

Sistem Kendali Level Air Pada Tangki Dengan *Pulse Width Modulation* (PWM) Berbasis PLC dan HMI

Vanesha Andriani¹, Juli Sardi²

^{1,2}Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*)Corresponding author, email: vanesha.andriani31@gmail.com

Abstrak

Pengukuran dan pengendalian ketinggian cairan masih dilakukan secara *direct*, menggunakan saklar atau sensor yang bersifat *logic* saja. Dengan konsep kontrol ini membutuhkan lebih banyak waktu, dan tidak secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan merancang sistem kendali level cairan pada tangki menggunakan PLC Siemens S7-1200 sebagai pusat kontrol dan HMI KTP 700 BASIC sebagai pusat kendali dan monitoring level cairan pada tangki. Metode perancangan *system* yang digunakan dalam penelitian terdiri dari perancangan *hardware* dan *software*. Perancangan *hardware* terdiri dari PLC Siemens S7-1200 sebagai pusat kontrol, *water pump* sebagai *penyuply* cairan dan potensiometer difungsikan sebagai sensor yang akan membaca ketinggian cairan serta HMI Siemens KTP 700 Basic digunakan untuk *interface* pembacaan hasil ketinggian secara digital. *Driver* motor dengan konsep PWM (*Pulse Width Modulation*) digunakan untuk mengatur kecepatan pompa dengan memvariasikan *duty cycle* motor yang dimanfaatkan untuk mengisi air kedalam tangki. Serial komunikasi antara PC, PLC dan HMI menggunakan *ethernet switch*. Pengujian dilakukan dengan lima cara, pertama pengujian potensiometer, kedua pengujian akurasi tegangan potensiometer terhadap ketinggian level air, ketiga pengujian PWM, keempat pengujian sistem tanpa gangguan, dan kelima pengujian sistem dengan gangguan. Dari pengujian pertama didapatkan hasil bahwa nilai rata-rata dari *error* sensor sebesar 0.005714 %. Dengan demikian penelitian ini mendapatkan hasil alat sistem kendali dan monitoring level cairan berbasis PLC dan HMI dengan *error* rata-rata sebesar 9.5 detik serta memiliki kemampuan terbaik untuk pompa pada *set point* 70 %.

Abstract

Measurement and control of liquid levels are still being carried out directly using switches or logic-based sensors. This control concept requires more time and does not operate in real-time. This research aims to create and design a liquid level control system in a tank using the Siemens S7-1200 PLC as the central control unit and the KTP 700 BASIC HMI as the central monitoring and control unit for liquid levels in the tank. The system design method used in this research consists of both hardware and software design. The hardware design includes the Siemens S7-1200 PLC as the control center, a water pump as the fluid supplier, and a potentiometer used as a sensor to measure the liquid level. The Siemens KTP 700 Basic HMI is used for digitally displaying the measured liquid level. A motor driver with a Pulse Width Modulation (PWM) concept is used to regulate the pump speed by varying the motor's duty cycle to fill the tank with water. Serial communication between the PC, PLC, and HMI is established using an Ethernet switch. Testing is conducted in five ways: first, testing the potentiometer; second, testing the accuracy of the potentiometer voltage concerning the water level; third, testing PWM; fourth, testing the system without disturbances; and fifth, testing the system with disturbances. From the first test, the average sensor error was found to be 0.005714%. Consequently, this research resulted in a liquid level control and monitoring system based on PLC and HMI with an average error of 9.5 seconds and the best performance at a pump set point of 70%.

INFO.

Info. Artikel:

No. 550

Received. October, 27, 2023

Revised. November, 3, 2023

Accepted. November, 8, 2023

Page. 1014 – 1022

Kata kunci:

- ✓ PWM
- ✓ PLC
- ✓ HMI
- ✓ Ethernet Switch
- ✓ Duty cycle
- ✓ Potensiometer

PENDAHULUAN

Ketinggian cairan menjadi perhatian khusus, terutama dalam proses industri. Dalam proses industri, cairan disimpan pada ketinggian tertentu untuk memenuhi kebutuhan volume agar proses produksi dapat berjalan dengan baik[1]. Pengukuran dan pengendalian ketinggian cairan masih dilakukan secara *direct*, menggunakan saklar atau sensor yang bersifat *logic* saja. Dengan konsep kontrol ini membutuhkan lebih banyak waktu, dan tidak secara *real-time*. Sedangkan tingkat cairan perlu dipertahankan dengan menambahkan sistem kendali atau sistem kontrol. Sistem kontrol menjadi dasar dari banyak penemuan yang berperan penting dalam perkembangan teknologi modern yang semakin berpengaruh saat ini[2]. Ada beberapa pengembangan yang sebelumnya dilakukan untuk dapat mempermudah proses pengukuran yang tadi nya dilakukan secara konvensional dan besarnya kemungkinan terjadi *human error*, serta pengontrolan data tidak secara *real-time*[3]. Seperti pengembangan sebelumnya yaitu sistem pengukuran ketinggian air dalam tangki berbasis IoT menggunakan *protocol message queuing telemetry transport* (MQTT)[4]. Kemudian penerapan sistem kontrol level cairan adalah pada *boiler* Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)[5]. *Boiler* bukan satu-satunya penerapan kontrol ketinggian air. Berbagai proses industri seperti industri cat, makanan dan minuman juga membutuhkan sistem kontrol ketinggian air. Penelitian sebelumnya tentang sistem yang menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur kadar cairan dalam tangki dimana hasil pengukuran ketinggian air secara *realtime* diperoleh dari alat pengukur dan datanya dipantau secara otomatis[6].

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan memudahkan dalam proses pembacaan dan pengontrolan ketinggian level air pada tangki berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) dan *Human-Machine Interface* (HMI). Penggunaan PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai pusat kontrol dalam sistem kendali level air pada tangki adalah pendekatan yang efisien dan andal untuk mengelola level air di dalam tangki. PLC merupakan perangkat elektronik yang dapat diprogram untuk menjalankan berbagai tugas otomatis, termasuk pengendalian level air dalam tangki[7]. HMI (*Human Machine Interface*) adalah komponen kunci dalam sistem otomatisasi yang bertujuan memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan sistem secara intuitif[8]. Dalam konteks sistem kendali level air pada tangki, HMI berperan penting dalam memastikan pembacaan dan pengontrolan dapat dipantau secara *real-time* dan tingkat kesalahan manusia (*human error*) sangat rendah. HMI memberikan tampilan grafis yang memungkinkan operator atau pengguna untuk melihat level air dalam tangki secara *real-time* dalam bentuk grafik, angka, dan diagram yang mudah dipahami. Hal ini memungkinkan operator untuk memantau situasi saat itu dengan cepat dan akurat. Selain itu, HMI juga memungkinkan pengguna untuk mengontrol sistem secara langsung melalui antarmuka tersebut, yang dapat mengurangi risiko kesalahan manusia dengan mengurangi banyaknya *input* manual dan prosedur rumit.

Dalam konteks kontrol ketinggian cairan, PWM memungkinkan pengendalian yang sangat presisi terhadap kecepatan pompa yang digunakan untuk mengisi atau mengeluarkan cairan dari tangki. Dengan mengatur *duty cycle* motor, sistem dapat merespons perubahan ketinggian cairan secara instan dan akurat, memastikan bahwa ketinggian tetap berada dalam rentang yang diinginkan. Berdasarkan data tersebut penelitian ini dibuat dengan tujuan agar sistem kendali level air pada tangki dengan *Pulse Width Modulation* (PWM) berbasis PLC dan HMI dapat berjalan secara akurat.

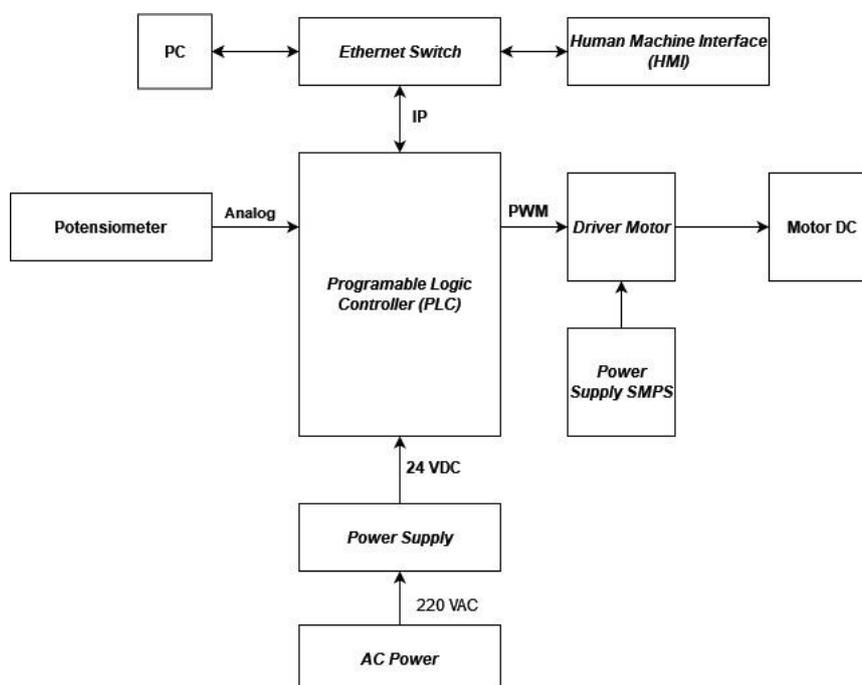
METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam perencanaan dan pembuatan alat ini adalah metode eksperimen, atau yang lebih dikenal sebagai Penelitian Eksperimen. Pendekatan eksperimental digunakan untuk menguji keterkaitan sebab-akibat dengan melakukan perubahan pada satu atau lebih variabel dalam satu atau lebih kelompok eksperimental[9]. Tahapan proses ini mencakup perancangan alat, prinsip kerja alat tersebut, serta analisis hasil pengujian alat. Tujuannya adalah untuk memudahkan dan menyelaraskan proses pembuatan, serta mempertimbangkan material, komponen mekanik, dan *hardware* yang diperlukan. Perancangan dimulai dari perancangan mekanik sistem, Perancangan tangki penyimpanan air, perancangan rangkaian *driver* motor, perancangan rangkaian potensiometer sebagai sensor, hingga akhirnya menjadi sebuah *plant* sistem kendali level air pada tangki.

Dalam penelitian ini, PLC digunakan sebagai pusat kontrol dan HMI sebagai *interface* yang dapat dipantau oleh manusia[10]. Pembacaan *system* secara *real-time* menampilkan ketinggian air dalam tangki dengan penerapan potensiometer yang digunakan sebagai indikator sensor. Aplikasi *system* ini diimplementasikan untuk mengontrol level cairan dalam tangki penyimpanan cairan seperti tangki kimia dalam industri kimia[11].

Blok Diagram

Blok diagram merupakan cara untuk menggambarkan prinsip kerja pada suatu sistem dalam membuat suatu perancangan alat yang terdiri dari *output* dan *input* yang digambarkan menggunakan blok dan dihubungkan menggunakan garis. Dari blok diagram dapat kita ketahui cara kerja dari keseluruhan alat[12]. Blok diagram dari penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



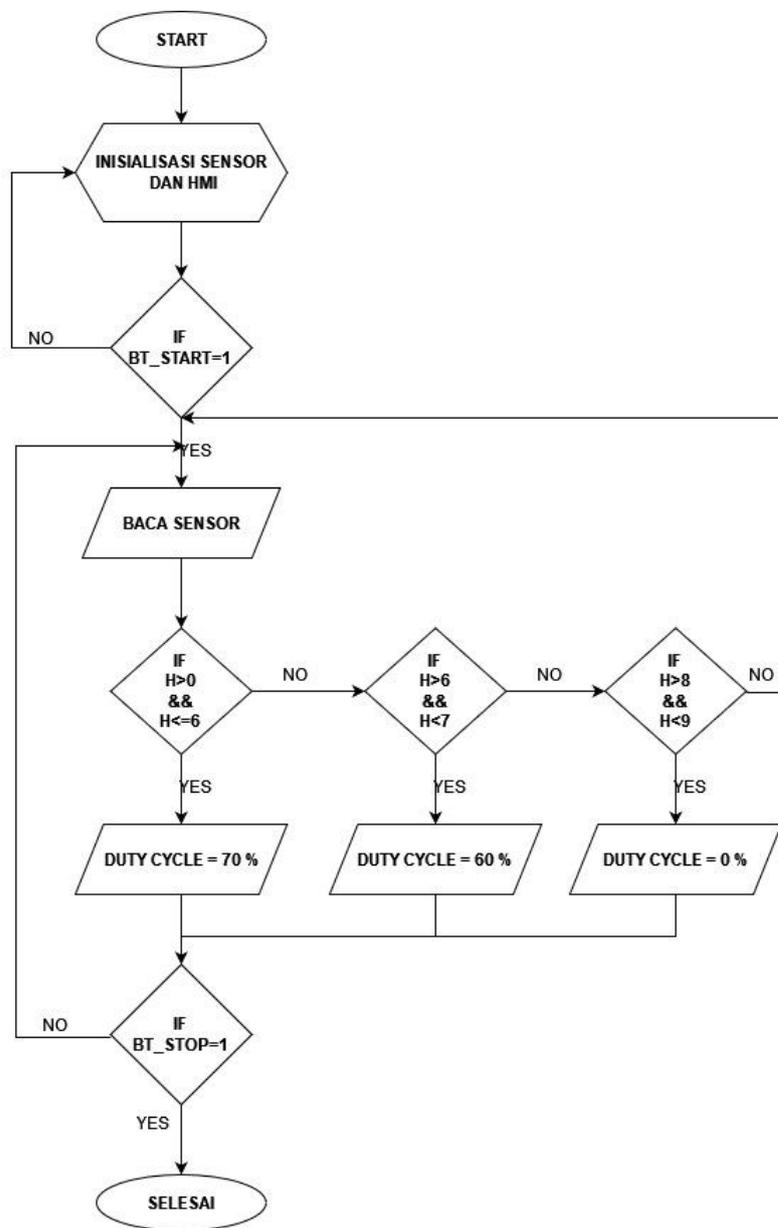
Gambar 1. Blok diagram *system*

Pada gambar 1 adalah blok diagram dari sistem kendali level air pada tangki dengan *pulse width modulation* berbasis *Programable Logic Controller (PLC)* dan *Human Machine Interface (HMI)*. Penjelasan blok diagram pada gambar 1 dapat diketahui sebagai berikut:

1. *Switch Ethernet* tipe XB005 dengan spesifikasi jumlah *port* 5. Pada *switch* tersebut digunakan 3 *port* yang menghubungkan antara PC, PLC, dan HMI.
2. Potensiometer sebagai indikator sensor dengan nilai hambatan $10K\Omega$ dengan *supply* tegangan 6 volt.
3. *Human Machine Interface (HMI)* tipe KTP 700 BASIC dengan dimensi layar 7" sebagai media kontrol level cairan yang berperan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan sistem pada *plant*.
4. *Programable Logic Controller (PLC)* berfungsi sebagai otak pengontrolan dari sistem dengan menggunakan PLC Siemens S7-1200 DC/DC/DC
5. *Driver motor* yang digunakan adalah modul *driver* D4184.
6. Pompa air digunakan untuk mengangkat air dari tabung 1 ke tabung 2 dengan jenis *electric* motor DC tegangan 24 VDC dengan arus nominal 0.1 A
7. *Power supply* merupakan komponen yang berfungsi merubah tegangan 220 VAC yang di supply PLN menjadi 24 VDC untuk *power* PLC Siemens S7-1200 DC/DC/DC. Dalam penelitian ini digunakan *power supply* dengan tipe SITOP PSU100C .
8. *Power supply SMPS* 12 volt tegangan masukan pada motor.

Flowchart

Flowchart merupakan suatu tahapan penyelesaian suatu penelitian yang berupa gambaran dalam berbentuk simbol yang dikoneksikan menggunakan tanda panah. Dengan flowchart dapat mengetahui tahapan dalam proses kerja suatu alat dari awal sampai akhir menggunakan gambar atau simbol [13]. Flowchart dari penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2.

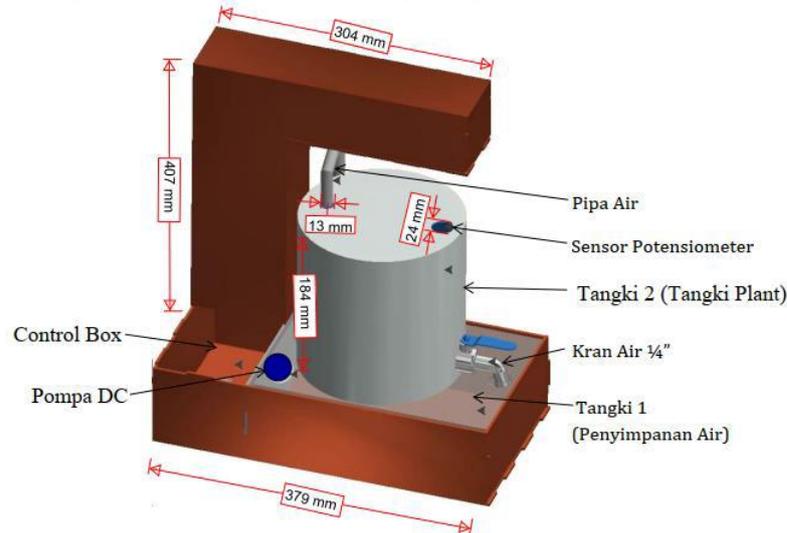


Gambar 2. Flowchart

Berdasarkan flowchart sistem level cairan ini dimulai dengan sistem diaktifkan. Kemudian setelah sistem dapat dipastikan terkoneksi dengan baik, tekan tombol start. Setelah itu, sistem akan membaca sensor. Jika nilai ketinggian air besar dari 0 cm dan kecil sama dari 6 cm maka motor akan berputar dengan kecepatan maksimal. Namun, jika ketinggian air lebih besar dari 6 cm dan kurang dari 7 cm maka putaran motor akan lebih lambat dan jika ketinggian air besar dari 8 cm dan kurang sama dari 9 cm maka motor otomatis akan berhenti. Saat tangki sudah dalam keadaan penuh lalu tekan tombol stop dan proses selesai.

Perancangan Hardware

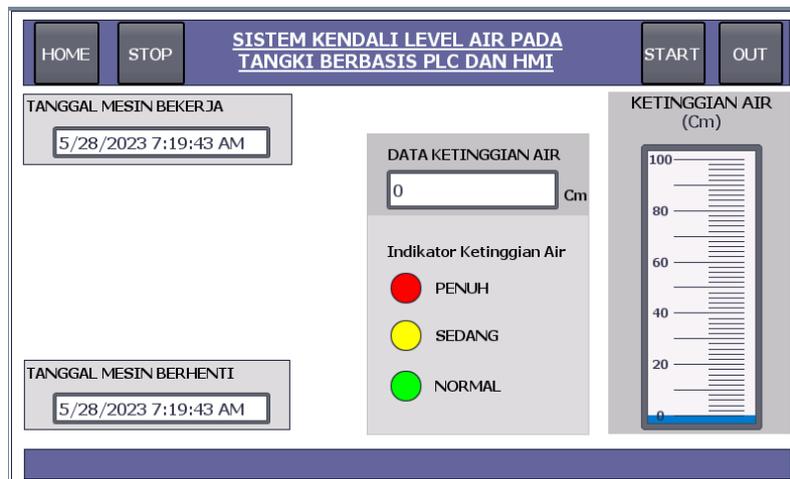
Pengujian *hardware* adalah pengujian perangkat keras yang berkomunikasi satu sama lain untuk mencapai kinerja sistem yang diharapkan [14]. Pengujian perangkat keras pada tugas akhir ini meliputi pengujian sensor ketinggian cairan berupa potensiometer yang dilengkapi dengan pelampung. Rancangan dari penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Alat

Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak pada proses pembuatan alat ini meliputi perancangan desain HMI yang menjadi pusat kendali level cairan pada tangki [15]. Pada perancangan *software design* tampilan HMI untuk mengendalikan level air ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Tampilan HMI

Pada gambar 4 merupakan tampilan desain HMI dari hasil pengendalian yang dilakukan. Pada tampilan HMI ini diketahui dua macam tampilan pembacaan nilai ketinggian air yaitu pembacaan melalui diagram dan pembacaan angka digital.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah sistem kendali level air telah selesai dibuat, selanjutnya diuji untuk mengetahui hasil dari alat tersebut. Sistem diuji dari beberapa pengujian. Pengujian pertama yaitu pengujian potensiometer. Tujuan pengujian sensor level adalah untuk mengetahui nilai tegangan keluaran berdasarkan level atau ketinggian air di dalam tangki. Resistansi total yang digunakan adalah 10 k Ω . Pengujian sensor dilakukan dengan cara mengukur perbandingan nilai tegangan potensiometer yang keluar

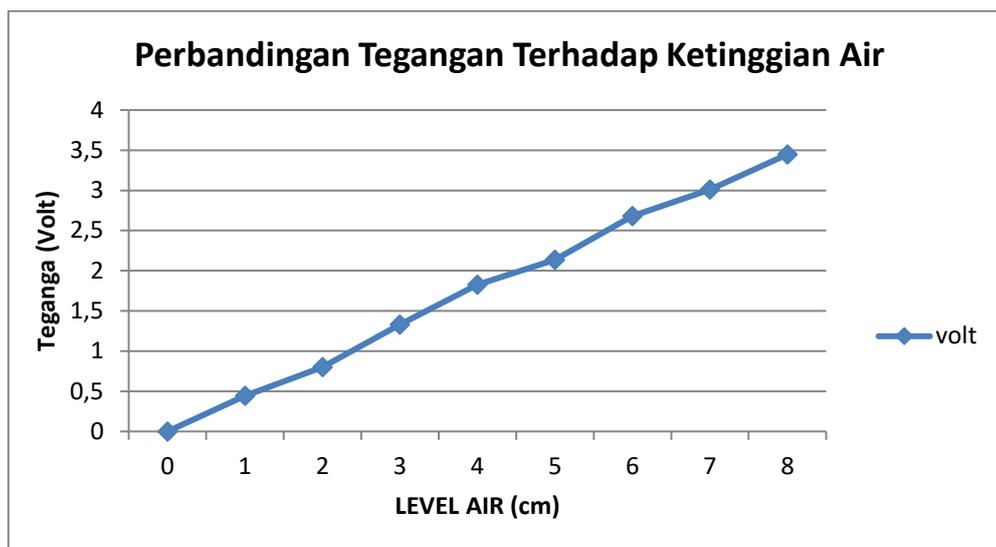
menggunakan multimeter dan nilai analog PLC dari rentang nilai 0 volt hingga 10 volt. Persentase nilai *error* diketahui dari selisih nilai pembacaan manual pada potensiometer dengan pembacaan data analog PLC. Hasil pengujian sensor dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian sensor

NO	Potensiometer (Volt)	Analog PLC (Volt)	error (%)
1	0	0	0
2	0.5	0.49	0.02
3	1	1.01	0.01
4	1.5	1.5	0
5	2	1.96	0.02
6	2.5	2.5	0
7	3	2.97	0.01
8	3.5	3.48	0.005
9	4	4.02	0.005
10	4.5	4.49	0.002
11	5	4.99	0.002
12	5.5	5.5	0
13	6	5.99	0.001
14	6.6	6.48	0.01
15	7	6.99	0.001
16	7.5	7.46	0.005
17	8	7.94	0.007
18	8.5	8.44	0.007
19	9	8.98	0.002
20	9.5	9.44	0.006
21	10	9.93	0.007

Setelah didapatkan data hasil pengujian sensor kemudian dapat dihitung nilai rata-rata dari *error* sensor sebesar 0.005714%. Persentase *error* yang didapatkan tidak begitu tinggi sehingga alat dapat berjalan dengan akurasi baik.

Pengujian kedua dilakukan dengan pengujian akurasi tegangan potensiometer terhadap ketinggian level air dibandingkan untuk melihat tegangan keluaran berdasarkan level atau tinggi air dalam tangki dengan batasan pembacaan sensor dari 0 cm sampai 8 cm. Hal ini bertujuan untuk menghindari kerusakan pada sensor. Hasil pengujian dapat dilihat pada grafik 5 berikut ini



Grafik 5. Grafik Perbandingan

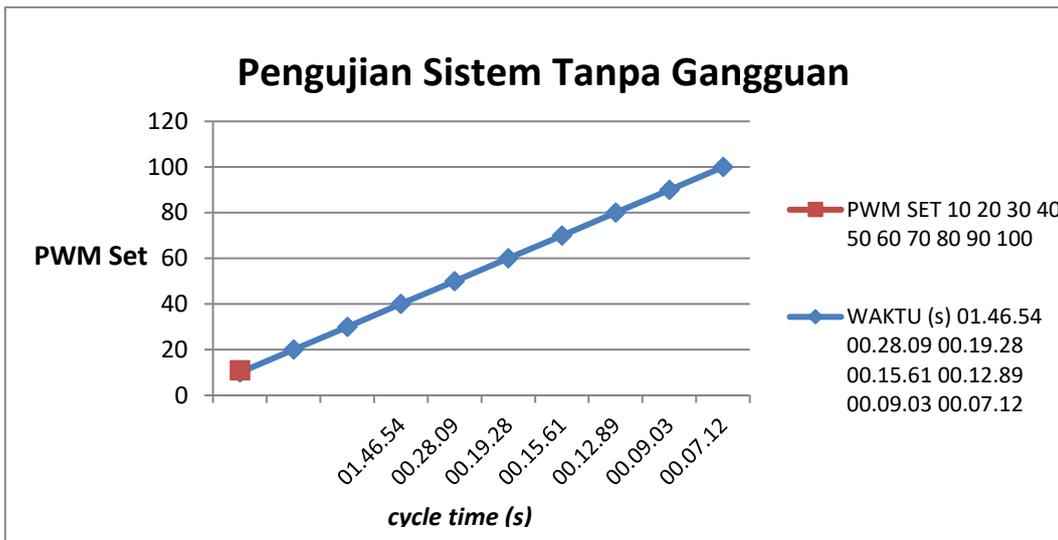
Nilai tegangan keluaran dari sensor berdasarkan ketinggian air pada tangki 2 yang digambarkan dalam grafik 5. Semakin tinggi air di dalam tangki 2 maka tegangan keluaran sensor akan semakin tinggi pula, hal ini dikarenakan sumbu putar potensiometer searah dengan jarum jam.

Pengujian ketiga adalah Pengujian PWM (*Pulse Width Modulation*) yang memanipulasi nilai lebar pulsa dengan cara memvariasikannya. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya variasi tegangan pada *output* motor sehingga dapat dilakukan kendali kecepatan pada pompa air yang digunakan. Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi keberhasilan dari pengendalian PWM. Berikut ini hasil pengujian PWM berdasarkan persentase *Duty Cycle*. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pengujian PWM

NO	<i>Duty Cycle</i> (%)	<i>Frekuensi</i> (KHz)	Periode (m/s)
1	0	1000	1000
2	10.4	1000	1000
3	20.4	1000	1000
4	30.4	1000	1000
5	40.4	1000	1000
6	50.4	1000	1000
7	60.4	1000	1000
8	70.4	1000	1000
9	80.4	1000	1000
10	90.4	1000	1000
11	100	1000	1000

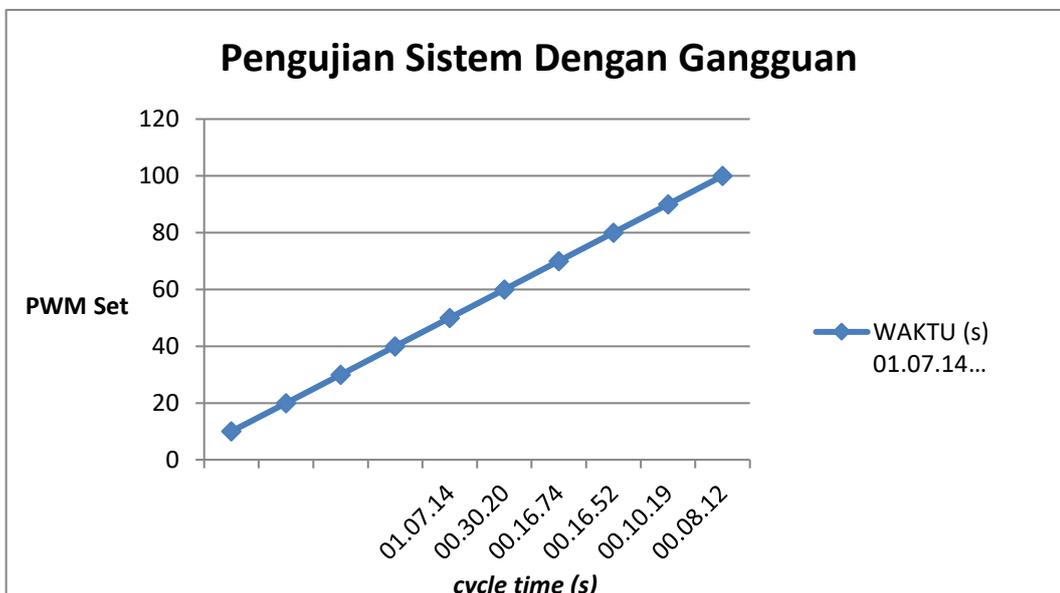
Pengujian keempat adalah pengujian sistem tanpa gangguan yang dilakukan dengan memberikan nilai PWM yang berbeda dalam keadaan keran air yang tertutup. Hal ini dilakukan untuk mengetahui *cycle time* yang dibutuhkan tabung agar mencapai titik maksimal (penuh). Hasil pengujian dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 6. Pengujian Sistem Tanpa Gangguan

Saat nilai PWM diatur dari nilai 10 hingga 30 data membuktikan bahwa nilai tersebut tidak efektif untuk digunakan akibatnya pompa air tidak kuat menghisap air dari tabung 1 ke tabung 2. Namun saat nilai PWM diatur 40 hingga 100 pompa air dapat menghisap air dari tabung 1 ke tabung 2. Berdasarkan data hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa semakin besar nilai set PWM maka semakin singkat waktu yang dibutuhkan tabung untuk mencapai titik maksimal (penuh).

Pengujian kelima adalah pengujian sistem dengan gangguan dalam keadaan kran terbuka penuh. Hasil pengujian dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 7. Pengujian Sistem Dengan Gangguan

Tanggapan sistem ini diperoleh dari data antara set PWM dengan data *cycle time* yang telah diamati. Sistem mengalami penurunan dapat dilihat dari waktu yang dibutuhkan tabung lebih lama untuk mncapai titik maksimal (penuh). *Error* rata-rata yang diperoleh dari pengujian kedua kondisi sistem adalah 9.5 detik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap Sistem Kendali Level Air pada Tangki dengan *Pulse Width Modulation* (PWM) berbasis PLC dan HMI, dapat disimpulkan bahwa perbandingan nilai tegangan potensiometer yang keluar menggunakan multimeter dan nilai analog PLC sedikit berbeda. Hasil pengukuran yang memiliki akurasi baik dan kesalahan yang sangat rendah. Pada pengujian dari hasil pengukuran didapatkan *error* rata-rata sebesar 9.5 detik serta memiliki kemampuan terbaik untuk pompa pada *set point* 70 %. Hal ini telah sesuai dengan target yang akan dicapai agar pada saat pengendalian level air dapat dipantau secara *real-time* dan tidak lagi dilakukan secara konvensional serta akurasi baik. Berdasarkan perancangan dan pembuatan sistem kendali level air pada tangki dengan *pulse width modulation* (PWM) berbasis PLC dan HMI ini, masih terdapat kekurangan pada tampilan sistem, untuk itu penulis memberikan saran dan masukan agar kedepannya alat ini bisa lebih baik lagi yaitu dengan menambahkan metode kontrol yang lebih baik lagi seperti kontroler PID atau *fuzzy logic* yang dapat meningkatkan *output system* yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Nursubiyantoro, I. Ismianti, and A. W. A. Wibowo, *Otomasi Sistem Pengolahan Air*. 2020. [Online]. Available: [http://eprints.upnyk.ac.id/34492/%0Ahttp://eprints.upnyk.ac.id/34492/1/Buku Otomasi Sistem Pengolahan Air.pdf](http://eprints.upnyk.ac.id/34492/%0Ahttp://eprints.upnyk.ac.id/34492/1/Buku%20Otomasi%20Sistem%20Pengolahan%20Air.pdf)
- [2] A. Andreas, G. Priyandoko, and M. Mukhsim, "Kendali Kecepatan Motor Pompa Air Dc Menggunakan Pid – Csa Berdasarkan," Vol. 1, No. 1, Pp. 1–14, 2020.
- [3] "Rancang Bangun Sistem Kontrol Air Minum Kandang Burung Puyuh Berbasis Internet Of Things Menggunakan Metode Fuzzy Logic Skripsi Disusun Oleh : Teguh Arief Ramadhan," 2020.
- [4] F. R. Darmawan *et al.*, "Pengukuran Ketinggian Air dalam Tangki Berbasis IOT menggunakan Protokol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)," *Semin. Inform. Apl. Polinema*, pp. 64–71, 2020.
- [5] T. Wahyu, O. Putri, M. I. Mowaviq, and I. Hajar, "Rancang Bangun Sistem Kendali Level Air Berbasis Programmable Logic Controller dan Human Machine Interface," vol. 10, no. 2, pp. 272–279, 2021.
- [6] Z. Abidin and E. Ihsanto, "Perancangan Kontroler PID Level Deaerator Dan Kondensor Pada Steam Power Plant Berbasis Algoritma Genetika," vol. 12, no. 3, pp. 153–159, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i3.009.
- [7] A. M. Purba *et al.*, "Kendali Proses Penutupan Botol Minuman," 2022.
- [8] F. A. K. Yudha and B. Riyanta, "Perancangan dan Simulasi Trainer Human Machine Interface (HMI) untuk media pembelajaran berbasis CX Designer PLC," *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 4, no. 2, pp. 136–145, 2020, doi: 10.18196/jmpm.v4i2.10607.
- [9] R. Akbar, Weriana, R. A. Siroj, and M. W. Afgani, "Experimental Research Dalam Metodologi Pendidikan," *J. Ilm. Wahana Pendidikan, Januari*, vol. 2023, no. 2, pp. 465–474, 2023.
- [10] R. Mayangsari and M. Yuhendri, "Sistem Kontrol dan Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Human Machine Interface dan Internet of Thing," vol. 4, no. 2, pp. 738–749, 2023.
- [11] S. Rahmani, S. A. Rosana, and G. H. Tian, "Pengaplikasian Kontroler PID Pada Sistem Kontrol Level Ketinggian Air Menggunakan MATLAB Application of PID Controller in Water Level Control System Using MATLAB," vol. 10, no. 2, 2022.
- [12] S. Sintaro *et al.*, "Implementasi Motor Driver Vnh2sp30 Pada Mobil Remote Control Dengan Kendali Telepon Genggam Pintar," pp. 1–7.
- [13] R. E. Putra, "Sistem Timbangan Digital Menggunakan HMI Weintek Berbasis Outseal PLC," *J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 31–39, 2023.
- [14] Z. Lubis, "Teklogi Terbaru Perancangan Model Alat Penyiram Tanaman Dengan Pengontrolan Otomatis," *J. Electr. Technol.*, vol. 6, no. 2, 2021.
- [15] E. R. Subhiyakto, Y. P. Astuti, and L. Umaroh, "Perancangan User Interface Aplikasi Pemodelan Perangkat Lunak Menggunakan Metode User Centered Design," *KONSTELASI Konvergensi Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 145–154, 2021, doi: 10.24002/konstelasi.v1i1.4266.