pengisian BBM dengan tingkat akurasi dan keamanan yang tinggi [12]. Sistem ini memanfaatkan logika terprogram untuk mengontrol proses pengisian hingga mencapai kondisi tertentu, seperti volume target atau kondisi tangki.

Penelitian lain menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi operasional dan *monitoring* secara jarak jauh, namun memerlukan infrastruktur digital yang lebih kompleks [13]. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar solusi yang ada masih bergantung pada sistem berbasis digital. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan sistem kendali yang sederhana namun andal, dengan memanfaatkan rangkaian kontaktor dan relay sebagai pengganti logika pemrograman. Pendekatan ini memberikan keunggulan dalam hal kemudahan implementasi, biaya yang lebih rendah, serta keandalan tinggi dalam lingkungan industri yang menuntut sistem robust dan minim perawatan. Oleh karena itu, penelitian ini menghadirkan solusi berbasis panel listrik konvensional yang lebih sederhana.

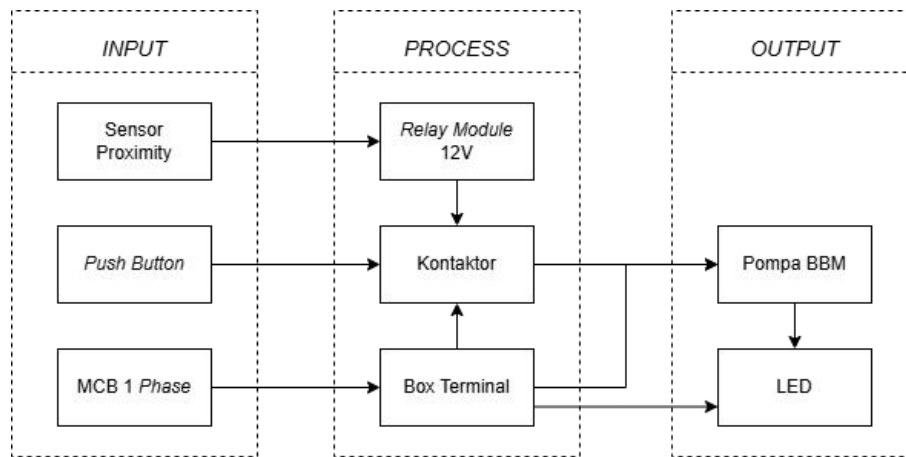
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode rekayasa teknologi untuk mengembangkan sistem kendali otomatis pengisian bahan bakar minyak (BBM) berbasis sensor proximity dengan memanfaatkan panel listrik sebagai pusat kontrol. Proses penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari tahap perancangan, implementasi, hingga pengujian sistem.

2.1 Perancangan Sistem

Sistem kendali otomatis pengisian BBM dirancang dengan tiga bagian utama, yaitu *input*, proses, dan *output* seperti yang ditunjukkan pada diagram blok sistem. Setiap komponen memiliki peran spesifik untuk mencapai pengisian otomatis yang aman dan akurat, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.





Gambar 1: Blok diagram sistem

Sistem kendali otomatis pengisian BBM ini dirancang dengan tiga bagian utama yaitu *input*, proses, dan *output*. Pada bagian *input*, terdapat *push button* yang berfungsi sebagai tombol *start* manual, sensor proximity yang dipasang di dinding tangki untuk mendeteksi ketika volume BBM mencapai 12 liter (penuh), MCB 1 *phase* sebagai pengaman arus lebih dan hubung singkat, serta box terminal yang digunakan untuk menyambungkan kabel-kabel dari panel kontrol ke komponen eksternal. Semua komponen *input* ini bekerja sama untuk memberikan sinyal awal ke bagian proses.

Pada bagian proses, modul relay 12V menerima sinyal dari sensor proximity. Jika sensor mendeteksi tangki penuh, relay akan memutus tegangan koil kontaktor. Kontaktor sendiri berfungsi sebagai sakelar utama untuk menyalakan atau mematikan pompa BBM, dan dilengkapi dengan rangkaian *self-hold* agar pompa tetap menyala meskipun tombol *start* sudah dilepaskan. Pada bagian *output*, pompa BBM akan mengalirkan bahan bakar ke tangki kendaraan saat kontaktor aktif, sementara LED indikator (hijau, kuning, merah) menampilkan status sistem: siap, proses pengisian berjalan, atau tangki penuh/*error*. Sehingga, proses pengisian BBM menjadi otomatis, aman, dan mudah diawasi oleh operator.

2.2 Perancangan Sistem Kendali

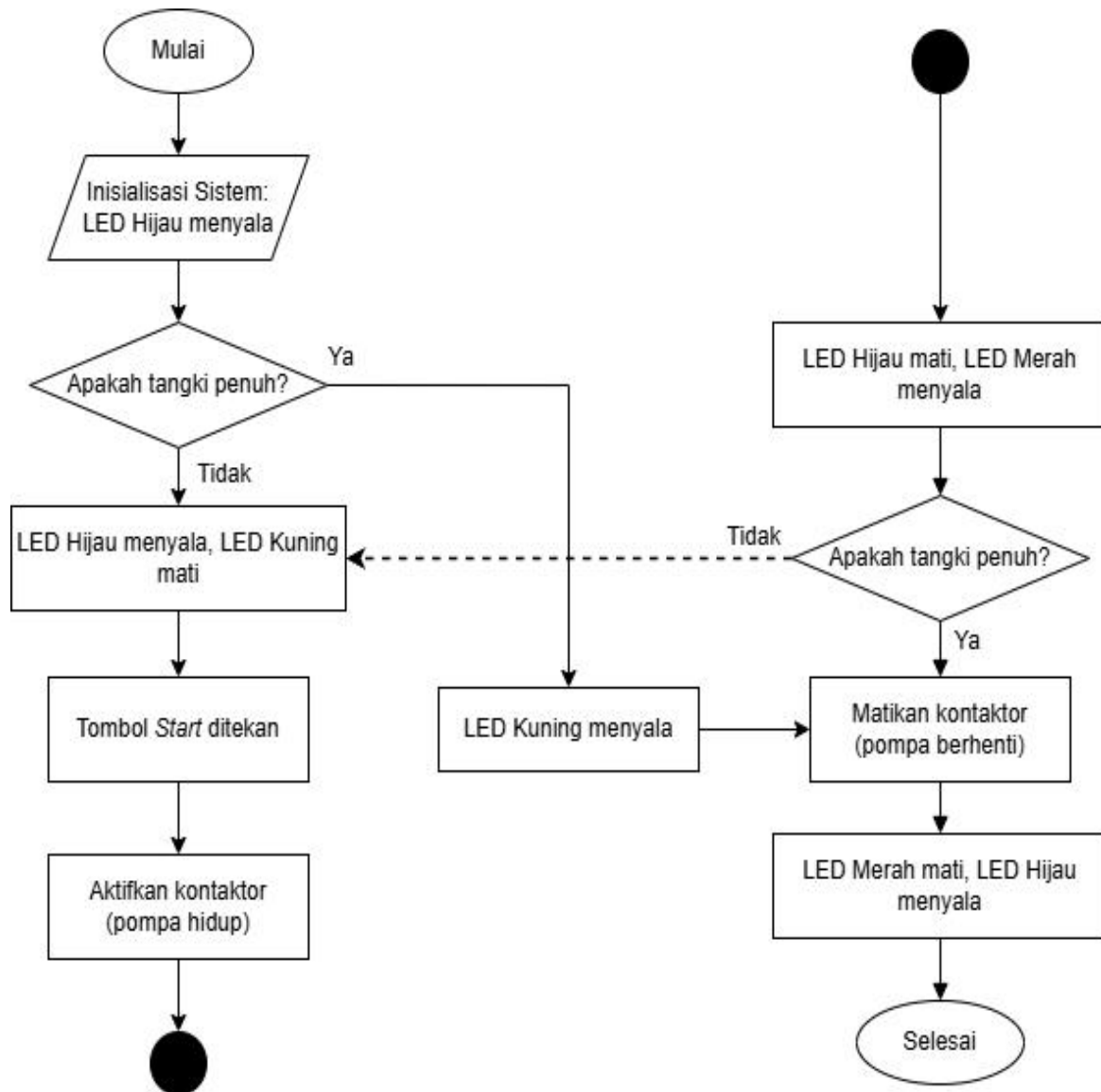
Sistem kendali dirancang dengan logika berurutan sekuensial yang mengutamakan keselamatan dan ketepatan pengisian BBM. Diagram alir sistem pada Gambar 2 menunjukkan urutan operasi sistem yang terdiri dari tiga bagian utama: kondisi awal, kondisi pengisian, dan kondisi berhenti. Setiap kondisi memiliki logika tersendiri untuk mengaktifkan atau mematikan komponen *output*.

Pada Gambar 2 diagram alir sistem kendali menggambarkan alur kerja sistem kendali otomatis pengisian tangki berbasis indikator LED dan kontrol pompa. Proses dimulai dari kondisi "Mulai", kemudian sistem melakukan inisialisasi dengan menyalakan LED hijau sebagai tanda bahwa sistem siap beroperasi. Selanjutnya dilakukan pengecekan apakah tangki sudah penuh atau belum. Jika tangki belum penuh, maka LED hijau tetap menyala dan LED kuning dalam kondisi mati, lalu sistem menunggu tombol *start* ditekan oleh pengguna. Setelah tombol *start* ditekan, kontaktor diaktifkan sehingga pompa mulai bekerja untuk mengisi tangki.

Selama proses pengisian berlangsung, terdapat indikator LED kuning yang menyala sebagai tanda bahwa proses pengisian sedang berjalan. Sistem terus memonitor kondisi tangki. Jika pada proses berikutnya terdeteksi bahwa tangki belum penuh, maka sistem akan kembali ke kondisi pengisian *looping*. Namun, jika tangki telah terisi penuh, maka sistem akan mematikan kontaktor sehingga pompa berhenti bekerja. Pada saat yang sama, LED merah akan menyala dan LED hijau mati sebagai indikator bahwa tangki telah penuh. Setelah pompa berhenti, kondisi sistem berubah dengan LED merah mati dan LED hijau kembali menyala



sebagai tanda sistem kembali ke kondisi *standby* atau siap digunakan kembali. Proses kemudian berakhir pada tahap "Selesai".

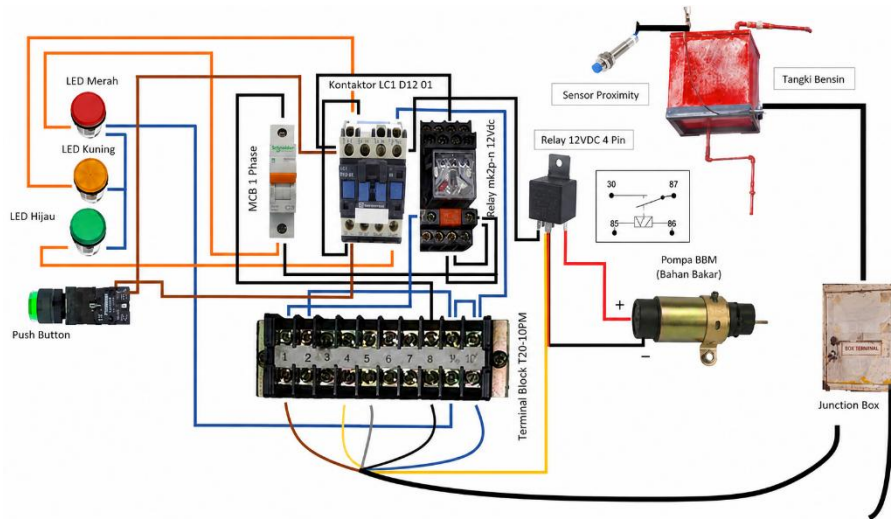


Gambar 2: Diagram alir sistem kendali

2.3 Perancangan Perangkat Keras

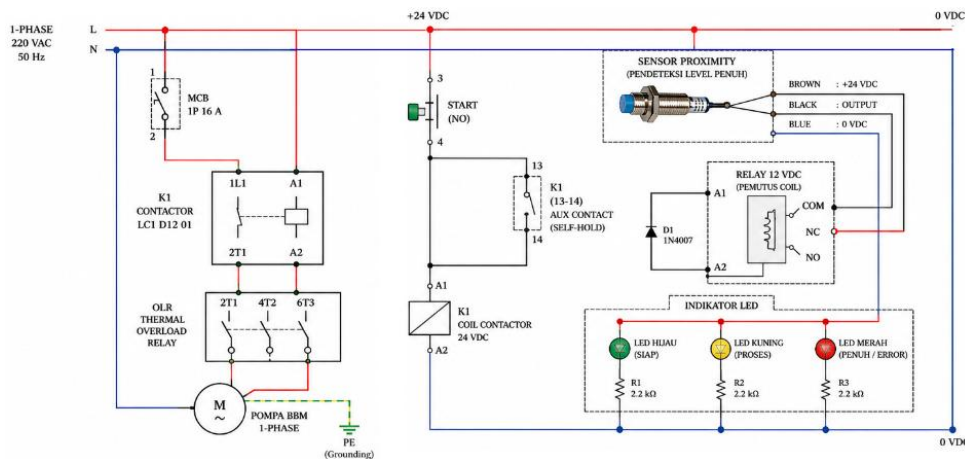
Pada Gambar 3 terdapat desain perancangan perangkat keras sistem tersebut menunjukkan rangkaian kendali otomatis pengisian BBM yang mengintegrasikan sumber daya, kontrol, dan aktuator dalam satu panel. Sumber listrik masuk melalui MCB 1 *phase* sebagai pengaman utama, kemudian didistribusikan ke kontaktor LC1 D12 01 yang berfungsi sebagai saklar elektromagnetik untuk menghubungkan dan memutus beban utama. Dari kontaktor, tegangan dialirkan ke *power supply* 12VDC yang digunakan untuk memberi catu daya pada rangkaian kontrol seperti relay 12VDC, sensor proximity, dan indikator LED.





Gambar 3: Desain perancangan perangkat keras sistem

Push button berperan sebagai *input* manual untuk mengaktifkan atau menghentikan sistem, sedangkan terminal block digunakan sebagai titik distribusi dan penghubung antar kabel agar lebih rapi dan terorganisir. Pompa BBM sendiri terhubung ke sumber melalui relay sehingga hanya aktif saat kondisi terpenuhi, dan seluruh rangkaian beban serta sensor terhubung ke *junction box* untuk pengkabelan lapangan. Secara keseluruhan, sistem ini bekerja dengan prinsip kontrol otomatis berbasis sensor dan relay untuk memastikan proses pengisian BBM berjalan aman



Gambar 4: Wiring diagram daya listrik dan sistem kontrol

Gambar 4 wiring diagram tersebut menunjukkan sistem kendali dan daya untuk pompa BBM 1-phase yang bekerja secara otomatis menggunakan sensor proximity dan rangkaian kontrol 24 VDC. Pada sisi daya, sumber 220 VAC masuk melalui MCB sebagai pengaman utama, kemudian diteruskan ke kontaktor K1 (LC1 D12 01). Saat kontaktor aktif, arus mengalir melalui *thermal overload relay* (OLR) yang berfungsi melindungi motor dari beban lebih, lalu menuju motor pompa 1-phase. Jika terjadi arus berlebih, OLR akan memutus rangkaian sehingga motor berhenti untuk mencegah kerusakan.

Pada sisi kontrol, sistem menggunakan tegangan 24 VDC. Tombol *start* (NO) digunakan untuk mengaktifkan coil kontaktor K1. Ketika tombol ditekan, coil K1 akan *energize* dan mengaktifkan kontak bantu (aux contact 13-14) sebagai *self-hold*, sehingga kontaktor tetap aktif meskipun tombol *start* dilepas. Sensor



proximity berfungsi sebagai *input* otomatis untuk mendeteksi keberadaan objek atau BBM, yang kemudian mengendalikan relay 12 VDC. *Output* dari sensor ini akan mengaktifkan relay, yang selanjutnya dapat memutus atau menghubungkan sinyal kontrol ke coil kontaktor sesuai logika sistem. Selain itu, terdapat indikator LED untuk memberikan informasi kondisi sistem pada LED hijau menandakan sistem *standby*, LED kuning menunjukkan proses sedang berjalan, dan LED merah menandakan kondisi fault atau berhenti. Dioda (1N4007) dipasang paralel pada coil relay sebagai proteksi terhadap tegangan balik *back EMF* yang dapat merusak komponen kontrol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Fungsional Sistem

Pengujian fungsional bertujuan untuk memverifikasi bahwa setiap komponen dalam sistem kendali otomatis pengisian BBM bekerja sesuai dengan rancangan. Mengacu pada diagram blok yang disajikan pada Gambar 1, sistem dirancang dengan tiga lapisan utama: *Input*, *Proses*, dan *Output*.



Gambar 5: Sistem alat pengisian BBM

Tabel I: Hasil Pengujian Fungsional Komponen Sistem Kendali

Blok	Komponen	Kondisi Uji	Respons Diharapkan	Hasil
<i>Input</i>	<i>Push Button Start</i>	Ditekan sekali	Kontaktor aktif, pompa hidup	Sesuai
<i>Input</i>	Sensor Proximity	Objek logam didekatkan ke sensor	Kontaktor mati, pompa berhenti	Sesuai
<i>Input</i>	MCB 1 Phase	Arus melebihi rating	MCB trip, seluruh sistem mati	Sesuai
Proses	<i>Relay Module 12V</i>	Sinyal dari sensor masuk	Relay switch, memutus coil kontaktor	Sesuai
Proses	Kontaktor	Koil mendapat tegangan	Kontak utama menutup, pompa hidup	Sesuai
Proses	Box Terminal	Pemeriksaan fisik	Semua kabel terhubung rapi	Sesuai
<i>Output</i>	Pompa BBM	Kontaktor aktif	Pompa berputar, BBM mengalir	Sesuai
<i>Output</i>	LED Hijau	Sistem siaga	LED menyala	Sesuai
<i>Output</i>	LED Kuning	Proses pengisian	LED menyala	Sesuai



Berdasarkan Tabel I, seluruh komponen dari ketiga lapisan (*Input, Proses, Output*) memberikan respons yang sesuai dengan rancangan pada Gambar 1. Tombol *start* berhasil mengaktifkan kontaktor dan rangkaian *self-hold* mempertahankan status aktif hingga sensor proximity mendeteksi kondisi penuh. Relay module 12V terbukti handal dalam mengalihkan sinyal level rendah dari sensor untuk memutus koil kontaktor. LED indikator memberikan umpan balik visual yang jelas sesuai status operasional. MCB 1 phase dan *thermal overload relay* berfungsi sebagai pengaman arus lebih dan beban panas.

3.2 Akurasi Pengisian BBM

Akurasi pengisian BBM merupakan parameter kunci dalam mengevaluasi kinerja sistem kendali otomatis yang dirancang. Sistem bekerja secara *closed-loop* dengan sensor proximity sebagai umpan balik untuk menghentikan pengisian ketika tangki mencapai level penuh. Target volume pengisian yang ditetapkan adalah 12 liter per unit kendaraan. Untuk mengukur akurasi sistem, dilakukan kalibrasi dengan membandingkan volume aktual yang masuk ke tangki terhadap target, menggunakan alat ukur terpisah setelah proses pengisian selesai. Data dikumpulkan dari berbagai unit mobil (Chery Omoda 5, Tiggo Cross, Tiggo 8, Omoda C8, dan Omoda C8 Luxury). Tabel II menyajikan ringkasan hasil kalibrasi per unit mobil, meliputi jumlah sampel pengisian, rata-rata volume aktual, deviasi rata-rata, dan persentase *error*.

TABEL II: Deviasi akurasi pengisian per unit mobil

Unit Mobil	Jumlah Pengisian	Target (L)	Rata-rata Aktual (L)	Deviasi Rata-rata (L)	Persentase Error	Keterangan
Chery Omoda 5	8	12	14,56	+2,56	+21,3%	Sebelum kalibrasi
Chery Omoda 5	8	12	12,00	0	0%	Setelah kalibrasi
Chery Tiggo Cross	7	12	11,36	-0,64	-5,3%	-
Chery Tiggo 8	4	12	12,00	0	0%	-
Chery Omoda C8	11	12	12,18	+0,18	+1,5%	-
Chery Omoda C8 Luxury	14	12	12,32	+0,32	+2,7%	-

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa akurasi sistem bervariasi antar lima unit mobil. Pada Chery Omoda 5, terjadi deviasi positif besar di hari pertama (rata-rata +2,56 L, error +21,3%) dengan volume mencapai 17,5–20 L, namun setelah penyesuaian kalibrasi ulang atau *reset* kontaktor, sistem menghasilkan volume konsisten 12 L. Chery Tiggo Cross cenderung *underfill* dengan deviasi rata-rata -0,64 L (error -5,3%) akibat kemungkinan posisi sensor terlalu rendah. Chery Tiggo 8 menunjukkan akurasi sempurna (deviasi 0 L, error 0%) pada seluruh sampel. Chery Omoda C8 dan Omoda C8 Luxury memiliki error kecil (+1,5% dan +2,7%) dengan beberapa penyimpangan ringan (13,5 L; 15 L; 10,5 L), namun sistem kembali ke target 12 L setelah pengecekan ulang.

3.2.1 Analisis Waktu Respons Sensor Proximity dan Delay Kontaktor

Untuk memahami sumber ketidakakuratan volume *overflow/underfill*, dilakukan pengukuran waktu respons komponen kendali. Sensor proximity induktif jarak deteksi 8 mm membutuhkan waktu rata-rata 12 ms untuk mendeteksi keberadaan objek logam pada permukaan tangki dan mengubah status keluarannya. Sinyal ini kemudian diterima oleh modul relay 12V yang memiliki waktu switching rata-rata 10 ms. Selanjutnya, kontaktor memerlukan waktu 35–50 ms untuk melepaskan kontak utamanya setelah koil tidak



mendapat tegangan. Secara total, *delay* sistem dari deteksi penuh hingga pompa benar-benar berhenti berkisar antara 57 ms hingga 72 ms. Dengan debit pompa konstan sebesar 9,23 liter/menit dan berdasarkan data waktu pengisian 12 liter dalam 1,30 menit, maka dalam rentang *delay* 57–72 ms, volume bahan bakar yang masih teralirkan setelah sensor aktif adalah:

$$Q = \frac{9.23 L}{60 s} = 0.154 L/s$$

$$V_{delay} = 0.154 \times 0.057 s \approx 0.0088 L \text{ sampai } 0.154 \times 0.072 \approx 0.0111 L$$

Delay mekanis kontaktor 20–50 ms memberikan kontribusi terbesar terhadap *error overfill*, yaitu sekitar 0,003–0,0077 liter. Meskipun kecil, *error* ini dapat terakumulasi jika kalibrasi posisi sensor tidak tepat. Pada kasus Chery Omoda 5 dan Chery Tiggo Cross potensi kesalahan yang terjadi karena *overfill* besar (+21,3%) akibat posisi sensor terlalu tinggi, *underfill* (-5,3%) karena bentuk tangki menyempit, serta *error* kecil (+1,5–2,7%) karena variasi pemasangan.

3.2.2 Analisis Error Sistem

Untuk mengevaluasi kinerja sistem secara kuantitatif, dilakukan perhitungan *error* volume pengisian menggunakan rumus berikut:

$$Error(\%) = \frac{V_{aktual} - V_{target}}{V_{target}} \times 100\%$$

dimana:

V_{aktual} = 12 liter

V_{target} = volume BBM yang terukur setelah pengisian

TABEL III: Analisis sistem *error*

Unit Mobil	Rata-rata Error (%)	Standar Deviasi Error (%)	Keterangan
Chery Omoda 5	0%	0%	Setelah kalibrasi
Chery Tiggo Cross	-5,3%	1,2%	<i>Underfill</i> konsisten
Chery Tiggo 8	0%	0%	Akurasi sempurna
Chery Omoda C8	+1,5%	0,8%	<i>Error</i> kecil
Chery Omoda C8 Luxury	+2,7%	1,1%	<i>Error</i> kecil

Perhitungan rata-rata *error absolut* sistem setelah kalibrasi :

$$\frac{0 + (-5.3) + 0 + 1.5 + 2.7}{5} = \frac{9.5}{5} = 1.9\%$$

Berdasarkan Tabel III, rata-rata *error* antar unit berkisar antara -5,3% hingga +2,7% setelah kalibrasi. Chery Tiggo Cross cenderung *underfill* (-5,3%), sedangkan Chery Omoda C8 Luxury sedikit *overfill* (+2,7%). Chery Omoda 5 dan Tiggo 8 mencapai *error* 0% dengan konsistensi sempurna. Rata-rata *error absolut* sistem adalah 1,9% (penyimpangan ~0,23 liter), dan rata-rata *error* bias -0,22%, menunjukkan kecenderungan *underfill* sangat kecil. Secara keseluruhan, akurasi sistem tergolong handal dan memenuhi toleransi industri ±5%.



3.2.3 Pengaruh Variasi Bentuk Tangki Kendaraan terhadap Akurasi

Variasi geometri tangki bahan bakar antar unit kendaraan, seperti bentuk menyempit atau melebar pada bagian atas, menyebabkan hubungan non-linear antara ketinggian dan volume BBM. Akibatnya, pemasangan sensor proximity pada ketinggian yang sama belum tentu menghasilkan volume 12 liter yang akurat. Misalnya, Chery Tiggo Cross dengan tangki bagian atas menyempit mengalami *underfill* (*error* -5,3%) karena volume aktual hanya 11,36 liter meskipun sensor telah mendeteksi penuh. Sebaliknya, Chery Omoda 5 dengan tangki bagian atas lebih lebar mengalami *overflow* awal hingga +21,3% karena posisi sensor terlalu rendah. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan kalibrasi individual menggunakan metode *water filling test*, yaitu mengosongkan tangki, mengisi manual hingga 12 liter, lalu menandai dan memasang sensor pada posisi yang tepat. Setelah kalibrasi, seluruh unit menunjukkan *error* di bawah $\pm 3\%$.

3.3 Efisiensi Waktu Pengisian

Efisiensi waktu pengisian BBM menjadi indikator penting dalam menilai kinerja operasional sistem kendali otomatis. Proses pengisian dimulai ketika operator menekan *push button* dan berakhir secara otomatis ketika sensor proximity mendeteksi level penuh. Seluruh proses berlangsung tanpa intervensi manual, sehingga waktu pengisian sangat bergantung pada kecepatan respons komponen (relay, kontaktor, sensor) serta debit pompa BBM. Data waktu pengisian dikumpulkan dari 44 sampel pengisian pada berbagai unit mobil, dengan target volume 12 liter per kendaraan. Tabel IV menyajikan ringkasan rata-rata waktu pengisian per unit mobil beserta rentang waktunya.

TABEL IV: Rata-rata waktu pengisian per unit mobil

Unit Mobil	Jumlah Sampel	Rata-rata Waktu (menit)	Rentang Waktu (menit)
Chery Omoda 5	8	1,35	1,30 – 1,40
Chery Tiggo Cross	7	1,29	1,28 – 1,30
Chery Tiggo 8	4	1,30	1,30 – 1,30
Chery Omoda C8	11	1,30	1,30 – 1,32
Chery Omoda C8 Luxury	14	1,30	1,26 – 1,34

Data pada Tabel IV menunjukkan data rata-rata waktu pengisian BBM berkisar antara 1,28–1,40 menit. Terdapat hubungan proporsional antara volume BBM dan waktu pengisian: volume lebih besar (17,5–20 L) membutuhkan waktu hingga 1,40 menit, sedangkan volume di bawah target (10,5–11 L) hanya 1,26–1,28 menit. Hal ini sesuai dengan debit pompa yang konstan. Chery tiggo 8 menunjukkan waktu paling konsisten (1,30 menit) karena volume tepat 12 L. Chery tiggo cross lebih cepat (1,29 menit) akibat *underfill* (11,36 L). Chery omoda C8 luxury memiliki rentang waktu terlebar (1,26–1,34 menit) karena variasi volume paling ekstrem (10,5–15 L). Secara keseluruhan, efisiensi sistem otomatis tergolong cukup baik dengan rata-rata 1,30 menit untuk 12 L. Dibandingkan sistem manual (2–3 menit), sistem otomatis menghemat waktu 35–50%, yang berdampak pada peningkatan *throughput* produksi. Namun, *error overflow* (volume >12 L) memperpanjang waktu hingga 1,40 menit, menunjukkan bahwa akurasi dan efisiensi saling terkait. *Underfill* memang lebih cepat tetapi merugikan. Rekomendasi: tambahkan *flow meter* atau sensor debit untuk mengatur laju aliran secara adaptif.



3.4 Keandalan dan Keamanan Sistem

Keandalan dan keamanan sistem merupakan aspek kritis dalam penerapan sistem kendali otomatis pengisian BBM, mengingat risiko kebocoran, *overflow*, atau bahaya listrik. Sistem ini dirancang dengan beberapa lapisan proteksi dan mekanisme kendali yang bertujuan untuk menjaga operasi tetap aman dan handal. Komponen-komponen keamanan meliputi MCB 1 *phase* (proteksi arus lebih dan hubung singkat), *thermal overload relay* (proteksi beban panas pada motor pompa), serta sistem *grounding* untuk mencegah sengatan listrik. Selain itu, prinsip kendali *closed-loop* dengan umpan balik sensor proximity dan rangkaian *self-hold* pada kontaktor memastikan bahwa pompa hanya aktif selama kondisi pengisian berlangsung dan berhenti otomatis saat tangki penuh. Tabel V merangkum mekanisme keamanan yang terintegrasi dalam sistem beserta fungsinya.

TABEL V: Mekanisme keamanan dan proteksi sistem

Komponen Proteksi	Fungsi	Kondisi Aktif	Status pada Sistem
MCB 1 <i>phase</i>	Memutus arus saat terjadi beban lebih atau hubung singkat	Arus melebihi rating (misal > 16 A)	Terpasang, berfungsi
<i>Thermal Overload Relay</i>	Melindungi motor pompa dari panas berlebih akibat arus berlebih	Arus melebihi <i>set point</i> (sesuai rating motor)	Terpasang, berfungsi simulasi
<i>Grounding</i>	Mencegah sengatan listrik pada personel	Terjadi kebocoran arus ke bodi panel	Terpasang
Sensor Proximity (level penuh)	Menghentikan pompa otomatis saat tangki penuh	Objek logam (permukaan BBM) dalam jangkauan	Terpasang, berfungsi
Rangkaian <i>Self-hold</i>	Mempertahankan status pompa hidup tanpa menekan tombol terus	Kontaktor aktif, tombol <i>start</i> dilepas	Terpasang, berfungsi

Data pada Tabel V menunjukkan Pengujian keandalan dilakukan selama 20 hari operasional (14 Januari – 14 Februari 2025) dengan total 44 kali pengisian. Secara keseluruhan, sistem berhasil menghentikan pompa secara otomatis ketika sensor mendeteksi level penuh pada 100% pengisian yang tidak mengalami error kalibrasi. Namun, pada hari pertama pengujian (20 Januari 2025), terjadi tiga kali *overflow* (17,5 L, 15 L, 20 L) akibat ketidakstabilan sensor proximity atau posisi pemasangan yang kurang tepat. Setelah kalibrasi ulang (penyesuaian jarak deteksi sensor dan pemeriksaan koneksi relay), sistem kembali handal tanpa kegagalan penghentian otomatis. Dari sisi keamanan, MCB tidak pernah trip selama operasi normal, menandakan arus operasional aman. *Thermal overload relay* juga tidak aktif karena motor pompa tidak mengalami beban berlebih. *Grounding* terhubung baik sehingga risiko sengatan listrik minimal. Dibandingkan sistem manual (operator memantau dan mematikan manual), sistem otomatis lebih andal karena menghilangkan risiko kelalaian dan keterlambatan, sehingga *overflow* dan potensi tumpahan BBM berkurang drastis. Proteksi listrik terintegrasi juga memberikan lapisan pengaman tambahan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, sistem kendali otomatis pengisian BBM berbasis sensor proximity menggunakan panel listrik berhasil diimplementasikan dengan baik. Seluruh komponen sistem yang terdiri atas bagian *input* (*push button*, sensor proximity, MCB), proses (modul relay, kontaktor, box terminal), dan *output* (pompa BBM, LED indikator) menunjukkan kinerja yang sesuai pada pengujian fungsional. Setelah dilakukan kalibrasi ulang, sistem mencapai akurasi pengisian dengan rata-rata *error*



absolut sebesar 1,9% serta *error* bias sekitar 0,22%, yang masih berada dalam batas toleransi industri $\pm 5\%$. Selain itu, sistem mampu meningkatkan efisiensi waktu pengisian menjadi rata-rata 1,30 menit untuk volume 12 liter, jauh lebih cepat dibandingkan sistem manual yang membutuhkan waktu 2–3 menit, sehingga memberikan penghematan waktu hingga 35–50% dan berdampak positif terhadap peningkatan produktivitas.

Dari segi keandalan dan keamanan, sistem dilengkapi dengan berbagai mekanisme proteksi seperti MCB 1 *phase*, *thermal overload relay*, *grounding*, rangkaian *self-hold* pada kontaktor, serta sensor proximity yang terbukti mampu menghentikan pompa secara otomatis saat tangki penuh pada seluruh proses pengisian setelah kalibrasi. Hal ini meminimalkan risiko *overflow*, kebocoran BBM, dan bahaya listrik akibat kelalaian operator. Meskipun variasi bentuk tangki kendaraan mempengaruhi akurasi volume pengisian, masalah tersebut dapat diatasi dengan kalibrasi individual menggunakan metode *water filling test*. Dengan demikian, sistem kendali otomatis berbasis panel listrik konvensional ini menawarkan solusi yang sederhana, ekonomis, dan andal dibandingkan sistem berbasis mikrokontroler atau IoT, sehingga sangat direkomendasikan untuk diterapkan di lingkungan industri yang membutuhkan sistem robust, mudah perawatan, serta tidak bergantung pada perangkat digital yang kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. D. Sukoco, D. Riyanto, and J. S. Habiby, "Sistem Otomatis Pengisian Bahan Bakar Genset Pada Kereta Api," *J-Eltrik*, vol. 3, no. 2, pp. 82–90, Nov. 2021, doi: 10.30649/je.v3i2.67.
- [2] A. Rahmanto, "Implementasi Programmable Logic Controller Pada Sistem Pengisian Tangki BBM Genset Otomatis," POLITEKNIK NEGERI JAKARTA, Jakarta, 2025. Accessed: May 01, 2026. [Online]. Available: <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/26791/>
- [3] T. R. Robontang, "Rancang Bangun Sistem Pengaduk dan Pengisian Paving Blok Secara Otomatis," Pekanbaru, Aug. 2025. Accessed: May 01, 2026. [Online]. Available: <https://repository.lib.pcr.ac.id/id/eprint/3702/>
- [4] M. Khandias, "Perancangan Sistem Pendeteksi Ketinggian Pengisian Tangki BBM Genset Berbasis IoT," POLITEKNIK NEGERI JAKARTA, Jakarta, 2025. Accessed: May 01, 2026. [Online]. Available: <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/26828>
- [5] A. I. Baihaqi, Hartono, and Sunaryo, "Rancang Bangun Smart Fuel Pump Pada Genset 550 KVA Berbasis Arduino Dengan Android Di Bandara Tambolaka," *PROSIDING SNITP*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, Jul. 2022, Accessed: May 01, 2026. [Online]. Available: <https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/SNITP/article/view/842>
- [6] S. D. Kussoy, J. Prasetyo, and S. Widodo, "Rancang Bangun Panel Listrik 3 Phase Untuk Kegiatan Praktikum Di Laboratorium Instalasi Listrik," *JURNAL SAINS TERAPAN*, vol. 10, no. 2, pp. 49–55, Oct. 2024, Accessed: May 01, 2026. [Online]. Available: <https://www.academia.edu/145014771/>
- [7] F. Andhana Priatna, W. Hendri Mulyadi, I. Kamil, J. D. GA Siwabessy Kampus UI Baru, and K. Beji, "Perancangan Panel ATS-AMF Berbasis IoT Untuk Meningkatkan Keamanan dan Efisiensi Sistem Kelistrikan," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 44–49, 2024, Accessed: May 01, 2026. [Online]. Available: <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/SNTE/article/view/1738>
- [8] A. Maulana and M. Hariansyah, "Rancang Bangun Pengintegrasian 3 Sistem Kendali Motor Induksi," *JuTEKS*, vol. 4, no. 2, p. 11, Oct. 2017, [Online]. Available: <http://ejournal.uika-bogor.ac.id>
- [9] W. Imam Fauzi, "Sistem Kontrol Portable Fuel Transfers Pump Berbasis Android Untuk Efektifitas Pengisian BBM Helikopter Penerbad," *Nucleus Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 48–55, May 2023, doi: 10.32492/nucleus.v2i1.2105.
- [10] D. Web Server Dan Blynk Disusun Dan Diajukan Oleh, "Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Ketinggian Solar Tangki Pendam SPBU Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Web Server dan Blynk," UNIVERSITAS HASANUDDIN, Makassar, 2024. Accessed: May 01, 2026. [Online]. Available: <http://repository.unhas.ac.id:443/id/eprint/29086>
- [11] A. Shanmugapriya, A. Sangeetha Devi, A. Kalaivani, and K. Suganyadevi, "Intelligent Fuel Pump System with RFID and the Internet of Things," in *Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Networking and Communications 2023, ICNWC 2023, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*, Oct. 2023. doi: 10.1109/ICNWC57852.2023.10127542.
- [12] C. Venugopal and B. Thangavel, "Automatic Vehicle Fueling System using PLC Controlled Robotic Arm," *F1000Res*, vol. 11, p. 1006, Sep. 2022, doi: 10.12688/f1000research.73674.1.



- [13] Z. M. Baqir and H. J. Motlak, "Smart automatic petrol pump system based on internet of things," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 11, no. 2, pp. 1804–1811, Apr. 2021, doi: 10.11591/ijece.v11i2.pp1804-1811.

