e-ISSN 3062-8849
The 4th National Conference on Innovative Agriculture 2026
Jember, 26 - 27 September 2026

Jurusan Teknologi Pertanian
Politeknik Negeri Jember
doi: 10.25047/nacia.v4i1.466

Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Berbasis PLC WECON dengan Integrasi Weighing Scale melalui RS485 dan Flow Meter pada Proses Produksi Pupuk Organik Cair Skala Industri

Design and Implementation of a WECON PLC Based Automatic Control System Integrating a Weighing Scale via RS485 and Flow Meters for Industrial Scale Liquid Organic Fertilizer Production

Michael Vincentzo Kristian Pratama Santoso[1], Rudi Kristianto [2], Yustina Tri Tularsih [3], Tri Hannanto Saputra [4], Adie Candra Surya [5]

[1,3,5]Teknologi Rekayasa Mekatronika, Fakultas Teknik, Politeknik ATMI Surakarta
[2]Teknik Mekatronika, Fakultas Teknik, Politeknik ATMI Surakarta
[4]Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Fakultas Teknik, Politeknik ATMI Surakarta

*Email Koresponden: rudi.kristianto@atmi.ac.id

Received : 24 September 2026 | Accepted : 24 September 2026 | Published : 31 Oktober 2026

Kata Kunci

PLC, Pupuk Organik Cair, Sistem Kontrol Otomatis, VDI 2222

ABSTRAK

Meningkatnya kebutuhan produksi pupuk organik cair menuntut proses produksi yang lebih efektif, konsisten, dan terkontrol. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol otomatis berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) WECON pada proses produksi pupuk organik cair. Metode penelitian mengacu pada VDI 2222 yang meliputi tahap perencanaan, perancangan konsep, perancangan detail, implementasi, dan pengujian sistem. Sistem kontrol dikembangkan untuk mengendalikan proses *feeding*, *mixing*, dan *cleaning*, serta menghitung kebutuhan air dan bakteri secara otomatis berdasarkan berat bahan baku yang dibaca oleh *weighing scale* melalui komunikasi RS485. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi kontrol berjalan sesuai dengan perancangan. Pembacaan *weighing scale* pada PLC memiliki tingkat akurasi sebesar 99,88%, sedangkan pembacaan flow meter air dan flow meter bakteri masing-masing mencapai akurasi 99,8% dan 93%. Selain itu, sistem berhasil menghitung kebutuhan air dan bakteri secara otomatis serta mengendalikan setiap tahapan proses produksi sesuai urutan operasi yang telah ditentukan. Dengan demikian, sistem kontrol berbasis PLC WECON yang dikembangkan mampu mengendalikan proses produksi pupuk organik cair.

Jurusan Teknologi Pertanian
Politeknik Negeri Jember
doi: 10.25047/nacia.v4i1.466

Keywords

PLC, Liquid Organic Fertilizer, Automatic Control System, VDI 2222

ABSTRACT

The increasing demand for liquid organic fertilizer production requires a production process that is more efficient, consistent, and well controlled. This study aims to design and implement an automatic control system based on a WECON Programmable Logic Controller (PLC) for liquid organic fertilizer production. The research used the VDI 2222 methodology, consisting of planning, conceptual design, detailed design, implementation, and system testing. The control system was developed to manage the feeding, mixing, and cleaning processes and to automatically calculate the required amounts of water and bacteria based on the raw material weight measured by a weighing scale through RS485 communication. The test results showed that all control functions operated according to the design specifications. The weighing measurement achieved an accuracy of 99.88%, while the water and bacteria flow meter measurements achieved accuracies of 99.8% and 93%, respectively. In addition, the system successfully performed automatic ratio calculations and controlled each production stage according to the predefined operating sequence. Therefore, the developed WECON PLC-based control system is capable of controlling the liquid organic fertilizer production process.

1. PENDAHULUAN

Otomasi industri telah mendorong penerapan sistem kontrol otomatis pada berbagai sektor manufaktur, termasuk industri pupuk organik cair. Sistem kontrol otomatis berperan penting dalam meningkatkan efisiensi proses produksi, menjaga konsistensi kualitas produk, serta mengurangi ketergantungan terhadap pengoperasian secara manual (Herdiana et al., 2024). Salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam sistem otomasi industri adalah *Programmable Logic Controller* (PLC) karena memiliki keandalan tinggi, kemudahan pemrograman, dan kemampuan bekerja secara kontinu pada lingkungan industri.

Produksi pupuk organik cair terdiri atas beberapa tahapan proses, seperti *feeding*, *mixing*, fermentasi, dan *cleaning* tanki, yang harus dilakukan sesuai urutan operasi. Selain itu, kebutuhan air dan bakteri harus disesuaikan dengan berat bahan baku agar komposisi campuran tetap sesuai dengan standar produksi (Rohmadi et al., 2022). Apabila pengendalian proses dan perhitungan rasio dilakukan secara manual, potensi terjadinya kesalahan pengoperasian dan ketidaksesuaian komposisi akan semakin besar sehingga dapat mempengaruhi kualitas produk dan efisiensi produksi (Fahri, 2018).

Beberapa penelitian telah menerapkan PLC sebagai sistem kontrol pada proses industri karena mampu meningkatkan keandalan operasi dan mengurangi intervensi operator (Budiyanto et al., 2022). PLC juga banyak diintegrasikan dengan sensor dan

aktuator untuk mengendalikan proses secara otomatis berdasarkan kondisi yang terukur. Sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengendalian proses secara umum dan belum mengintegrasikan fungsi perhitungan otomatis kebutuhan bahan berdasarkan hasil pembacaan *weighing scale* sebagai dasar pengendalian proses produksi pupuk organik cair.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol otomatis berbasis PLC WECON pada proses produksi pupuk organik cair. Sistem yang dikembangkan mengendalikan tahapan *feeding*, *mixing*, dan *cleaning*, menghitung kebutuhan air dan bakteri secara otomatis berdasarkan berat bahan baku yang diperoleh dari *weighing scale* melalui komunikasi RS485, serta integrasi dengan sensor flow meter sebagai instrumen pengukur laju aliran fluida (Nas & Zubair, 2023). Kinerja sistem dievaluasi melalui pengujian fungsi kontrol, akurasi pembacaan *weighing scale*, serta akurasi pembacaan *flow meter* air dan bakteri. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan sistem kontrol otomatis yang mampu menjalankan tahapan proses sesuai rancangan serta mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan fungsi kontrol dan akurasi instrumen yang digunakan.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem kontrol otomatis berbasis PLC WECON pada proses produksi pupuk organik cair. Uraian meliputi tahapan penelitian berdasarkan metode VDI 2222, peralatan yang digunakan, perancangan sistem, serta metode pengujian dan analisis data.

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan perancangan dan implementasi sistem kontrol menggunakan metode VDI 2222. *Verein Deutscher Ingenieure* 2222 adalah standar acuan dari metode rancangan khususnya untuk rancangan konsep sistem. Melalui metode ini dapat dijelaskan dari evaluasi kondisi kerja yang terjadi saat ini, kebutuhan-kebutuhan yang diharapkan oleh operator, hingga merancang disertai evaluasi rancangan sampai ditemukan rancangan yang benar-benar sesuai dengan kebutuhan (Misgi Prabowo Adi et al., 2023). Metode ini digunakan untuk merancang sistem secara sistematis mulai dari tahap perencanaan hingga realisasi. Objek penelitian berupa sistem produksi pupuk organik cair pada lini produksi yang meliputi proses *feeding*, *mixing*, dan *cleaning*.

Terdapat 4 tahapan dalam metode rancangan VDI 2222 yaitu, tahap perencanaan meliputi analisis dan pengumpulan data, pembuatan konsep, merancang, dan penyelesaian. Penjelasan mengenai tahapan di tampilkan pada Tabel 1.

Jurusan Teknologi Pertanian
Politeknik Negeri Jember
doi: 10.25047/nacia.v4i1.466

Tabel 1. Tahapan metode VDI 2222

VDI 2222	Metode penyelesaian yang digunakan
Merencana	Analisa produk
	Pengumpulan data
Pembuatan Konsep	Memperjelas pekerjaan
	Requirement list
	Pembagian fungsi
	Alternatif fungsi bagian
	Variasi konsep
	Penilaian variasi konsep
	Konsep pemecahan
Merancang	Draft rancangan
	Optimasi
Penyelesaian	Gambar alur sistem
	Program dan *Dashboard*
	Petunjuk penggunaan
	Daftar bagian

2.2 Alat dan Bahan

Pelaksanaan penelitian ini didukung oleh sejumlah alat dan bahan yang digunakan dalam proses perancangan, implementasi, serta pengujian sistem kontrol otomatis. Rincian alat dan bahan yang digunakan dijelaskan pada subbab berikut.

2.2.1 Alat

a. Toolkit
b. Laptop
c. Software WECON PLC Editor2
d. Software HMI WECON PIStudio

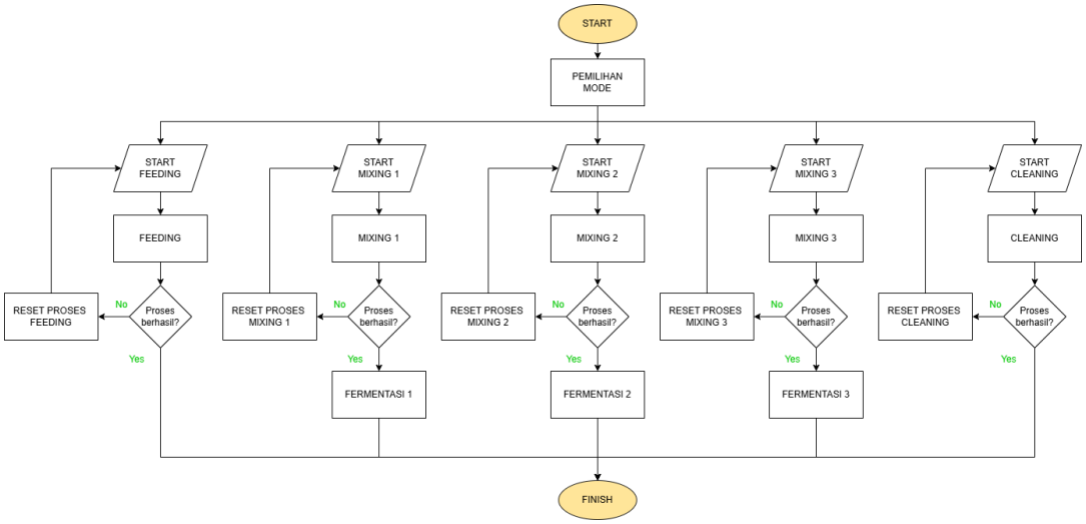
2.2.2 Bahan

a. PLC WECON LX5S-3624MT-AN
b. HMI WECON PI3102IE
c. Level Sensor
d. Inverter
e. Motor AC
f. Valve
g. Flow Meter
h. Weighing Sensor dengan komunikasi RS485
i. Kabel komunikasi Serial RS485

Jurusan Teknologi Pertanian
Politeknik Negeri Jember
doi: 10.25047/nacia.v4i1.466

2.3 Perancangan Sistem Kontrol

Sistem kontrol dirancang menggunakan PLC WECON sebagai pengendali utama karena memiliki jumlah I/O yang sesuai dengan kebutuhan aktuator dan sensor pada proses produksi, mendukung komunikasi RS485 untuk menerima data dari *weighing sensor*, dan kemudahan integrasi dengan HMI WECON. Kapasitas pemrograman PLC memadai untuk menjalankan logika dan urutan setiap mode operasi yang diperlukan dalam proses produksi menggunakan program *ladder*. Pemilihan PLC WECON juga mempertimbangkan kebutuhan efisiensi biaya. PLC menjalankan setiap tahapan proses berdasarkan mode operasi yang dipilih melalui HMI, dengan urutan kerja yang telah diprogram sehingga proses produksi dapat berlangsung secara otomatis sesuai prosedur yang ditetapkan. Diagram proses sistem kontrol yang dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram proses sistem kontrol

Berdasarkan Gambar 1, proses diawali dengan pemilihan mode operasi yang terdiri atas *feeding*, *mixing* 1, *mixing* 2, *mixing* 3, dan *cleaning*. Setelah mode dijalankan, PLC mengendalikan aktuator sesuai logika program dan melakukan pemeriksaan terhadap status penyelesaian proses. Apabila proses gagal dikarenakan gangguan sistem, maka proses direset dan dilakukan start ulang. Apabila proses berhasil diselesaikan, sistem melanjutkan ke tahapan berikutnya. Pada mode *mixing* 1, *mixing* 2, dan *mixing* 3, sistem dilanjutkan dengan proses fermentasi sebelum berpindah ke mode berikutnya hingga seluruh rangkaian produksi selesai. Susunan konfigurasi dari PLC dan modul yang digunakan ditunjukan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konfigurasi modul PLC WECON

RACK CONFIGURATION		
SLOT	**DEVICE**	**ADDRESS**
Slot 0	Ethernet,Modbus,RS485,36 Digital input, 24 Digital Output	LX5S-3624MT-AN
Slot 1	8 Digital Input	LX3V-8EX
Slot 2	8 Digital Output	LX3V-8EYR
Slot 3	4 x Analog Output 4-20mA	LX3V-4DA

2.4 Metode Pengujian

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dan mengetahui bahwa alat berfungsi dengan baik seperti tujuan desain (S.Suratman, 2022). Pengujian meliputi fungsi setiap mode operasi, akurasi pembacaan *weighing scale*, serta akurasi pembacaan flow meter air dan bakteri. Pengujian fungsi dan pembacaan flow meter dilakukan sebanyak 10 pengulangan dengan menjalankan setiap mode operasi untuk memastikan sistem bekerja sesuai dengan urutan proses yang telah dirancang. Sementara itu, pengujian akurasi dilakukan 20 pengulangan menggunakan beberapa variasi berat bahan baku sebagai sampel pengujian, kemudian membandingkan hasil pembacaan PLC terhadap hasil pengukuran aktual secara manual.
Data hasil pengujian diolah dengan menghitung nilai *error* dan tingkat akurasi. Persentase *error* dihitung dengan menggunakan rumus (1).

$$\textbf{Error}\ (\%) = \frac{|X\ aktual - X\ plc|}{X\ aktual} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

Error (%) = persentase kesalahan pembacaan dari nilai asli
X aktual = hasil pengukuran aktual.
X plc = hasil pengukuran PLC.

Perhitungan akurasi dihitung menggunakan rumus (2).

$$\boldsymbol{Akurasi}(\%) = 100\% - Error(\%) \quad (2)$$

Hasil perhitungan *error* dan akurasi (Pringsewu et al., 2024) digunakan untuk mengevaluasi performa pembacaan *weighing scale* serta flow meter air dan bakteri pada sistem kontrol yang dikembangkan.

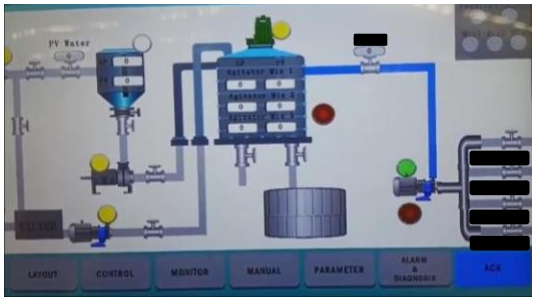
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dibatasi pada performa sistem kontrol dengan menyajikan hasil implementasi sistem kontrol otomatis berbasis PLC WECON pada proses produksi pupuk organik cair serta pembahasannya. Seluruh hasil pengujian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem kontrol dalam mengotomatisasi proses produksi sesuai dengan rancangan yang telah dikembangkan.

3.1 Implementasi Sistem Kontrol

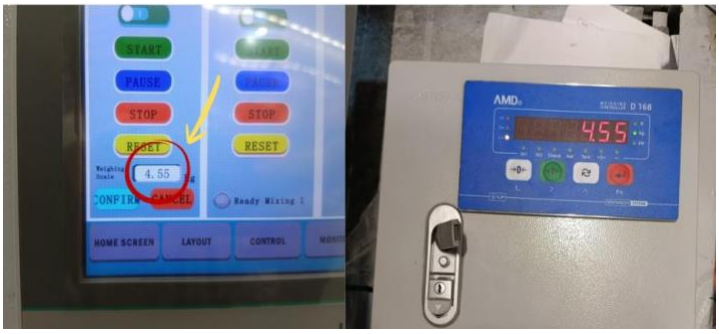
Sistem kontrol otomatis dalam penelitian ini berhasil diimplementasikan pada proses produksi pupuk organik cair menggunakan PLC WECON sebagai pengendali utama. Implementasi sistem dilakukan dengan mengintegrasikan PLC, *Human Machine Interface* (HMI), *weighing scale,* motor, valve, dan flow meter sehingga seluruh tahapan proses produksi dapat dijalankan secara otomatis sesuai dengan mode operasi yang dipilih.

doi: 10.25047/nacia.v4i1.466



Gambar 2. Pemantauan proses produksi pada HMI

Operator menjalankan sistem melalui HMI dengan memilih mode operasi yang terdiri atas *feeding*, *mixing* 1, *mixing* 2, *mixing* 3, dan *cleaning*. Selama proses berlangsung, HMI menampilkan informasi parameter proses serta status proses produksi sehingga memudahkan operator dalam mengawasi jalannya produksi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 3. Komunikasi plc dan weighing scale

PLC menerima data berat bahan baku dari *weighing scale* melalui komunikasi RS485 seperti yang ditunjukan pada Gambar 3. Data tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan air dan bakteri berdasarkan rasio yang telah ditentukan dalam parameter pada program PLC. Sistem mengendalikan pompa dan *valve* hingga volume air dan bakteri yang dibutuhkan sesuai, kemudian mengaktifkan *mixer* untuk proses pencampuran.

Berdasarkan hasil implementasi, seluruh komponen sistem dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. PLC mampu mengeksekusi logika kontrol, menerima data dari *weighing scale*, melakukan perhitungan kebutuhan air dan bakteri secara otomatis, serta mengendalikan aktuator sesuai urutan proses yang telah diprogram.

3.2 Pengujian Fungsi Sistem Kontrol

Pengujian fungsi dilakukan untuk memastikan setiap mode operasi pada sistem kontrol dapat berjalan sesuai dengan logika yang telah dirancang. Setiap mode operasi dinyatakan sesuai apabila seluruh aktuator (pompa, *solenoid valve*, dan motor agitator) bekerja sesuai urutan operasi, kondisi logika, dan *setpoint* yang telah diprogram pada PLC tanpa terjadi kesalahan urutan maupun kegagalan eksekusi. Sebaliknya, mode operasi dinyatakan tidak sesuai apabila terdapat aktuator yang tidak bekerja, bekerja tidak sesuai urutan, atau tidak memenuhi logika kontrol yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan menjalankan setiap mode operasi melalui HMI. Mode yang diuji meliputi *feeding*, *mixing* 1, *mixing* 2, *mixing* 3, dan *cleaning*. Hasil pengujian fungsi sistem kontrol disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel uji program mode auto

No	Mode Auto	Checklist Mode Auto		
		Kesesuaian Urutan Proses		
		Jumlah Pengulangan	Jumlah Keberhasilan	Persentase keberhasilan
1	Feeding	10x	10 x	100%
2	Mixing 1	10x	10 x	100%
3	Mixing 2	10x	10 x	100%
4	Mixing 3	10x	10 x	100%
5	Cleaning	10x	10 x	100%

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, seluruh mode operasi berhasil dijalankan sesuai dengan fungsi yang telah dirancang pada program PLC. Mode *feeding* mampu menjalankan proses pengisian air, penghancuran sampah makanan, serta pemindahan material menuju *mixing tank* secara berurutan. Pada mode *mixing* 1, *mixing* 2, dan *mixing* 3, sistem berhasil mengendalikan proses penambahan bakteri, perpindahan material antar tangki, serta pengoperasian motor agitator sesuai dengan kondisi dan *setpoint* yang telah ditentukan. Selain itu, mode *cleaning* juga berhasil menjalankan proses pembersihan sistem dengan mengaktifkan pompa, *solenoid valve*, dan motor agitator sesuai urutan kerja yang dirancang.

3.3 Pengujian Akurasi Weighing Scale

Pengujian akurasi *weighing scale* dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan sistem dalam membandingkan berat bahan baku sesungguhnya dengan pembacaan sensor sebagai dasar perhitungan kebutuhan air dan bakteri (Syaiffullah et al., 2023). Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan berat pada PLC terhadap hasil pengukuran timbangan konvensional untuk beberapa variasi berat bahan baku. Hasil pengujian akurasi *weighing scale* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel uji komunikasi RS485 weighing scale

Percobaan	RS485 Weighing Scale to PLC			
	Timbangan Konvensional (kg)	Weighing Scale (kg)	Selisih Pembacaan (kg)	Error Pembacaan
1	1	1,0	0	0,00%
2	1,5	1,49	0,01	0,67%
3	2	2,0	0	0,00%
4	2,5	2,48	0,02	0,80%
5	3	3,0	0	0,00%
6	3,5	3,49	0,01	0,29%
7	4	4,0	0	0,00%
8	4,5	4,5	0	0,00%
9	5	5,0	0	0,00%
10	5,5	5,49	0,01	0,18%
11	6	6,0	0	0,00%
12	6,5	6,48	0,02	0,31%
13	7	7,0	0	0,00%
14	7,5	7,5	0	0,00%
15	8	8,0	0	0,00%
16	8,5	8,49	0,01	0,12%
17	9	9,0	0	0,00%

RS485 Weighing Scale to PLC				
Percobaan	**Timbangan Konvensional (kg)**	**Weighing Scale (kg)**	**Selisih Pembacaan (kg)**	**Error Pembacaan**
18	9,5	9,5	0	0,00%
19	10	10,0	0	0,00%
20	10,5	10,49	0,01	0,10%
Rata-rata error			**0,0045**	**0,12%**

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, selisih antara timbangan konvensional dan pembacaan PLC relatif kecil. Perhitungan menggunakan rumus (1) dan rumus (2), menghasilkan rata-rata akurasi pembacaan *weighing scale* sebesar 99,88%.

3.4 Pengujian Akurasi Flow Meter

Pengujian akurasi flow meter dilakukan untuk mengevaluasi ketepatan pembacaan volume air dan bakteri terhadap nilai *setpoint* yang dihitung berdasarkan rasio kebutuhan masing-masing bahan. Keandalan flow meter menjadi faktor kunci dalam menjaga rasio campuran yang tepat (Yogi Ramadani & Suhendar Suhendar, 2024). Hasil pengujian dibagi menjadi pengujian akurasi flow meter air dan flow meter bakteri.

Tabel 5. Tabel uji pembacaan sensor flow meter

No	**Beban Input (Kg)**	**Perhitungan Ratio Air (Liter)**	**Pembacaan Sensor flow meter air (Liter)**	**Error**	**Perhitungan Ratio Bakteri (Liter)**	**Pembacaan Sensor flow meter bakteri (Liter)**	**Error**
1	10	38	38,1	0,26%	1	1,1	10%
2	10	38	38,1	0,26%	1	1,1	10%
3	12	45,6	45,7	0,22%	1,2	1,3	8%
4	12	45,6	45,7	0,22%	1,2	1,3	8%
5	14	53,2	53,3	0,19%	1,4	1,5	7%
6	14	53,2	53,3	0,19%	1,4	1,5	7%
7	16	60,8	60,9	0,16%	1,6	1,7	6%
8	16	60,8	60,9	0,16%	1,6	1,7	6%
9	20	76	76,1	0,13%	2	2,1	5%
10	20	76	76,1	0,13%	2	2,1	5%
Rata-rata Error				**0,2%**			**7%**

Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil pembacaan flow meter air dan flow meter bakteri memiliki selisih yang relatif kecil terhadap nilai *setpoint* pada setiap pengujian. Perhitungan menggunakan rumus (1) dan rumus (2) menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 99,8% untuk flow meter air dan 93% untuk flow meter bakteri. Selisih pengukuran sebesar 0,1 liter dipengaruhi oleh resolusi pembacaan flow meter, yaitu 1 pulsa setara dengan 0,1 liter. Selain itu, program PLC dirancang untuk menghentikan pompa ketika nilai pembacaan flow meter lebih besar atau sama dengan (*greater than or equal to*) nilai *setpoint*. Akibatnya, apabila pembacaan telah melewati *setpoint* sebesar satu pulsa, pompa akan berhenti sehingga masih memungkinkan terjadinya selisih sebesar 0,1 liter. Meskipun demikian, selisih tersebut masih berada dalam batas yang dapat diterima perusahaan yaitu ± 0,2 liter sehingga sistem mampu memenuhi kebutuhan penambahan air dan bakteri sesuai perhitungan PLC.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol otomatis berbasis PLC WECON pada proses produksi pupuk organik cair. Sistem mampu mengotomatisasi proses *feeding*, *mixing*, dan *cleaning*, serta menghitung kebutuhan air dan bakteri secara otomatis berdasarkan berat bahan baku yang dibaca oleh *weighing scale*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh mode operasi dapat berjalan sesuai dengan logika kontrol yang dirancang. Pengujian akurasi *weighing scale* menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 99,88%, sedangkan pengujian flow meter menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 99,8% untuk air dan 93% untuk bakteri. Selisih pengukuran yang terjadi dipengaruhi oleh resolusi pembacaan flow meter sebesar 0,1 liter per pulsa serta logika penghentian pompa pada PLC ketika nilai pembacaan mencapai atau melebihi *setpoint*. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan mampu menjalankan setiap mode operasi sesuai dengan rancangan dan mencapai tingkat akurasi pengukuran berdasarkan parameter yang diuji. Penelitian ini tidak membandingkan kinerja sistem dengan proses produksi sebelum penerapan otomatisasi, sehingga peningkatan efektivitas belum dapat dievaluasi secara kuantitatif. Pengembangan selanjutnya dapat difokuskan perbandingan sebelum dan sesudah otomatisasi, serta peningkatan akurasi pengukuran volume bakteri, misalnya melalui penggunaan flow meter dengan resolusi yang lebih tinggi atau penyempurnaan logika kontrol PLC untuk meminimalkan selisih pengukuran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik ATMI Surakarta atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada perusahaan multinasional tempat penelitian dilaksanakan atas kesempatan, dukungan teknis, dan fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Budiyanto, M., Setiyono, Y. W., & Effendi, A. (2022). Trainerprogrammable Logic Controller Dilengkapi Human Machine Interface (HMI) Guna Penguatan Praktek Otomasi Industri. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, *5*(2), 71. https://doi.org/10.33087/jepca.v5i2.81

Fahri, A. (2018). Jurnal Teknologi Kimia Unimal Jurnal Teknologi Kimia Unimal Pengaruh Waktu Fermentasi dan Volume Bio Aktivator EM4 (Effective Microorganisme) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Buah-Buahan. In *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* (Vol. 7, Number 1). http://ojs.unimal.ac.id/index.php/jtk

Herdiana, B., Setiawan, E. B., & Sartoyo, U. (2024). Tinjauan Komprehensif Evolusi, Aplikasi, dan Tren Masa Depan Programmable Logic Controllers (A Comprehensive Review of the Evolution, Applications, and Future Trends of Programmable Logic Controllers). *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan*, *11*(2), 173–193. https://doi.org/10.34010/telekontran.v11i2.12896

Misgi Prabowo Adi, N., Winata, P., Nugraha, A., Setya Hutama, A., Studi Rekayasa Teknologi Manufaktur Politeknik ATMI Surakarta, P., & Studi Perancangan Manufaktur Politeknik ATMI Surakarta, P. (2023). *Jurnal Kajian Teknik Mesin Perancangan Mesin Conveyor Untuk Peningkatan Efisiensi Produksi di PT. XYZ*.

Nas, M., & Zubair, A. (2023). Flow Sensor Berbasis IoT. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, *21*(1), 150–155. https://doi.org/10.31963/sinergi.v21i1.4232

Pringsewu, U. A., Alfian, R., Steafanie, A., & Saragih, Y. (2024). *1 Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering ANALISA KINERJA SENSOR UNTUK PENGUKURAN KUALITAS AIR PADA HIDROPONIK SISTEM NUTRIENT FILM TECHNIQUE*. http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE

Rohmadi, M., Septiana, N., & Astuti, P. A. P. (2022). Pembuatan Pupuk Organik Cair dan Kompos dari Limbah Organik Rumah Tangga. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *20*(4), 880–886. https://doi.org/10.14710/jil.20.4.880-886

S.Suratman. (2022). *S. Suratman - Rancang Bangun Alat Uji Model Fondasi Sebagai Penunjang Penelitian Di Laboratorium Mekanika Tanah [2022]*.

Syaiffullah, M. I., Mulyani, B. A., & Theo, K. (2023). Mohammad Imam Syaiffullah 1 Bambang Adi Mulyani 2 Kevin Theo 3 Perancangan Dan Implementasi Sistem PLC Untuk Mesin Check Weigher Carton 66. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, *7*(2), 66–73.

Yogi Ramadani, & Suhendar Suhendar. (2024). Analisis Penggunaan Alat Flow Meter Pada Sistem Pencampuran Air dan Kapur di PT Krakatau Tirta Industri Cilegon. *Jurnal Elektronika Dan Teknik Informatika Terapan (JENTIK)*, *2*(4), 22–31. https://doi.org/10.59061/jentik.v2i4.810