

Control and Monitoring System for Cleaning In Place Supply Pump Based on Website

Mohammad Arifuddin Hanafi ¹⁾, Syamsudduha Syahririni^{*2)}

¹⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: syahririni@umsida.ac.id

Abstract. The food and beverage industry faces stringent food safety standards, particularly regarding production equipment hygiene. This study develops a web-based system for controlling and monitoring the supply pump in the Cleaning In Place (CIP) process of Sanko machines, focusing on enhancing cleaning efficiency and consistency. A waterfall methodology was employed, encompassing initial planning, literature review, system design, implementation, and functional testing. The system architecture utilizes NodeMCU ESP8266 as the primary controller, integrating a Danfoss VLT Aqua Drive FC 202 inverter through a 4-channel relay module. The web interface was constructed using PHP and MySQL for the backend, complemented by Bootstrap framework for the frontend display. Two operational modes—Manual and Auto—were provided to offer control flexibility according to operational requirements. Prototype testing demonstrated the system's capability to regulate two flowrate setpoints (15,000 l/h and 8,000 l/h) with an 80% success rate. Communication between the website and NodeMCU via HTTP protocol with JSON format exhibited adequate stability, with an average response delay of 1 second. The real-time monitoring feature successfully displayed various operational parameters including system status, active mode, actual flowrate values, and relay conditions, with a data update interval of 1 second. This research contributes practical value to CIP process optimization through digitalization and real-time monitoring aligned with Industry 4.0 principles.

Keywords - Cleaning In Place, NodeMCU ESP8266, real-time monitoring, Danfoss inverter, web-based control system, Industry 4.0.

Abstrak. Industri makanan dan minuman dituntut memenuhi standar keamanan pangan yang ketat, terutama dalam kebersihan peralatan produksi. Studi ini mengembangkan sistem berbasis website untuk mengontrol dan memonitor pompa supply pada proses Cleaning In Place (CIP) mesin Sanko, dengan fokus pada peningkatan efisiensi dan konsistensi pembersihan. Pendekatan waterfall digunakan sebagai metodologi penelitian, mencakup perencanaan awal, kajian literatur, perancangan sistem, implementasi, hingga pengujian fungsional. Arsitektur sistem memanfaatkan NodeMCU ESP8266 sebagai kontroler utama yang mengintegrasikan inverter Danfoss VLT Aqua Drive FC 202 melalui modul relay 4 channel. Interface website dibangun dengan kombinasi PHP dan MySQL untuk backend, serta Bootstrap framework untuk tampilan frontend. Dua mode operasi disediakan—Manual dan Auto—untuk memberikan fleksibilitas kontrol sesuai kebutuhan operasional. Pengujian prototype menunjukkan sistem mampu mengatur dua setpoint flowrate (15.000 l/h dan 8.000 l/h) dengan tingkat keberhasilan mencapai 80%. Komunikasi antara website dan NodeMCU menggunakan protokol HTTP dengan format JSON menunjukkan stabilitas yang memadai, dengan delay response rata-rata 1 detik. Fitur monitoring real-time berhasil menampilkan berbagai parameter operasional meliputi status sistem, mode aktif, nilai flowrate aktual, dan kondisi relay, dengan interval pembaruan data setiap 1 detik. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis dalam optimalisasi proses CIP melalui digitalisasi dan monitoring real-time yang sejalan dengan konsep Industri 4.0.

Kata Kunci – Cleaning In Place, NodeMCU ESP8266, monitoring real-time, inverter Danfoss, sistem kontrol berbasis web, Industri 4.0.

I. PENDAHULUAN

Sektor industri makanan dan minuman di era industrialisasi modern menghadapi tuntutan yang semakin ketat dalam memenuhi standar keamanan pangan, khususnya terkait kebersihan peralatan produksi. Di Jawa Timur terdapat perusahaan produsen makanan dan minuman berbasis protein yang memiliki pangsa pasar terkemuka di Indonesia, terutama dalam kategori yogurt [1]. Seiring peningkatan permintaan pasar dan inovasi produk baru, perusahaan telah melakukan investasi signifikan dengan mendatangkan dua unit mesin Filling Sanko dari Jepang yang memiliki peran kritis dalam proses produksi karena berfungsi mengisi cairan produk ke dalam kemasan.

Untuk menjamin standar kebersihan yang tinggi, perusahaan menerapkan metode Cleaning In Place (CIP), sebuah sistem pembersihan yang memungkinkan peralatan dibersihkan tanpa perlu dibongkar [2]. Teknik CIP yang diimplementasikan adalah Sistem Sirkulasi Bertekanan, dimana larutan sanitasi dialirkan melalui pompa dengan

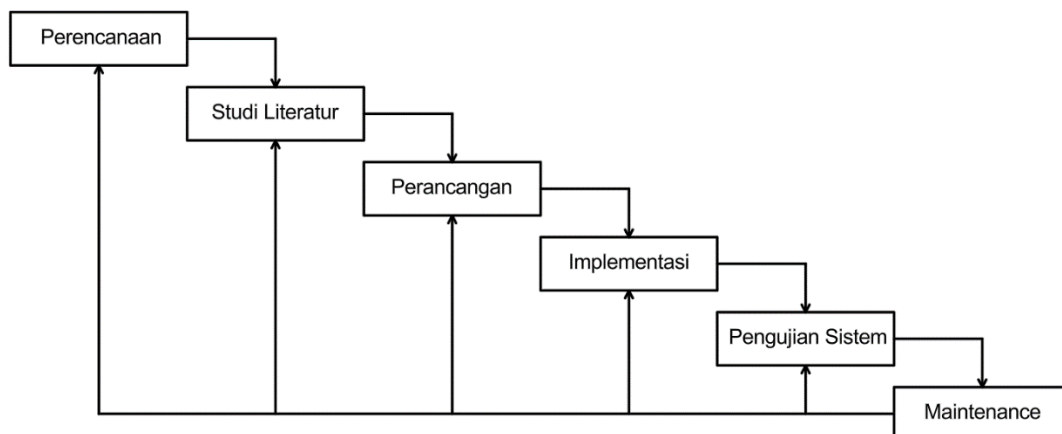
kecepatan tinggi atau aliran volumetrik turbulen pada suhu dan durasi tertentu [3]. Namun, sistem CIP yang ada saat ini masih menghadapi beberapa tantangan [4]. Pertama, pengaturan kecepatan pompa supply yang masih manual menyebabkan inkonsistensi dalam proses pembersihan [5]. Kedua, tidak adanya sistem monitoring real-time membuat operator kesulitan memantau parameter penting seperti tekanan, suhu, dan durasi pembersihan [6]. Ketiga, tidak adanya dokumentasi digital dari proses CIP menyulitkan proses audit dan evaluasi kinerja sistem [7].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem informasi berbasis web dapat memudahkan monitoring dan kontrol secara real-time serta menyimpan data historis proses [8]. Penerapan IoT dengan NodeMCU ESP8266 untuk otomatisasi dan monitoring pompa air berbasis internet telah menunjukkan hasil yang menjanjikan [9]. Di sisi lain, inverter industri seperti Danfoss VLT menawarkan kemampuan kontrol kecepatan motor secara presisi melalui integrasi digital [10]. Meski demikian, kajian yang secara khusus mengintegrasikan kedua teknologi ini untuk mengoptimalkan sistem CIP pada mesin Filling Sanko—khususnya dalam konteks industri makanan dan minuman—masih belum ditemukan dalam literatur yang ada.

Berdasarkan permasalahan dan celah penelitian tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem kontrol dan monitoring pompa supply CIP berbasis website yang dapat mengoptimalkan kinerja pompa, memudahkan monitoring real-time, dan menyimpan data historis proses CIP. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi NodeMCU ESP8266 dengan inverter Danfoss VLT Aqua Drive FC 202 melalui interface web untuk kontrol dan monitoring sistem CIP pada mesin Filling Sanko, yang sejalan dengan upaya digitalisasi industri dalam menghadapi era Industri 4.0 [11], [12].

Tujuan penelitian ini adalah: 1) mengintegrasikan dan menyesuaikan kecepatan pompa CIP yang sudah terinstal agar dapat beroperasi sesuai dengan program CIP mesin Sanko yang baru; dan 2) merancang serta mengimplementasikan sistem monitoring dan kontrol proses CIP menggunakan platform web untuk mengoptimalkan keseluruhan proses.

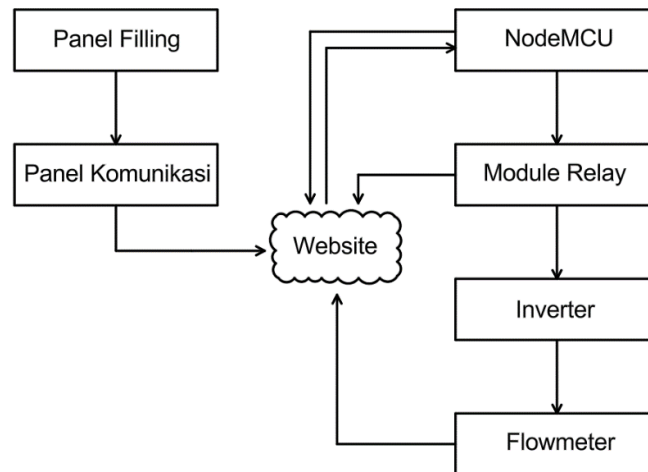
II. METODE



Gambar 1. Diagram Waterfall.

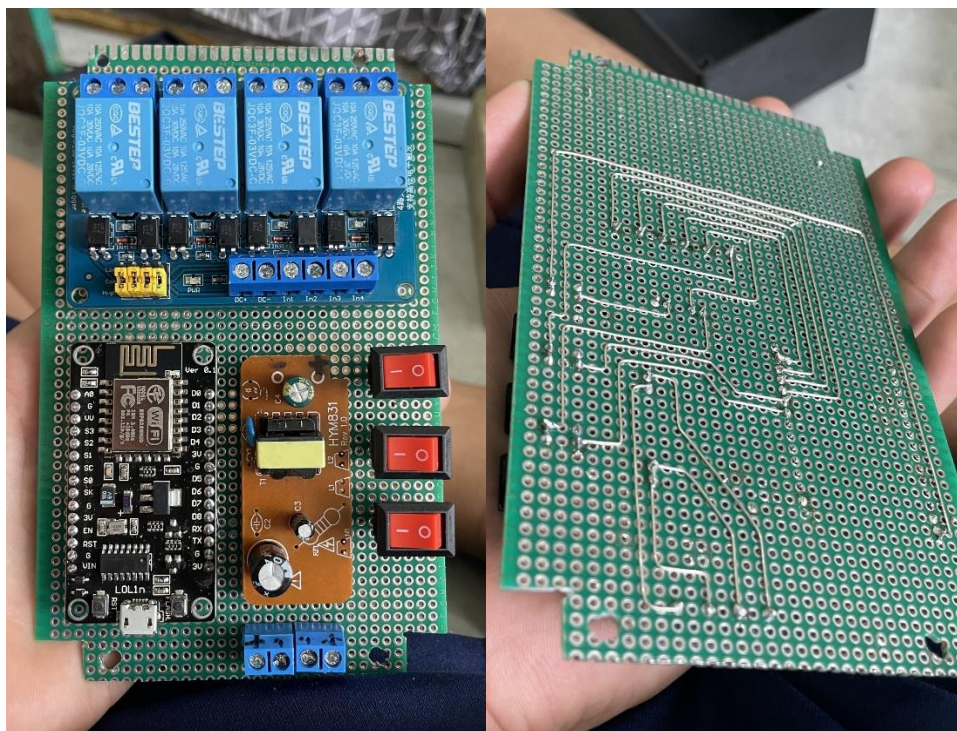
Penelitian ini menggunakan metode waterfall yang terdiri dari lima tahapan sistematis [13]. Tahap pertama adalah perencanaan yang merupakan proses sistematis untuk menentukan tujuan, mengembangkan strategi, dan merancang aktivitas yang diperlukan untuk mencapai tujuan tersebut [14]. Tahap kedua adalah studi literatur yang meliputi pengumpulan data, pengkajian dan analisis sistematis terhadap berbagai sumber literatur yang relevan dengan topik penelitian [15]. Tahap ketiga adalah perancangan untuk membuat model fisik dan non-fisik yang memenuhi semua persyaratan sistem, termasuk pembuatan desain antarmuka dan identifikasi input, proses, dan output yang diperlukan. Tahap keempat adalah implementasi yang merupakan proses penerapan atau pelaksanaan dari rencana yang telah disusun secara sistematis dan terperinci, menerjemahkan hasil perancangan menjadi sistem yang dapat dioperasikan secara nyata. Tahap kelima adalah pengujian sistem untuk memastikan bahwa semua komponen telah berfungsi dengan baik serta sesuai dengan ketentuan yang diharapkan, termasuk kalibrasi untuk menyesuaikan pengukuran agar lebih akurat.

A. Arsitektur Sistem



Gambar 2. Diagram sistem penelitian.

Sistem yang dikembangkan menggunakan arsitektur client-server dengan beberapa komponen utama. Panel Mesin Filling memberikan trigger ke Panel Komunikasi CIP Kitchen yang kemudian diteruskan ke NodeMCU ESP8266. NodeMCU berfungsi sebagai pengendali utama yang menghubungkan interface website dengan perangkat lapangan melalui koneksi WiFi pada IP address 192.168.100.47. NodeMCU berkomunikasi dua arah dengan website sebagai interface user dan mengirimkan sinyal kontrol ke modul relay 4 channel.



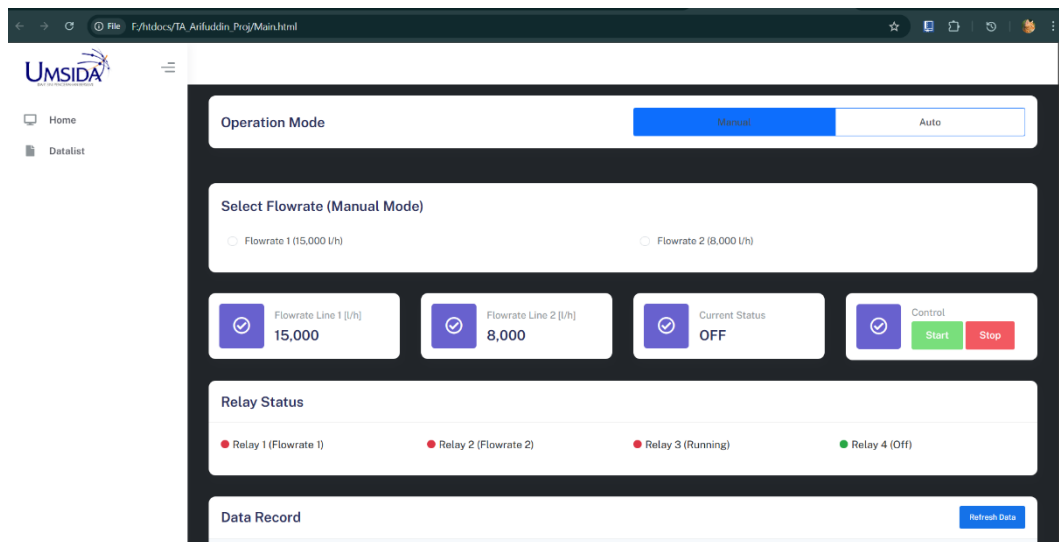
Gambar 3. Rangkaian Kontrol Hardware .

Sistem relay 4 channel digunakan sebagai interface antara NodeMCU dengan inverter. Relay 1 pada pin D1 berfungsi untuk trigger pemilihan Flowrate 1, Relay 2 pada pin D2 untuk trigger Flowrate 2, Relay 3 pada pin D3 sebagai indikator running, dan Relay 4 pada pin D4 sebagai indikator status off. Relay kemudian mengaktifkan inverter Danfoss VLT Aqua Drive FC 202 yang telah dikonfigurasi dengan dua setpoint kecepatan yaitu 15.000 l/h untuk Flowrate 1 dan 8.000 l/h untuk Flowrate 2. Inverter menggerakkan motor pompa CIP, dan flowmeter yang

dipasang pada output pompa memberikan feedback pembacaan aliran secara real-time untuk memverifikasi flowrate yang digunakan.

B. Implementasi Perangkat Lunak

Firmware untuk NodeMCU ESP8266 dibangun pada platform Arduino IDE dengan mengintegrasikan beberapa library penting: ESP8266WiFi menangani konektivitas jaringan, ESP8266WebServer menyediakan layanan web server lokal, sementara ArduinoJson digunakan untuk memproses data JSON. Firmware dirancang dengan empat fungsi inti—menghubungkan perangkat secara otomatis ke jaringan WiFi internal perusahaan, menyediakan endpoint API sebagai kanal komunikasi dengan interface website, mengatur kondisi 4 relay sesuai instruksi yang diterima, serta menyajikan informasi kondisi sistem secara real-time.



Gambar 4. Tampilan halaman web.

Komunikasi antara website dan NodeMCU menggunakan protokol HTTP dengan tiga endpoint utama. Endpoint POST /control digunakan untuk mengirim perintah kontrol seperti start, stop, dan pemilihan flowrate. Endpoint GET /status berfungsi mengambil status sistem secara real-time, sedangkan GET /relay untuk monitoring kondisi relay. Seluruh data dikomunikasikan dalam format JSON untuk memudahkan proses parsing dan processing.

Website interface dikembangkan menggunakan HTML5, CSS3 dengan framework Bootstrap, JavaScript untuk frontend, PHP untuk backend, dan MySQL sebagai database untuk penyimpanan data historis. Template Kaiadmin Bootstrap digunakan untuk memberikan tampilan yang profesional dan responsif. Website menyediakan dua mode operasi yaitu Manual Mode dimana operator dapat memilih flowrate yang diinginkan, dan Auto Mode yang menjalankan sistem secara otomatis dengan sequence yang telah ditentukan. Fitur monitoring real-time menampilkan status sistem (Running/OFF), mode operasi aktif (Manual/Auto), flowrate yang sedang berjalan, dan status 4 relay dengan indikator visual berwarna hijau untuk kondisi ON dan merah untuk kondisi OFF.

C. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dijadwalkan pada saat produksi sedang senggang atau tidak ada produksi untuk menghindari gangguan pada sistem yang telah berjalan. Pengujian awal dilakukan tanpa menghubungkan inverter dengan beban (pompa) untuk melakukan pengamatan dan pengecekan. Setelah semua sistem dianggap sesuai, pengujian dilanjutkan dengan menggunakan pompa dan air sekaligus. Metode bertahap ini dilakukan untuk penghematan energi dan sebagai bentuk safety agar kesalahan pada sistem tidak berdampak luas pada seluruh komponen. Pengujian meliputi pengujian konektivitas, fungsi relay, mode manual, mode otomatis, monitoring real-time, dan integrasi dengan inverter.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Konektivitas

Pengujian konektivitas dilakukan untuk memastikan komunikasi antara website dan NodeMCU berjalan dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan NodeMCU berhasil terhubung pada IP address 192.168.100.47 dengan koneksi

WiFi yang stabil pada jaringan lokal perusahaan. Response time untuk HTTP request tercatat sekitar 1 detik dengan kualitas sinyal WiFi yang memadai untuk operasional. Delay komunikasi sebesar 1 detik yang terjadi masih dalam batas toleransi untuk sistem CIP yang tidak memerlukan response time critical. Delay ini disebabkan oleh tiga faktor utama yaitu waktu processing pada NodeMCU, latency jaringan WiFi, dan waktu processing pada web server.

B. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Pengujian fungsi relay dilakukan untuk memverifikasi kemampuan sistem dalam mengontrol pompa CIP. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian relay pada berbagai kondisi operasi.

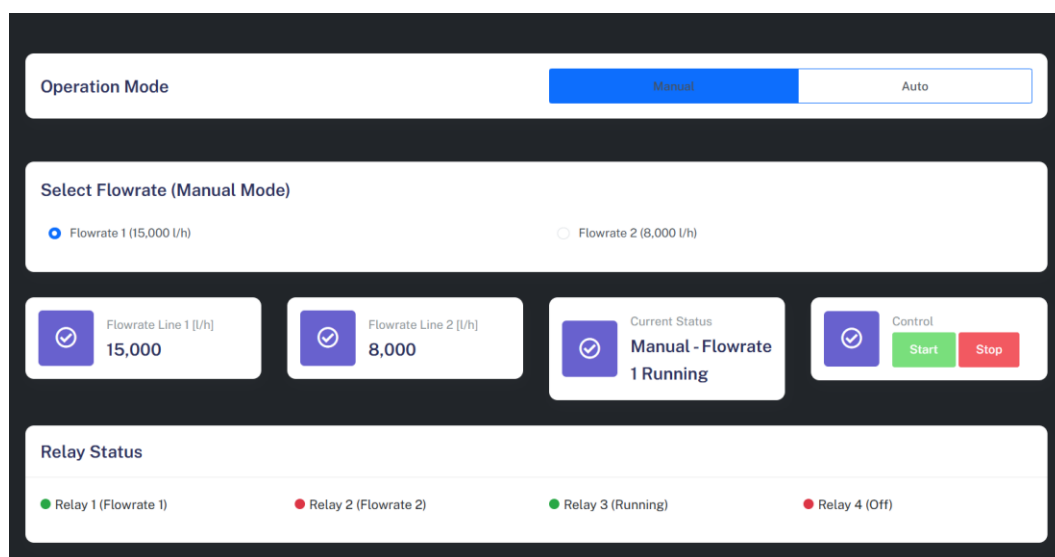
Kondisi	Relay 1	Relay 2	Relay 3	Relay 4	Status Pompa	Flowrate Aktif
System OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	-
Manual Flowrate 1	ON	OFF	ON	OFF	Running	15.000 l/h
Manual Flowrate 2	OFF	ON	ON	OFF	Running	8.000 l/h
Auto - Phase 1	ON	OFF	ON	OFF	Running	15.000 l/h
Auto - Phase 2	OFF	ON	ON	OFF	Running	8.000 l/h

Tabel 1. Hasil pengujian relay pada berbagai kondisi operasi.

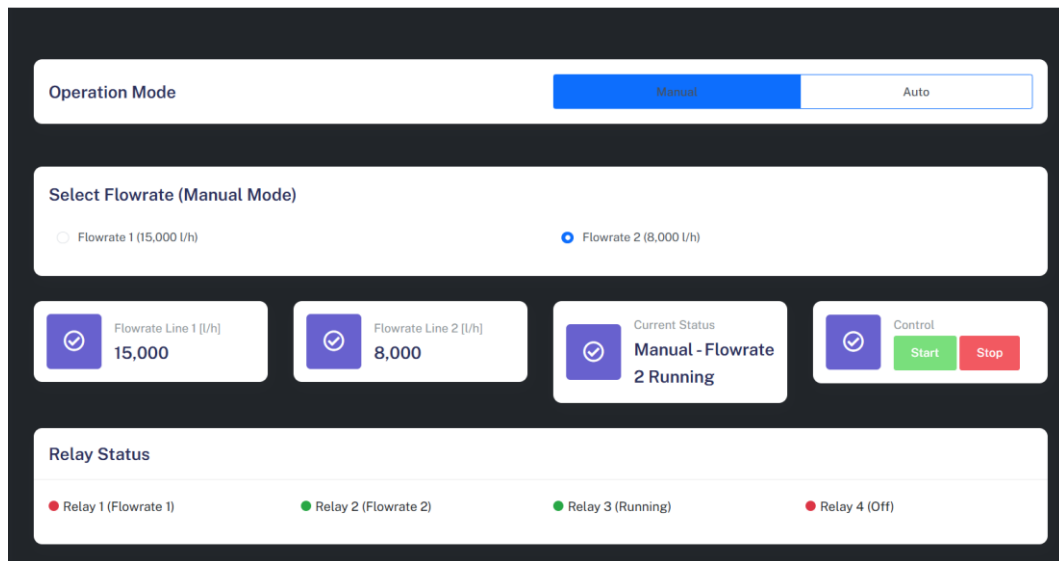
Hasil pengujian menunjukkan relay berfungsi sesuai dengan perintah dari website. Switching antar relay berjalan dengan lancar tanpa terjadi Konflik. Status relay ditampilkan secara real-time pada interface website dengan indikator visual yang jelas. Inverter merespon trigger relay dengan tepat sesuai setpoint yang telah dikonfigurasi.

C. Hasil Pengujian Mode Manual

Skenario pengujian mode manual dirancang dengan durasi 11 menit yang terbagi dalam tiga fase: operasi Flowrate 1 (15.000 l/h) selama 5 menit, jeda 1 menit, dan operasi Flowrate 2 (8.000 l/h) selama 5 menit. Hasil pengujian mengkonfirmasi sistem berhasil menjalankan flowrate sesuai input operator dengan stabilitas kecepatan pompa yang konsisten terhadap setpoint inverter. Transisi antar flowrate memerlukan penghentian sistem sebagai prosedur wajib. Data operasional meliputi timestamp, mode, flowrate aktif, dan status system tercatat secara komprehensif dalam database record.



Gambar 5. Tampilan saat flowrate 1 ON pada mode manual.



Gambar 6. Tampilan saat flowrate 2 ON pada mode manual.

Data Record Refresh Data				
DATE & TIME	MODE	ACTIVE FLOWRATE	STATUS	
11/13/2025, 10:56:29 AM	Manual	-	Stopped	
11/13/2025, 10:51:18 AM	Manual	Flowrate 2	Running	
11/13/2025, 10:50:30 AM	Manual	-	Stopped	
11/13/2025, 10:45:49 AM	Manual	Flowrate 1	Running	

Gambar 7. Data operasi mode manual.

Nilai kelembaban udara selama pengujian berada pada kisaran 40%-80%. Pada pengujian awal kelembaban udara tercatat sebesar 40%, kemudian meningkat dan cenderung stabil pada rentang 60%-80% pada pengujian selanjutnya. Rentang kelembaban tersebut masih sesuai dengan karakteristik penyimpanan bibit bawang merah sehingga tidak memicu kondisi ekstrem yang dapat menyebabkan kerusakan bibit.

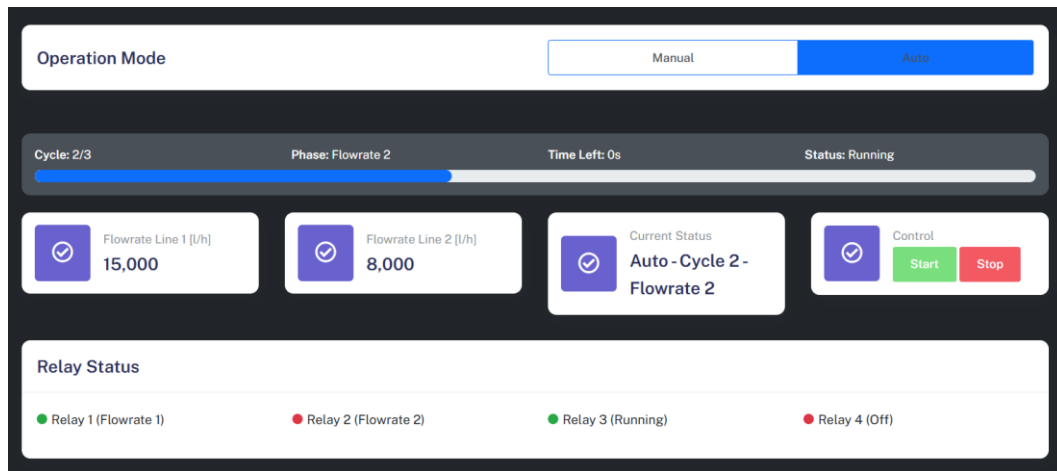
Hasil pemantauan berat bibit bawang merah menunjukkan adanya peningkatan berat dari 0.00 kg menjadi 0.05 kg selama periode pengujian. Peningkatan berat menunjukkan bahwa bibit dalam penyimpanan berada dalam kondisi stabil dan tidak mengalami penyusutan bobot yang signifikan selama masa pengujian. Stabilitas berat bibit dalam ruang penyimpanan menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kualitas suhu dan kelembaban ruang penyimpanan dalam kondisi yang optimal.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem penyimpanan bibit bawang merah berbasis iot mampu melakukan pemantauan dan pengendalian kondisi ruang penyimpanan secara efektif. Sistem pendingin akan aktif ketika suhu melebihi batas yang telah ditentukan dan sistem pendingin akan nonaktif ketika suhu berada pada range yang telah ditentukan. Hal ini membuktikan bahwa integrasi sensor, aktuator, mikrokontroler, dan aplikasi blynk berjalan dengan baik serta mendukung tujuan penelitian dalam menjaga kualitas serta daya simpan bibit bawang merah.

D. Hasil Pengujian Mode Otomatis

Pengujian mode otomatis dilakukan dengan sequence yang telah diprogram dalam sistem. Sequence terdiri dari 3 cycle dimana masing-masing cycle memiliki 4 phase. Phase 1 menggunakan Flowrate 1 selama 2 detik, Phase 2

menggunakan Flowrate 2 selama 1 detik, Phase 3 menggunakan Flowrate 1 selama 3 detik, dan Phase 4 menggunakan Flowrate 2 selama 2 detik. Total durasi per cycle adalah 8 detik sehingga total durasi untuk 3 cycle adalah 24 detik.



Gambar 8. Tampilan saat mode auto ON.

Hasil pengujian menunjukkan sistem otomatis berjalan sesuai sequence yang telah diprogram dengan pergantian phase yang smooth dengan delay kurang dari 0,5 detik. Progress bar menampilkan progress dengan akurat dan timer countdown berfungsi dengan tepat. Sistem otomatis berhenti secara otomatis setelah menyelesaikan 3 cycle. Relay switching berjalan lancar tanpa gangguan sepanjang proses pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa mode otomatis dapat diandalkan untuk menjalankan proses CIP sesuai dengan program yang telah ditentukan, mengurangi ketergantungan pada intervensi manual operator.

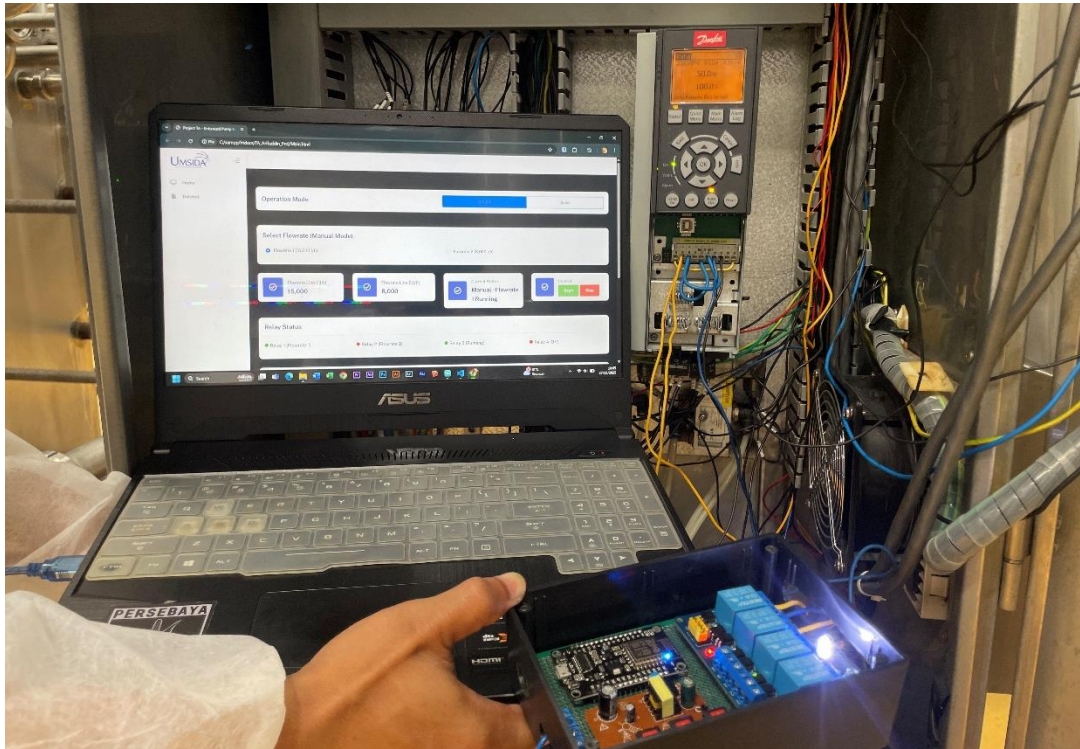
E. Hasil Pengujian Monitoring Real-time

Pengujian monitoring real-time bertujuan memvalidasi kapabilitas sistem dalam menyajikan informasi operasional secara akurat. Lima parameter utama diobservasi: status sistem (Running/OFF), mode operasi (Manual/Auto), flowrate aktif, status empat relay dengan indikator visual, dan log historis. Hasil menunjukkan refresh cycle konsisten pada interval 1 detik. Indikator relay menampilkan perubahan state secara sinkron dengan kondisi hardware—hijau untuk ON, merah untuk OFF. Logging data historis mempertahankan presisi timestamp di setiap event perubahan status. Interface mendemonstrasikan responsivitas yang baik dengan rendering yang lancar dan tanpa latency signifikan.

Data Record				Refresh Data
DATE & TIME	MODE	ACTIVE FLOWRATE	STATUS	
11/13/2025, 11:19:41 AM	Auto	-	Stopped	
11/13/2025, 11:19:21 AM	Auto	Cycle 1 Started	Running	
11/13/2025, 11:18:32 AM	Auto	-	Stopped	
11/13/2025, 11:18:08 AM	Auto	Cycle 1 Started	Running	
11/13/2025, 11:17:59 AM	Manual	-	Stopped	
11/13/2025, 11:12:59 AM	Manual	Flowrate 2	Running	
11/13/2025, 11:11:59 AM	Manual	-	Stopped	
11/13/2025, 11:06:58 AM	Manual	Flowrate 1	Running	
System Started	Manual	-	OFF	

Gambar 9. Data keseluruhan operasi sistem.

F. Hasil Pengujian Integrasi Dengan Inverter



Gambar 10. Implementasi Sistem dengan Beban.

Pengujian integrasi dilakukan untuk memastikan NodeMCU dapat mengontrol inverter Danfoss VLT Aqua Drive FC 202 dengan baik. Inverter telah dikonfigurasi dengan Setpoint 1 untuk flowrate 15.000 l/h yang dikontrol oleh Relay 1, Setpoint 2 untuk flowrate 8.000 l/h yang dikontrol oleh Relay 2, dan fungsi start/stop yang dikontrol oleh Relay 3. Hasil pengujian menunjukkan inverter merespon trigger relay dengan tepat tanpa delay yang signifikan. Perpindahan setpoint berjalan lancar tanpa error atau gangguan. Motor pompa beroperasi sesuai setpoint yang dipilih dengan stabil. Tidak terjadi overshoot atau undershoot yang signifikan saat pergantian setpoint. Inverter dapat di-start dan di-stop melalui relay dengan handal. Perlu dicatat bahwa pengujian ini dilakukan dalam kondisi prototype tanpa beban penuh produksi sehingga pengujian dengan beban penuh akan dilakukan pada tahap implementasi final di lapangan.

G. Analisis Kelebihan dan Keterbatasan Sistem

Sistem yang dikembangkan memiliki beberapa kelebihan utama. Dari segi kemudahan operasi, interface website yang user-friendly memudahkan operator dalam mengoperasikan sistem dengan 2 mode operasi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan serta visual feedback yang jelas dengan indikator warna untuk status relay. Kemampuan monitoring real-time memungkinkan operator memantau status sistem dari jarak jauh melalui jaringan lokal dengan update data setiap 1 detik yang memberikan informasi up-to-date. Data operasional terekam secara otomatis, memfasilitasi audit dan evaluasi kinerja. Adaptabilitas sistem terlihat jelas dari kapabilitas dual-setpoint flowrate, konfigurasi ulang mode otomatis sesuai requirement proses, dan integrasi seamless dengan inverter existing. Efisiensi operasional meningkat signifikan—mode otomatis menurunkan workload operator, konsistensi proses CIP terjaga tanpa ketergantungan pada kontrol manual, serta dokumentasi digital mempermudah audit compliance.

Beberapa keterbatasan teknis teridentifikasi dalam tahap prototype. Konektivitas WiFi menjadi single point of failure—putusnya koneksi mengeliminasi kemampuan kontrol remote. Delay komunikasi ± 1 detik dapat menjadi bottleneck untuk aplikasi real-time critical. Implementasi security layer masih minimal dengan belum adanya mekanisme autentikasi dan enkripsi yang robust. Monitoring sensor masih terbatas karena sistem belum mengintegrasikan sensor tambahan seperti pressure sensor atau temperature sensor. Status prototype yang belum diuji

dengan beban penuh pada kondisi produksi aktual dengan tingkat keberhasilan 80% memerlukan pengujian bertahap pada kondisi produksi dengan monitoring ketat sebelum implementasi penuh.

H. Kontribusi Terhadap Industri 4.0

Penelitian ini memberikan kontribusi praktis dengan menyediakan solusi untuk monitoring dan kontrol pompa CIP mesin Sanko, meningkatkan efisiensi operasional dengan mode otomatis, dan memudahkan dokumentasi serta audit proses CIP. Kontribusi akademis terlihat dari demonstrasi implementasi IoT dalam industri makanan dan minuman, referensi integrasi sistem embedded (NodeMCU) dengan web-based application, dan penggunaan inverter industri (Danfoss) dengan kontrol digital. Kontribusi terhadap Industri 4.0 sejalan dengan upaya digitalisasi industri melalui implementasi monitoring real-time dan data analytics serta penggunaan teknologi web-based yang mudah diakses dan dikembangkan.

VII. KESIMPULAN

Sistem kontrol dan monitoring pompa supply CIP mesin Sanko berbasis website berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan tingkat keberhasilan 80% pada tahap prototype. Integrasi NodeMCU ESP8266 dengan inverter Danfoss VLT Aqua Drive FC 202 berjalan dengan baik melalui trigger relay untuk pemilihan 2 setpoint flowrate yaitu 15.000 l/h dan 8.000 l/h. Website interface yang dikembangkan memberikan kemudahan bagi operator dalam monitoring dan kontrol sistem dengan fitur mode Manual dan Auto serta monitoring real-time status relay dan data historis. Sistem komunikasi antara website dan NodeMCU menggunakan protokol HTTP dengan format JSON berjalan stabil dengan delay response sekitar 1 detik.

Pengujian fungsional menunjukkan bahwa semua fitur utama sistem yaitu mode manual, mode auto, monitoring real-time, dan data recording berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Integrasi pompa CIP dengan program mesin Sanko berhasil dicapai, menghadirkan sistem monitoring dan kontrol yang fungsional. Pengembangan lanjutan dapat difokuskan pada beberapa aspek: penambahan instrumentasi seperti sensor tekanan dan temperatur untuk data operasional yang lebih komprehensif, penguatan arsitektur keamanan melalui implementasi autentikasi dan enkripsi yang robust, serta validasi sistem dalam kondisi produksi aktual dengan beban penuh. Studi ini berkontribusi pada upaya digitalisasi sektor industri makanan dan minuman, mendukung transformasi menuju paradigma Industri 4.0

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini, dan kepada pihak perusahaan yang berkenan memberikan akses untuk implementasi serta pengujian sistem pada fasilitas mereka.

REFERENSI

- [1] "Strategi Pengembangan," PT Cisarua Mountain Dairy (Cimory). Accessed: Dec. 29, 2024. [Online]. Available: <https://cimory.com/development-strategy.php>
- [2] Y. M. Djaksana and K. Gunawan, "Perancangan Sistem Monitoring Dan Kontroling Pompa Air Berbasis Android," *Sintech (Science Inf. Technol. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 146–154, 2021, doi: 10.31598.
- [3] "Clean in Place (CIP)," Baker Pedia. Accessed: Dec. 30, 2024. [Online]. Available: <https://bakerpedia.com/processes/clean-in-place>
- [4] M. Ali, D. Prihatmoko, and A. Faidlon, "Review Sistem Kontrol Pompa Sentrifugal Ebara 6 Inchi Di PT. NPS - PLTU TJB Jepara Unit 1 dan 2," *Majamecha*, vol. 7, no. 1, pp. 206–218, 2025, doi: <https://doi.org/10.36815/majamecha.v7i1.3843>.
- [5] W. Hidayat, D. Biksono, and D. Zulpian, "Pengujian Kinerja Pompa Sentrifugal Multistage Berkapasitas 118, 5 KW pada PLTP Berdasarkan Standar ISO 9906," *Rekayasa Hijau J. Teknol. Ramah Lingkungan.*, vol. 5, no. 2, pp. 101–113, 2021, doi: <https://doi.org/10.26760/jrh.v5i2.101-113>.
- [6] R. Norman, J. A. Telaumbanua, and R. P. Purba, "Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Pengadaan Air Pabrik Kelapa Sawit Kapasitas 60 Ton TBS/Jam," *J. Teknol. Mesin UDA*, vol. 4, no. 1, pp. 113–120, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.46930/teknologimesin.v4i1.3337>.
- [7] E. Widodo and R. D. Jayanto, "The Manufacturing Planning of Installation Series-Parallel Combination Centrifugal Pump Testing Equipment: Perencanaan Manufaktur Instalasi Laboratorium Pengujian Pompa Sentrifugal Kombinasi Seri-Paralel," *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 6, no. 1, pp. 33–40, 2021, doi: <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v6i1.1547>.

- [8] S. Supriyatna and S. Farizy, "Perancangan Dan Implementasi Aplikasi Monitoring Berkas Pencairan Dana Berbasis Web Menggunakan Metode Rapid Application Development (RAD)," *Sainstech J. Penelit. dan Pengkaj. Sains dan Teknol.*, vol. 34, no. 3, pp. 1–8, 2020, doi: <https://doi.org/10.37277>.
- [9] M. B. Ulum, M. Lutfi, and A. Faizin, "Otomatisasi Pompa Air Menggunakan NodeMCU ESP8266 Berbasis Internet of Things (OIT)," *J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 86–93, 2022.
- [10] *Panduan Operasi VLT AQUA Drive FC 202*. 2018. [Online]. Available: www.DanfossDrives.com
- [11] K. Rosada, *Sistem Kontrol Pompa Air Menggunakan Kontroler PID Berbasis Raspberry PI*. Surabaya, 2017. [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/2420/>
- [12] M. Faris and A. Wisaksono, "Pengembangan Aplikasi E-Commerce Untuk Pemasaran Biji dan Bubuk Kopi Berbasis Web," *J. Janitra Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 61–72, 2021, doi: [10.25008/janitra.v1i1.116](https://doi.org/10.25008/janitra.v1i1.116).
- [13] "Panduan Pemogramman Drive VLT," pp. 1–304, [Online]. Available: www.Danfoss.com
- [14] A. A. Azis, "Rancangan Sistem Monitoring Siswa berbasis Web dengan Metode Waterfall," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, 2025, doi: <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6676>.
- [15] E. N. F. Pujiady, A. D. Prasetya, and A. Andria, "Rancang Bangun Sistem Informasi Arsip Digital Catatan Sipil Kabupaten Magetan berbasis Website menggunakan Metode Waterfall," *Hello World J. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 1, pp. 25–48, 2025, doi: <https://doi.org/10.56211/helloworld.v4i1.705>.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.