

Design and Development of a DS-200C4 Proximity Sensor Control Panel for Automatic Gallon Brush

Imam Sya'roni¹, Ahmad Rifdan Firli^{*2}, Achmad Ghalib³, Diaz Erlangga⁴,
Muhammad Fadli Azis⁵, Roby Tristianoro⁶

¹National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan

^{2,3,4,5,6}Politeknik ATI Makassar

e-mail: 23osp041@atim.ac.id*

Abstract

The gallon washing process in the Bottled Drinking Water industry plays a crucial role in maintaining cleanliness and product quality standards prior to filling. This final project research was motivated by operational problems in the gallon brush machine at PT. Rapid Tirta Sejahtera, which still utilizes a manual control system. The absence of object detection causes the brush drive motor to rotate continuously even when there are no gallons in the washing area, triggering electrical energy waste, accelerating component wear, and lowering production efficiency. As a solution, this experimental study implements an E3F-DS200C4 infrared photoelectric proximity sensor to automate the gallon brush control panel. The integrated system utilizes a switching power supply, 12 VDC relay, LM2596 step-down module, 10-second Omron H3Y timer, single-phase MCB, and a contactor to control the Shimizu water pump and single-phase induction brush motor. Based on electrical parameter testing, the system operates stably with pump operating voltages ranging from 223 to 225 VAC (current 1.30–1.35 A) and sensor voltages from 12.14 to 12.18 VDC (current 0.82–0.85 A). The sensor works effectively within a detection range of 2 cm to 20 cm. The implementation of this timer-based automatic control reduces average manual washing time from 18.6 seconds to a constant 10 seconds, achieving a working time efficiency increase of 46.24% while optimizing electricity and water usage.

Keywords: Proximity Sensor; Automatic Gallon Brush; Control Panel; Time Efficiency; Industrial Automation

Abstrak

Proses pencucian galon pada industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) memegang peranan krusial dalam menjaga kebersihan dan standar mutu produk sebelum pengisian. Penelitian Tugas Akhir ini dilatarbelakangi oleh permasalahan operasional pada mesin sikat galon di PT. Rapid Tirta Sejahtera yang masih menggunakan sistem kontrol manual. Kondisi tanpa pendeteksi objek ini menyebabkan motor penggerak sikat tetap berputar secara kontinu meskipun tidak terdapat galon pada area pencucian, sehingga memicu pemborosan energi listrik, mempercepat keausan komponen sikat, serta menurunkan efisiensi produksi. Sebagai solusi, penelitian eksperimental ini mengimplementasikan sensor *proximity* fotoelektrik inframerah tipe E3F-DS200C4 untuk mengotomatiskan panel kontrol sikat galon secara nirkontak. Sistem terintegrasi ini menggunakan *switching power supply*, *relay* 12 VDC, modul *step-down* LM2596, *timer* Omron H3Y berdurasi 10 detik, MCB 1 fasa, serta kontaktor untuk mengendalikan pompa air Shimizu dan motor sikat induksi 1 fasa. Berdasarkan pengujian parameter elektrik, sistem beroperasi stabil dengan tegangan kerja pompa pada rentang 223–225 VAC (arus 1,30–1,35 A) dan tegangan sensor pada 12,14–12,18 VDC (arus 0,82–0,85 A). Sensor bekerja efektif pada jangkauan jarak 2 cm hingga 20 cm. Implementasi otomatisasi berbasis pewaktu ini memangkas rata-rata waktu pembersihan manual dari 18,6 detik menjadi 10 detik secara konstan, sehingga meningkatkan efisiensi waktu kerja sebesar 46,24% sekaligus mengoptimalkan penggunaan energi listrik dan air.

Kata kunci: Sensor Proximity; Sikat Galon Otomatis; Panel Kontrol; Efisiensi Waktu; Otomasi Industri

1. Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan utama bagi kehidupan manusia, di mana sekitar 75% tubuh manusia terdiri atas air [1]. Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang pesat, kebutuhan akan

air minum terus meningkat, yang terlihat dari kenaikan pendapatan industri air minum dalam kemasan (AMDK) sebesar 40%. Fenomena ini menciptakan peluang bisnis yang besar namun sekaligus memicu persaingan ketat dalam menjaga kualitas produk guna memenuhi standar kesehatan yang ditetapkan. PT. Rapid Tirta Sejahtera merupakan salah satu produsen AMDK yang memproduksi merek Rapid Demineral Water, di mana volume produksi kemasan *cup* 220 ml saat ini jauh lebih tinggi dibandingkan volume galon isi ulang 19 liter. Meskipun demikian, perusahaan masih menghadapi tantangan dalam memastikan kebersihan wadah galon agar tetap sesuai dengan spesifikasi dan persyaratan higienis konsumen.

Permasalahan utama pada operasional depot air minum adalah sistem pengisian dan pencucian yang sering kali masih mengandalkan kontrol manual yang merepotkan dan memakan waktu [1]. Ketergantungan pada pengoperasian manual ini menimbulkan inefisiensi, seperti biaya operasional gaji karyawan yang besar serta risiko kesalahan manusia (*human error*) yang dapat merusak komponen mesin [2]. Selain itu, tanpa adanya sistem pendeteksi objek yang optimal, mesin dapat tetap bekerja meskipun tidak terdapat galon di area pencucian, yang mengakibatkan pemborosan energi listrik serta mempercepat keausan komponen mekanis [1]. Penggunaan sistem manual juga cenderung menghasilkan kualitas pembersihan yang tidak konsisten [3].

Transformasi menuju teknologi otomasi menjadi solusi krusial untuk menggantikan sistem manual dengan proses otonom yang meminimalkan intervensi manusia [4]. Penerapan otomasi pada mesin pembersih terbukti mampu meningkatkan efisiensi kerja secara signifikan melalui penghilangan kotoran secara terjadwal dan efektif [5]. Selain itu, sistem otomatisasi sangat bermanfaat bagi operasional depot air minum untuk mencegah luapan air yang tidak terkontrol serta menghemat tenaga kerja [3]. Integrasi sistem kendali yang tepat juga memungkinkan pengoperasian perangkat secara praktis sesuai dengan keberadaan objek yang dideteksi oleh sistem [6].

Salah satu perangkat utama dalam sistem otomasi industri adalah sensor proximity, yang mampu mendeteksi keberadaan objek tanpa adanya kontak fisik secara langsung [7]. Karakteristik non-kontak ini menjadikan sensor sangat ideal digunakan di lingkungan industri yang memiliki tingkat kontaminasi debu atau getaran mekanis tinggi [7]. Sensor proximity, khususnya tipe infra merah, memiliki keunggulan karena tahan terhadap gangguan cahaya matahari serta mampu mendeteksi objek pada rentang jarak yang presisi, seperti 0 hingga 20 cm, guna menjamin kenyamanan operasional [8]. Penggunaan teknologi sensor ini terbukti memiliki tingkat akurasi deteksi yang tinggi dengan margin kesalahan yang sangat rendah, yakni rata-rata error absolut hanya sebesar 1,9% [9].

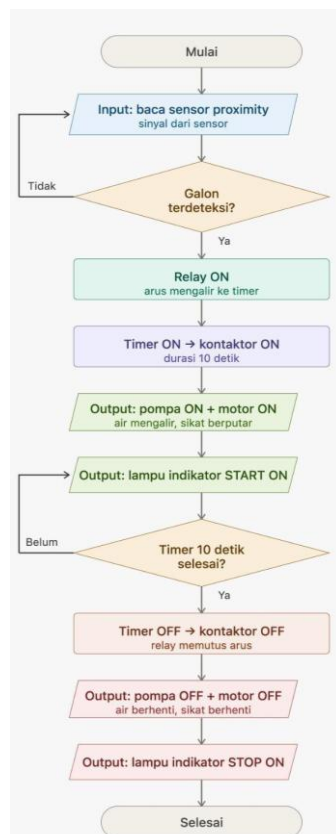
Berdasarkan pertimbangan tersebut, pengembangan sistem sikat galon otomatis yang lebih *user-friendly* menjadi sangat penting untuk meningkatkan produktivitas kerja [6]. Penerapan panel kontrol berbasis sensor proximity DS-200C4 diharapkan dapat memberikan solusi yang sederhana, ekonomis, namun tetap tangguh (*robust*) untuk kebutuhan industri raff. Melalui sistem ini, motor penggerak sikat hanya akan aktif ketika sensor mendeteksi keberadaan galon, sehingga dapat menghemat waktu operasional antara 35% hingga 50% dibandingkan sistem konvensional [9]. Selain efisiensi waktu, integrasi panel kontrol otomatis juga berfungsi menjaga stabilitas performa komponen elektronik agar tidak mengalami panas berlebih (*overheat*) melalui sistem pemantauan suhu yang stabil [10]. Pemanfaatan teknologi kendali ini pada akhirnya akan meningkatkan kualitas pembersihan dan pemantauan operasional secara menyeluruh [11].

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimental dengan pendekatan rancang bangun yang dilaksanakan melalui tahapan perancangan sistem, pembuatan panel kontrol, implementasi pada alat, serta pengujian kinerja secara menyeluruh. Data penelitian dikumpulkan melalui wawancara dengan operator mengenai kendala kerja, observasi alur pencucian manual, serta studi literatur terkait otomasi panel dan sensor *proximity*. Seluruh data yang terkumpul menjadi dasar utama dalam menentukan spesifikasi komponen dan alur sistem kontrol yang dirancang. Untuk mengevaluasi efisiensi kinerja alat, dilakukan analisis data dengan menghitung persentase penghematan waktu antara pencucian manual dan otomatis yang dapat dirumuskan pada Persamaan (1) di bawah ini:

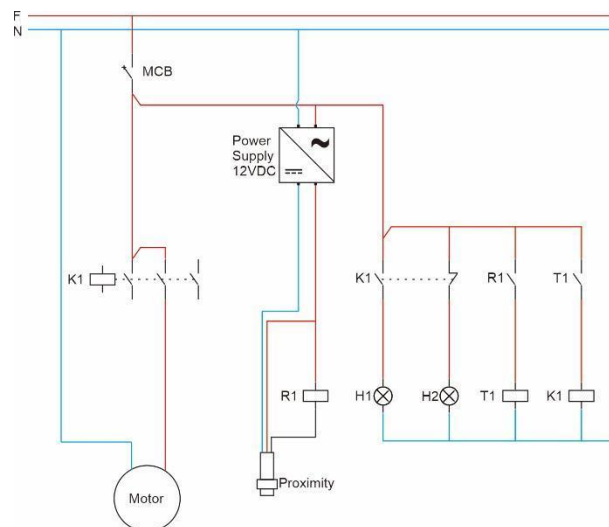
$$\text{Persentase Penghematan} = \frac{\text{Waktu Manual} - \text{Waktu Otomatis}}{\text{Waktu Manual}} \times 100\% \quad (1)$$

Alur logika kontrol dirancang agar proses pencucian berjalan secara otomatis dan efisien tanpa memerlukan intervensi manual operator secara terus-menerus. Saat sensor *proximity* mendeteksi keberadaan galon, sinyal dikirim untuk mengaktifkan *relay*, yang kemudian menyalurkan arus ke *timer* dan *kontaktor*. Aktifnya *kontaktor* menghidupkan motor penyikat dan pompa air secara bersamaan, diiringi menyalnya lampu indikator START selama durasi 10 detik. Penentuan durasi waktu ini disesuaikan untuk memastikan seluruh permukaan luar galon dapat dibersihkan secara optimal dari debu maupun kotoran. Setelah *timer* mencapai 10 detik, aliran arus ke *kontaktor* diputus sehingga motor dan pompa berhenti, lalu lampu indikator STOP menyala menandakan sistem kembali ke kondisi siaga menunggu galon berikutnya. Skema alur kerja sistem secara ringkas, jelas, dan berurutan dari awal hingga akhir siklus ditunjukkan pada Gambar 1.



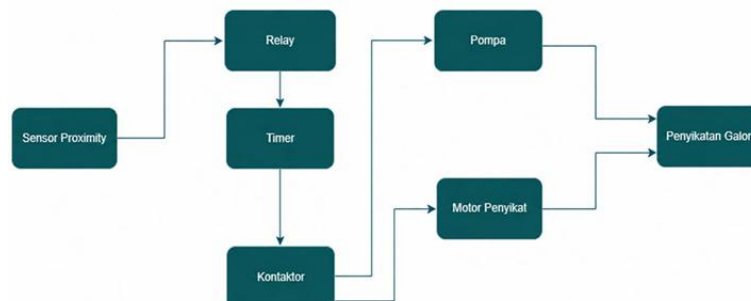
Gambar 1 Flowchart Sistem Kontrol Sikat Galon Otomatis

Rangkaian pengkabelan dirancang untuk menghubungkan arus daya AC 220V dan tegangan kontrol DC agar seluruh komponen dapat saling berinteraksi secara aman. Sumber AC 220V masuk melalui MCB 1 fasa sebagai pengaman, lalu didistribusikan ke *kontaktor* dan *switching power supply* untuk dikonversi menjadi DC 12V. Penurunan tegangan ini sangat penting untuk menjaga keawetan serta stabilitas kerja komponen elektronik berdaya rendah. Tegangan DC tersebut diturunkan kembali menggunakan modul *stepdown* LM2596 untuk memberi daya pada sensor *proximity*. Sinyal keluaran sensor dimanfaatkan untuk memicu *relay*, *timer*, dan koil *kontaktor* guna mengoperasikan beban serta lampu indikator panel. Tata letak dan jalur pengkabelan antar-komponen ini ditunjukkan secara lengkap dan rinci pada Gambar 2.



Gambar 2 Wiring Diagram Panel Kontrol

Secara fungsional, arsitektur kontrol ini terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu *input*, *proses*, dan *output* yang saling terintegrasi membentuk satu kesatuan sistem otomatis. Bagian *input* terdiri dari Sensor Proximity Infrared E3F-DS200C4 yang mendeteksi galon secara nirkontak saat galon berada di posisi penyikatan. Pembacaan nirkontak ini berguna untuk mencegah keausan mekanis serta mempercepat respon pemicuan sistem. Bagian *proses* terdiri dari modul *relay* 12 VDC, *timer* Omron H3Y (penyetelan 10 detik), dan *kontaktor* 12A yang mengolah sinyal masukan untuk mengatur waktu kerja alat. Bagian *output* terdiri dari motor penyikat, pompa air, serta *pilot lamp* yang mengeksekusi proses pencucian dan memberikan indikasi status operasi. Keterhubungan fungsi antar ketiga bagian utama ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Blok Diagram Sistem

Seluruh komponen kelistrikan dirakit ke dalam *panel box* kompak berukuran 35×25×12 cm yang cukup kokoh dan tahan terhadap lingkungan kerja industri cair. Pada pintu luar panel, dipasang dua *pilot lamp* sebagai indikator visual utama: lampu STOP (merah) menyala saat sistem dalam kondisi siaga, sedangkan lampu START (hijau) menyala saat proses penyikatan berdurasi 10 detik sedang berlangsung. Indikasi visual ini sangat membantu operator dalam memantau status kerja mesin dari jarak jauh tanpa harus membuka box panel. Sisi samping panel dilengkapi lubang *gland* kabel untuk kerapian jalur masuk dan keluar kabel daya maupun sensor. Visualisasi tampak luar panel dari sisi depan dan samping diperlihatkan secara detail pada Gambar 4.



Gambar 4 Tampak Luar Panel Sisi Depan dan Samping

Pada bagian dalam panel, komponen ditata rapi di atas *DIN rail* dan terhubung melalui *terminal block* serta kanal kabel (*cable duct*). Komponen terpasang meliputi MCB 1 fasa, *switching power supply*, modul *stepdown*, *relay* 12 VDC, *timer* Omron, dan *kontaktor* magnetik. Penggunaan *cable duct* menjaga estetika interior panel agar kabel tersusun teratur serta meminimalisir risiko korsleting akibat pengkabelan yang berantakan. Penataan ini dirancang untuk memudahkan proses pemasangan kabel luar ke motor/pompa serta mempermudah perawatan berkala maupun perbaikan di kemudian hari. Tata letak dan susunan komponen bagian dalam panel tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Tampak Dalam Panel Sisi Depan dan Samping

3. Hasil dan diskusi

Bagian ini menyajikan data hasil pengujian kinerja sistem kontrol sikat galon otomatis berbasis sensor *proximity*, *timer*, dan *kontaktor*, serta analisis pembahasannya. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi parameter kelistrikan, responsivitas motor terhadap sensor, efisiensi waktu penyikatan, hingga batas jarak deteksi sensor *proximity*.

3.1. Hasil

Pengujian pertama dilakukan untuk mengukur parameter kelistrikan berupa tegangan dan arus listrik pada komponen utama mesin, yaitu pompa air dan sensor *proximity*. Pengukuran dilakukan dalam beberapa kondisi operasional, mulai dari kondisi mesin mati, kondisi *standby*, hingga empat kali pengambilan data saat mesin beroperasi penuh. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa saat mesin mati (kondisi ON namun motor OFF), tegangan pompa adalah 0 VAC dengan arus 0,00 A, sedangkan sensor *proximity* menyerap tegangan sebesar 12,12 VDC dengan arus 0,81 A. Ketika sistem bekerja (ON data 1 hingga 4), tegangan kerja pompa air berada pada rentang 223 VAC hingga 225 VAC dengan konsumsi arus berkisar antara 1,30 A hingga 1,35 A. Pada saat yang sama, tegangan kerja sensor *proximity* relatif stabil pada rentang 12,14 VDC hingga 12,18 VDC dengan konsumsi arus antara 0,82 A hingga 0,85 A. Seluruh data hasil pengukuran parameter kelistrikan ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus

Kondisi Mesin	Tegangan Pompa (VAC)	Arus Pompa (A)	Tegangan Sensor Proximity (VDC)	Arus Sensor (A)
Kondisi ON	0	0,00	0	0,00
(Motor OF)	0	0,00	12,12	0,81
ON (data 1)	223	1,30	12,14	0,82
ON (data 2)	224	1,31	12,15	0,83
ON (data 3)	223	1,33	12,16	0,84
ON (data 4)	225	1,35	12,18	0,85

Pengujian kedua difokuskan pada pengujian respon motor terhadap deteksi sensor dalam sepuluh kondisi masukan (*input*) yang berbeda. Dari sepuluh kali pengujian, lima percobaan pertama saat galon masuk ke area sensor menunjukkan respon normal di mana sensor aktif dan motor menyala secara otomatis. Pada percobaan ke-6 hingga ke-8 serta percobaan ke-10 saat tidak ada galon, sistem bekerja normal di mana sensor tidak aktif dan motor tetap mati (*standby*). Namun, pada percobaan ke-9 terdeteksi kondisi *False Trigger*, yaitu sensor aktif dan motor menyala meskipun tidak ada galon di area pencucian akibat sensor mendeteksi objek lain di sekitarnya. Rincian pengujian respon motor terhadap sensor ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengujian Respon Motor Terhadap Sensor

NO	Kondisi Input	Sensor Aktif	Motor ON?	Status	Ket.
1	Galon masuk area sensor	Ya	Ya	Normal	Motor menyala setelah sensor aktif
2	Galon masuk area sensor	Ya	Ya	Normal	Respon stabil
3	Galon masuk area sensor	Ya	Ya	Normal	Tidak ada kendala
4	Galon masuk Area sensor	Ya	Ya	Normal	Respon sedikit lebih lambat
5	Galon masuk Area sensor	Ya	Ya	Normal	Motor bekerja normal
6	Tidak ada galon	Tidak	Tidak	Normal	Motor tetap mati
7	Tidak ada galon	Tidak	Tidak	Normal	Sensor tidak mendeteksi objek
8	Tidak ada galon	Tidak	Tidak	Normal	Sistem standby
9	Tidak ada galon	Ya	Ya	False Trigger	Sensor mendeteksi objek selain galon
10	Tidak ada galon	Tidak	Tidak	Normal	Objek tidak terdeteksi sensor

Pengujian ketiga merupakan pengujian komparatif durasi waktu proses penyikatan galon secara manual dibandingkan dengan penyikatan secara otomatis pada sepuluh sampel galon. Hasil pengukuran mencatat bahwa waktu pembersihan galon secara manual bervariasi antara 17 detik hingga 22 detik, dengan rata-rata waktu pembersihan sebesar 18,6 detik per galon. Sementara itu, dengan memanfaatkan sistem kontrol otomatis yang dikendalikan oleh *timer*, durasi penyikatan galon berlangsung sangat konsisten dan konstan yaitu tepat 10 detik untuk seluruh sampel galon. Hasil perbandingan ini mengonfirmasi adanya persentase penghematan waktu kerja sebesar 46,24% pada sistem otomatis. Seluruh data perbandingan waktu penyikatan tersebut dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Waktu Penyikatan Manual dan Otomatis

Urutan Galon	Penyikatan Secara Manual	Penyikatan Secara Otomatis
1	17 Detik	10 Detik
2	18 Detik	10 Detik
3	17 Detik	10 Detik
4	18 Detik	10 Detik
5	17 Detik	10 Detik
6	20 Detik	10 Detik
7	22 Detik	10 Detik
8	19 Detik	10 Detik
9	19 Detik	10 Detik
10	17 Detik	10 Detik

Pengujian keempat dilakukan untuk menentukan batas jarak pembacaan sensor *proximity* terhadap objek galon. Berdasarkan hasil pengujian lima variasi jarak, sensor berhasil mendeteksi galon dengan stabil pada jarak 2 cm, 5 cm, dan 10 cm. Namun, ketika jarak galon diperlebar menjadi 20 cm dan 22 cm, sensor tidak lagi mampu mendeteksi keberadaan galon (*status berhasil* karena sesuai batas jangkauan teknis sensor). Hal ini menunjukkan bahwa batas jarak pembacaan efektif sensor *proximity* pada alat ini adalah di bawah 20 cm. Data lengkap hasil pengujian jarak deteksi sensor disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengujian Jarak Deteksi Sensor Proximity

No.	Jarak Sensor ke Galon (cm)	Galon Terdeteksi?	Status
1	2cm	Ya	Berhasil
2	5cm	Ya	Berhasil
3	10cm	Ya	Berhasil
4	20cm	Tidak	Berhasil
5	22cm	Tidak	Berhasil

3.2. Diskusi

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian yang telah diperoleh, penerapan sistem kontrol otomatis pada alat penyikat galon terbukti memberikan peningkatan efisiensi operasional serta keandalan sistem kelistrikan yang stabil di area produksi. Pembahasan komprehensif mengenai hasil penelitian ini diuraikan berdasarkan parameter kelistrikan, keandalan kontrol sensor, serta efisiensi waktu pembersihan.

Pada pengukuran parameter kelistrikan, pasokan tegangan AC sebesar 223 V hingga 225 V dengan arus sekitar 1,30 A hingga 1,35 A pada pompa air berada dalam batas operasional yang aman dan normal sesuai dengan spesifikasi motor induksi 1 fasa. Kestabilan arus ini menandakan bahwa beban mekanis dari sikat dan dorongan air tidak menyebabkan *overload* pada motor. Di sisi lain, tegangan kontrol DC yang disuplai ke sensor *proximity* terukur stabil pada kisaran 12,14 VDC hingga 12,18 VDC. Tegangan yang stabil ini sangat penting untuk menjaga sensitivitas pembacaan komponen elektronik serta mencegah terjadinya kegagalan sinyal (*drop voltage*) saat *relay* dan koil *kontaktor* terpicu secara bersamaan.

Terkait responsivitas kontrol, pengujian jarak deteksi menegaskan bahwa jangkauan kerja optimal sensor *proximity* berada pada jarak kurang dari 20 cm (efektif pada 2 cm hingga 10 cm). Pembatasan jarak ini secara teknis menguntungkan karena mencegah pemisah sinyal terpicu oleh pergerakan operator atau objek lain yang melintas di luar area dudukan galon. Meskipun demikian, temuan adanya kondisi *False Trigger* pada pengujian respon motor (percobaan ke-9) mengindikasikan bahwa sensor *proximity* infrared masih sensitif terhadap pantulan cahaya sekitar atau objek asing yang secara tidak sengaja melintas dekat dari bidang pemicu. Oleh karena itu, posisi fisik sensor perlu dilindungi dengan *housing* atau pelindung mekanis untuk mengeliminasi gangguan pemicuan palsu tersebut.

Keunggulan terbesar dari implementasi otomatisasi ini terletak pada efisiensi waktu operasional sebesar 46,24%. Pada proses manual, waktu pembersihan sangat bervariasi (17–22 detik) akibat faktor kelelahan operator (*human fatigue*) dan inkonsistensi kebiasaan kerja. Dengan diterapkannya kontrol pewaktu (*timer*) otomatis berdurasi 10 detik, proses pembersihan berlangsung secara seragam, terukur, dan tidak bergantung pada stamina manusia. Selain

memangkas waktu kerja hampir separuhnya, otomatisasi ini secara langsung menghemat penggunaan air pencuci dan energi listrik karena pompa serta motor sikat hanya beroperasi saat galon terdeteksi pada posisi yang benar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan pembahasan yang telah dilakukan pada sistem kontrol sikat galon otomatis, dapat disimpulkan bahwa arsitektur kontrol yang dirancang berbasis *switching power supply*, *relay*, *timer*, dan *kontaktor* mampu bekerja secara stabil, aman, dan responsif. Hasil pengukuran parameter kelistrikan menunjukkan tegangan kerja pompa air berada pada kisaran 223–225 VAC dengan konsumsi arus 1,30–1,35 A, sementara tegangan kontrol DC untuk sensor *proximity* terukur sangat stabil pada rentang 12,14–12,18 VDC. Dari segi responsivitas, sensor *proximity* terbukti memiliki batas jarak pembacaan efektif maksimal di bawah 20 cm dengan jangkauan deteksi optimal pada jarak 2 cm hingga 10 cm. Secara operasional, penggunaan kontrol pewaktu otomatis berdurasi 10 detik berhasil mengeliminasi inkonsistensi akibat faktor kelelahan manusia (*human fatigue*). Implementasi otomatisasi ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi proses pembersihan galon secara signifikan, di mana durasi penyikatan yang sebelumnya membutuhkan waktu rata-rata 18,6 detik secara manual dapat dipangkas menjadi konstan 10 detik, sehingga menghasilkan penghematan waktu kerja sebesar 46,24% sekaligus mengoptimalkan konsumsi energi listrik dan air pencuci.

5. Notasi

Notasi yang digunakan dalam perhitungan persentase penghematan waktu pada penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- **P** : Persentase Penghematan (%)
- **W_m** : Waktu Penyikatan secara Manual (detik)
- **W_o** : Waktu Penyikatan secara Otomatis (detik)

Referensi

- [1] R. F. Sihotang, "RANCANG BANGUN SISTEM PENGISIAN AIR GALON OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR PROXIMITY DAN FLOWMETER BERBASIS ARDUINO UNO," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3S1, Oct. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3s1.5115.
- [2] E. A. Dharmawan and M. Pical, "PERANCANGAN VENDING MACHINE UNTUK DEPOT AIR ISI ULANG BEBASIS ARDUINO," vol. 4, no. 1, 2023.
- [3] S. Nurmuslimah, M. Munir, J. D. Kasih, P. Korespondensi, and M. A. Id, "Rancang Bangun Sistem Pengisian Galon Otomatis Menggunakan Arduino dan Sensor Kapasitif Tipe LJC18A3," vol. 6, no. 1, 2025, doi: 10.31284/j.kernel.2025.v6i2.7385.
- [4] G. R. A. Putra, E. Ezwarsyah, R. Putri, B. Badriana, and R. Rosdiana, "Prototype of Car Washing Automation and Monitoring System Using Outseal PLC and Modbus HMI," *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, vol. 5, no. 2, pp. 613–618, Jul. 2025, doi: 10.47709/brilliance.v5i2.6465.
- [5] A. Renaldi, S. Nurhaedah, M. Anshar, and S. Suryanto, "Kontrol Otomatis Pembersih Panel Surya Berbasis IoT Dengan Menggunakan Platform Thingspeak," *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 22, no. 1, pp. 158–167, Sep. 2024, doi: 10.31963/sinergi.v22i1.5003.
- [6] Eka Nur Wahid, Dede Fauzul Iman, and Repaldi Repaldi, "Rancang Bangun Pengembangan Sistem Pompa Galon Air Otomatis Dengan Sensor Infrared Untuk Efisiensi Penggunaan Air Minum," *Jurnal Elektronika dan Teknik Informatika Terapan (JENTIK)*, vol. 1, no. 4, pp. 227–236, Dec. 2023, doi: 10.59061/jentik.v1i4.540.
- [7] Apriansyah Zulatama, Dilvera Putih Zahra Valencia, and Sarmidi, "Penerapan Sensor proximity Untuk Sistem Monitoring Gate Weigh Bin Di TLS 1-02 PT. Bukit Asam, Tbk.,," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 196–202, Oct. 2025, doi: 10.62278/jits.v3i1.66.
- [8] N. Nasri, A. Asmira, and L. O. Bakrim, "Perancangan Keran Westafel Otomatis Menggunakan Sensor Ir dan Micro Servo Berbasis Mikrokontroler," *SIMKOM*, vol. 7, no. 1, pp. 42–49, Jan. 2022, doi: 10.51717/simkom.v7i1.71.
- [9] E. Raffyanto, R. Rahmadani, E. U. Armind, and Razikin, "Implementasi Sistem Kendali Otomatis Pengisian BBM Berbasis Sensor Proximity Menggunakan Panel Listrik," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 13, no. 1, pp. 98–109, May 2026, doi: 10.33795/elkolind.v13i1.9790.

- [10] I. D. G. D. Pranata *et al.*, "Sistem Pendingin Otomatis dan Monitoring Suhu pada Panel Box Recloser Menggunakan Sensor MLX90614 Berbasis ESP8266," *SMATIKA JURNAL*, vol. 12, no. 01, pp. 17–26, Jun. 2022, doi: 10.32664/smatika.v12i01.667.
- [11] S. Kusumastuti *et al.*, "Development and implementation of a programmable logic controller and human machine interface for control and monitoring of bottling operations," *508 Disseminating Information on the Research of Mechanical Engineering-Jurnal Polimesin*, vol. 22, no. 5, 2024, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin>