

## DESIGN OF PLC BASED TEMPERATURE CONTROL SYSTEM FOR FOOD STABILITY TEST CHAMBER

Abdurahman<sup>1)</sup>, Sunardi<sup>2)</sup>, Sugeng<sup>3)</sup>, Jan Setiawan<sup>4)</sup>, dan Angga Muhamad Syukur<sup>5)</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Teknik Elektro, Universitas Pamulang

<sup>1,2,3,4,5</sup>Jl. Puspipetek Buaran, Tangerang Selatan, 15310

E-mail : dosen00943@unpam.ac.id<sup>1)</sup>, sunardi856@gmail.com<sup>2)</sup>, sugeng.unpam@yahoo.co.id<sup>3)</sup>, jansetiawan.lecturer@gmail.com<sup>4)</sup>, angga\_muhamads@rocketmail.com<sup>5)</sup>

### ABSTRACT

*A stability test chamber simulates specific environmental conditions and tests a product or material in the manufacturing stage. The tested product or material is then analyzed for its shelf-life estimation related to the state and durability of the product for a certain period. The main parameter that must control accurately is temperature. Programmable Logic Controller (PLC) as an industrial computer control system has been widely used. In this paper, the temperature control system was designed based on PLC and supervisory control and data acquisition (SCADA). The PLC and SCADA would indirectly control the heater. The PLC was fed from the temperature sensor for the real-time temperature inside the test chamber. Received temperature value, compared to the temperature set point. The validation and verification of controlled temperature inside the chamber were also investigated. The system was designed on a miniaturized chamber using commercial PLC and SCADA, a Stepper motor, a slide regulator, a heater, and the temperature sensor PT100. The temperature test point for validation and verification was performed at 35 °C, 45 °C, and 55 °C. The result showed that The PT100 successfully had an excellent response to the temperature test point. The correction value for temperature is as high as 0.6 °C with a deviation of 1 %.*

**Keywords:** Food stability, PLC, Temperature control, Test chamber.

### 1. PENDAHULUAN

Uji stabilitas untuk produk seperti makanan bertujuan untuk menentukan umur simpannya. Uji stabilitas merupakan suatu proses yang kompleks (Ayton, 2021; Gao, Tian, Zhu, & Sun, 2020). Uji stabilitas merupakan proses yang sangat penting bagi perusahaan makanan di mana mereka harus mengetahui umur simpan produk mereka. Dimana pada masa umur simpan ini makanan tersebut masih layak untuk dikonsumsi. Dalam teknik uji stabilitas pangan, sampel makanan disimpan dalam jangka waktu tertentu di ruangan dengan kondisi temperatur dan kelembaban tertentu, dan dilakukan serangkaian uji analitik. Oleh karena itu, kestabilan temperatur harus dijaga untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sangat mempengaruhi kehidupan manusia; efektivitas dan efisiensi selalu menjadi acuan. Setiap langkah dalam menggunakan dan memanfaatkan teknologi diharapkan dapat mencapai hasil yang optimal baik secara kualitas maupun kuantitas. Untuk mencapai hal tersebut diperlukan suatu sistem yang dapat menjaga kestabilan temperatur ruang (Chen, 2022; Ezike, Alabi, Ossai, & Aina, 2018; Malika, Johar, Alkawaz, Hajamydeen, & Raya, 2022; Matamoros dkk, 2020) sehingga uji stabilitas pangan dapat dilakukan dengan hasil yang akurat.

Pengendalian temperatur dan kelembaban ruang uji secara konvensional terdiri dari kipas sirkulasi udara, unit pendingin, pemanas listrik, dan unit peningkat kelembaban udara. Pengendalian temperatur dan kelembaban ruang uji mengonsumsi banyak energi selama operasinya (Mensah & Choi, 2017). Dalam pengembangan ruang uji, temperatur bagian dalam dapat digunakan sebagai umpan balik untuk mengendalikan kecepatan kipas angin. Untuk kebutuhan ini sensor dan mikrokontroler, kipas angin dan rangkaian antarmukanya ditempatkan dalam ruang uji sebagai satu kesatuan. Dengan sistem ini, ketika temperatur bagian dalam ruang berada di atas nilai yang ditetapkan oleh pengguna, kipas angin akan berputar, dan jika di bawah nilai temperatur yang diatur, kipas angin akan berhenti. Pemilihan sensor temperatur sangat mempengaruhi hasil (Popa dkk, 2019). Sensor temperatur resistansi platinum menjadi salah satu pilihan yang sangat baik. Mensah dan Choi (2017), mengadopsi kompresor dengan kecepatan yang dapat divariasikan ke unit pendingin untuk pengendalian temperatur dan kelembaban ruangan. Konsumsi energi di dalam ruang berkurang, dan temperatur dan kelembaban mencapai stabilitas, sesuai dengan peningkatan pengaturan temperatur di dalam ruang. Pengembangan lainnya membuat desain ruangan yang memiliki temperatur konstan dan terintegrasi dengan berbiaya rendah dan presisi tinggi, berdasarkan prinsip

konveksi alami. Ruang dengan konsep ini akan memiliki konsumsi energi yang rendah, sehingga akan lebih murah dan mudah dalam proses perakitanya (Dyjakon, Noszczyk, Sobol, & Misiakiewicz, 2021). Desain lainnya dengan melakukan pemilihan bahan dinding dengan konsep berlapis untuk mempertahankan temperatur ruang uji dalam kurun waktu tertentu sehingga dapat meminimalisasi penggunaan pemanas, yang tentunya akan memberikan penghematan (Coandă dkk, 2022).

Salah satu perangkat pengendali yang umum digunakan dalam dunia industri adalah *programmable logic controller* (PLC). Perangkat PLC digunakan karena memiliki keandalan, antara lain mudah diprogram dan diterapkan, lebih sedikit kabel, pemecahan masalah sistem yang lebih mudah, konsumsi daya yang relatif lebih rendah, modifikasi sistem yang lebih sederhana dan lebih cepat. PLC diprogram untuk menggantikan puluhan atau ratusan sirkuit kontrol logika yang saling bergantung. Komponen *input* dan *output* (I/O) pada PLC memungkinkan menjadi antarmuka langsung dengan proses yang sebenarnya (Chen, 2022; Krupa, Limon, & Alamo, 2021; Malika dkk, 2022; Matamoros dkk, 2020; Wei, 2017).

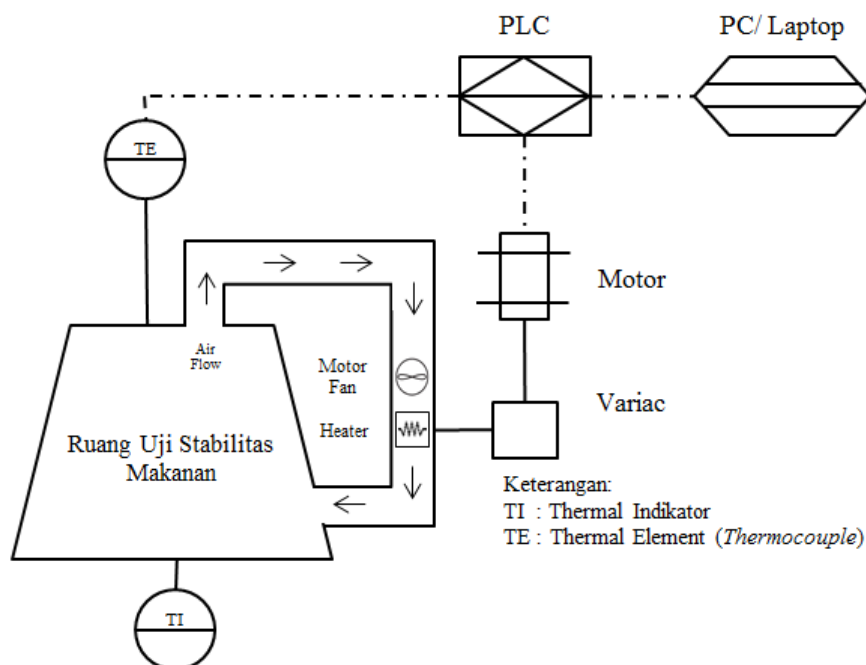
## 2. RUANG LINGKUP

Dalam penelitian ini permasalahan mencakup:

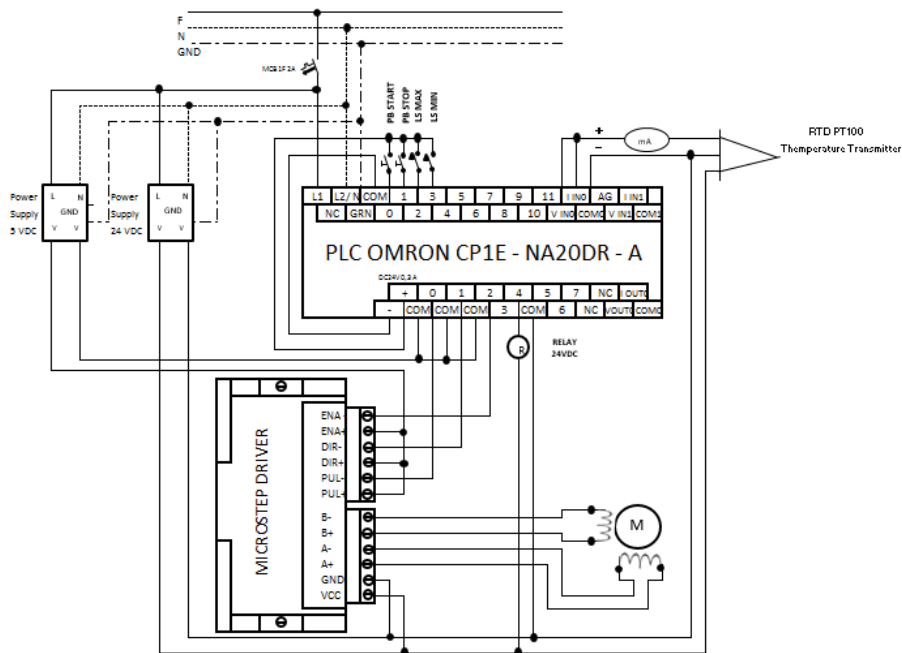
1. Perancangan pengendali temperatur untuk ruangan pengujian stabilitas produk makanan sehingga dapat mencapai temperatur *set point* yang ditentukan.
2. Dalam perancangan ini, digunakan PLC dan SCADA sebagai pengendalinya, sensor temperatur dan motor *stepper* sebagai aktuatornya.
3. Diperoleh rancangan pengendali temperatur untuk ruangan pengujian stabilitas produk makanan. Temperatur *set point* yang ditentukan dapat dicapai dan tetap stabil dalam waktu tertentu.

## 3. BAHAN DAN METODE

Sistem pengatur temperatur ruang uji stabilitas dirancang menggunakan PLC OMRON CP1E NA20DR-A dan SCADA, motor *stepper*, pengatur tegangan geser, pemanas tipe PTC, kipas DC, dan sensor temperatur PT100. Sistem pengendali temperatur dibangun beserta ruang uji stabilitas mini. Rancangan sistem kendali temperatur dan ruang uji stabilitas mini ditunjukkan pada Gambar 3. Dimensi ruang uji stabilitas adalah 170 mm x 145 mm x 240 mm, dan dipasang pipa komersial *polivinilklorida* (PVC) berdiameter 3 inci. Ruang uji dan pipa dilapisi aluminium foil, untuk mengurangi terjadinya *heat loss* dari sistem maupun pengaruh panas dari luar ruang uji. Diagram perpipaan dan instrumentasi untuk sistem kendali temperatur ditunjukkan pada Gambar 1, dan diagram pengkabelan sistem kendali temperatur ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Sistem Kendali Temperatur Ruang Uji Stabilitas



**Gambar 2. Diagram Pengkabelan Sistem Kendali Temperatur Ruang Uji Stabilitas**



**Gambar 3. Sistem Kendali Temperatur Ruang Uji Stabilitas**

Untuk PLC CP1E NA20DR-A dibutuhkan tegangan berkisar antara 100–240 VAC. Dengan demikian dibutuhkan tegangan operasional untuk VAC berkisar antara 100 – 240 V dan untuk VDC berkisar antara 20,4 – 26,4 V.

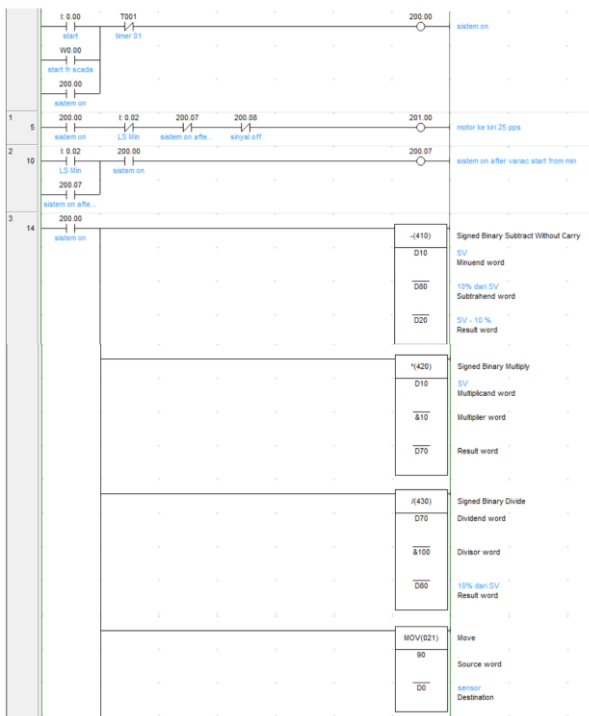
Aplikasi untuk pemantauan, kendali, dan akuisisi data dirancang menjadi dua bagian. *CX-Programmer* digunakan untuk mengembangkan diagram *ladder*, dan *CX-Supervisor* digunakan untuk membuat antarmuka pengguna. Antarmuka pengguna terdiri dari tombol *on/off*, label untuk titik uji *set point* temperatur yang

ditetapkan, dan melihat temperatur aktual di dalam ruang uji stabilitas. Verifikasi kendali sistem temperatur diuji pada tiga titik uji temperatur yaitu, 35 °C, 45 °C, dan 55 °C.

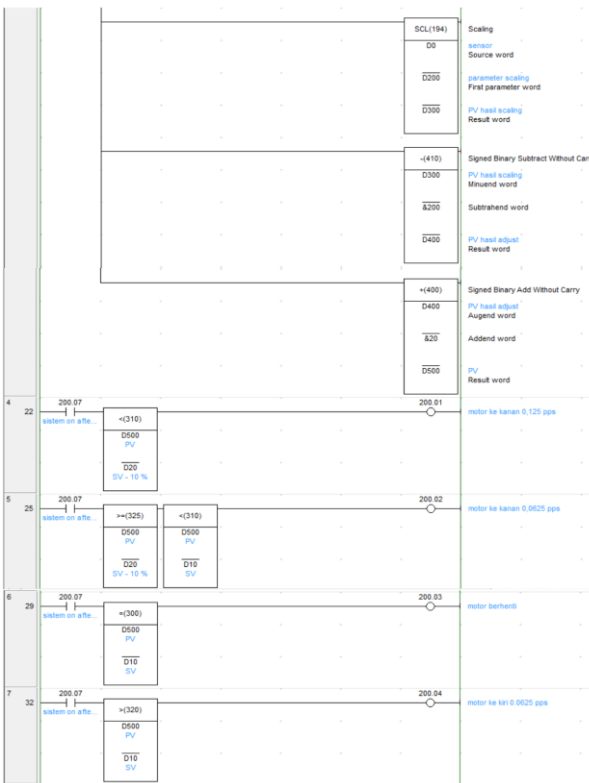
Perancangan sistem kerja kendali temperatur ini dimulai dari aplikasi antarmuka pengguna. Antarmuka pengguna mengendalikan sistem *on/off*. Temperatur *set point* ditentukan oleh pengguna, aplikasi mengirimkan instruksi ke PLC untuk mengatur regulator geser yang terhubung langsung ke pemanas. Udara panas yang mengelilingi pemanas PRC dialirkan ke ruang uji oleh kipas DC (Mensah & Choi, 2017). Sensor temperatur PT100 mendeteksi perubahan temperatur di dalam ruang uji. Data temperatur dikirim ke PLC, dan dapat dilihat di aplikasi.

#### 4. PEMBAHASAN

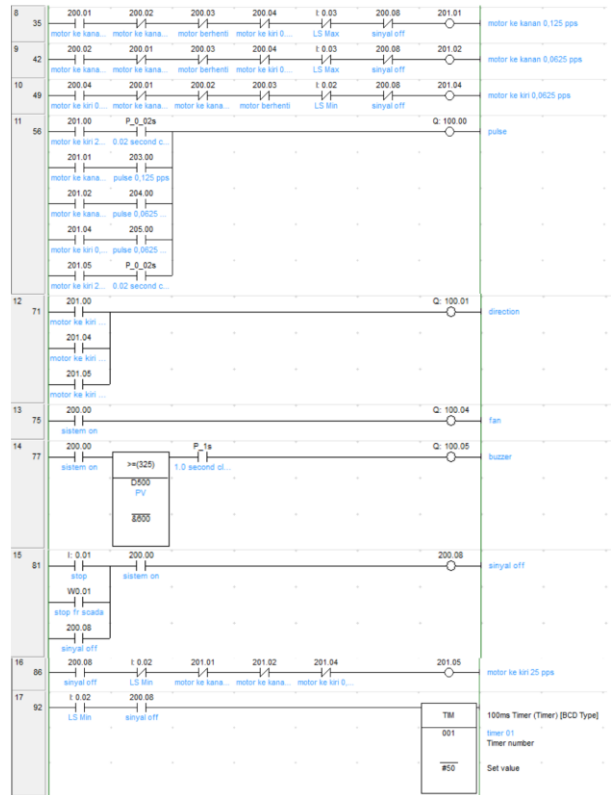
Sistem pengendali temperatur diuji untuk mengetahui keandalan perangkat keras dan perangkat lunaknya. Ruang lingkup hasil dan pembahasan adalah tentang skema diagram *ladder*, karakteristik sensor temperatur, dan verifikasi sistem kontrol temperatur. Diagram *ladder* dibagi menjadi empat bagian untuk bagian kendali dan satu untuk pengukur waktu. Diagram *ladder* setiap bagian ditunjukkan pada Gambar 4.



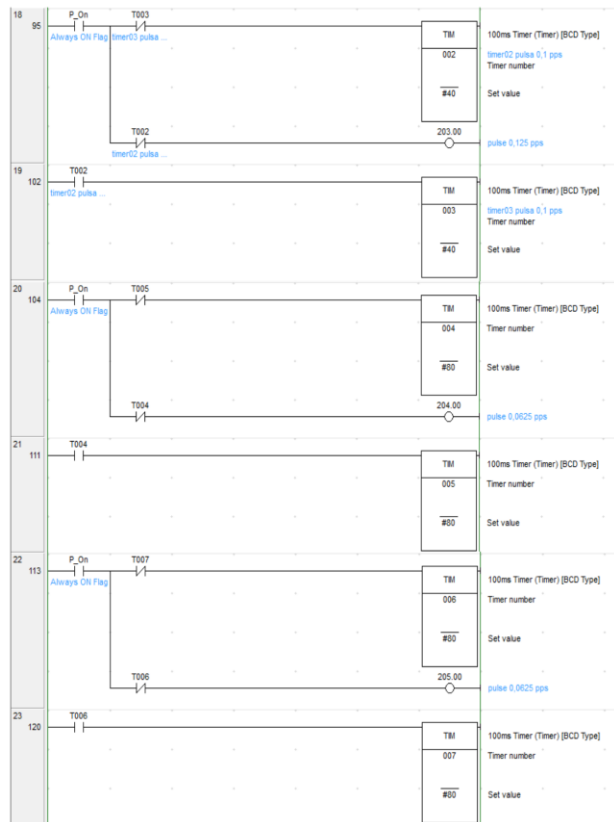
(a)



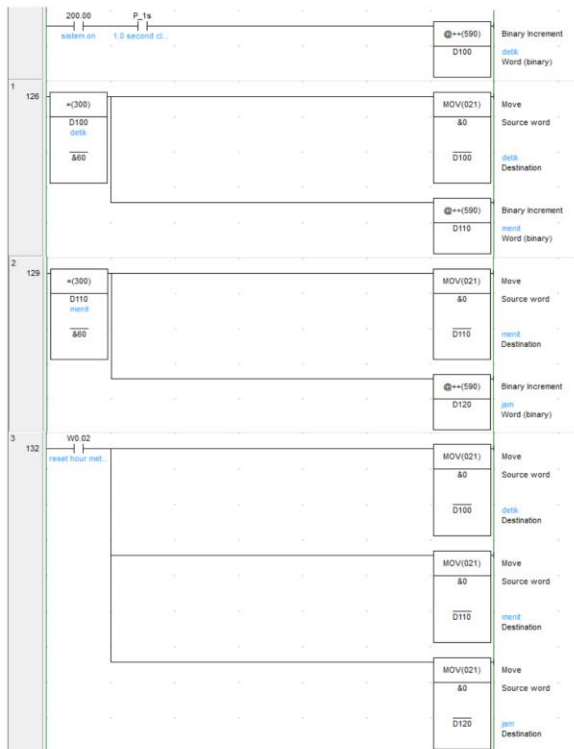
(b)



(c)



(d)



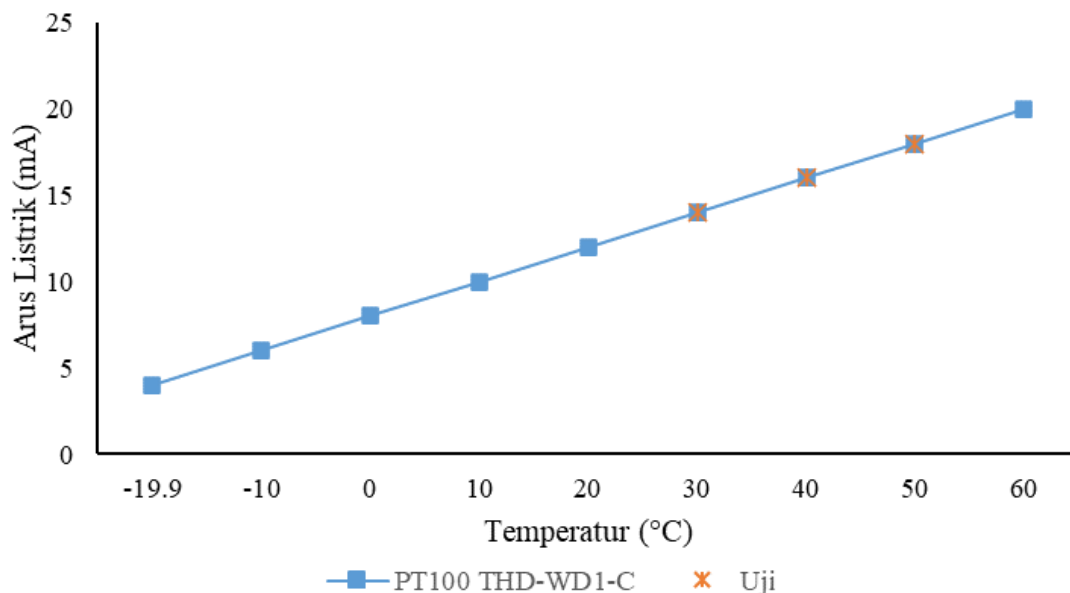
(e)

**Gambar 4. Skematik Diagram Ladder dari PLC**

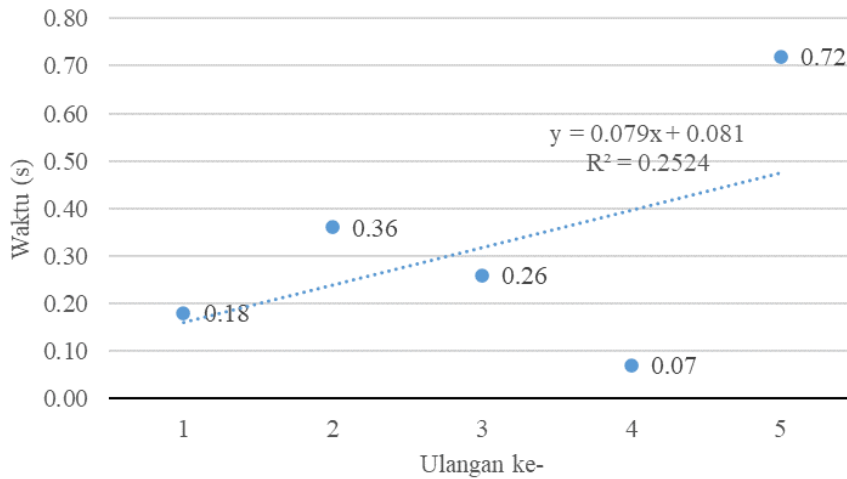
Diagram ladder pada Gambar 4 dijelaskan sebagai berikut, PLC mengatur driver motor ke enable, dibaca

dari sensor temperatur. Saat temperatur *set point* ditentukan, PLC melakukan pemeriksaan sakelar batas kiri. Saklar batas kiri dimaksudkan sebagai posisi normal untuk mengatur pemanas. Sekali lagi, PLC membaca dari sensor temperatur dan menghitung temperatur ruang uji dengan *set point* yang berbeda. Jika temperatur ruang uji di bawah temperatur *set point*, motor digerakkan searah jarum jam dengan kecepatan 0,125 pps. Jika temperatur ruang uji berada pada 10% di bawah temperatur *set point*, maka kecepatan motor menurun menjadi 0,0625 pps. Jika temperatur ruang uji lebih tinggi dari temperatur *set point*, motor akan bergerak berlawanan arah jarum jam dengan kecepatan 0,0625 pps. Motor akan berhenti ketika temperatur ruang uji sama dengan temperatur *set point*.

Sensor temperatur diuji pada temperatur 30°C, 40°C, dan 50°C. Pengujian dilakukan menggunakan amperemeter untuk mengukur arus listrik yang keluar dari sensor. Hasil yang diperoleh menunjukkan pada temperatur 30 °C diperoleh 14 mA, 40 °C diperoleh 16 mA, dan 50 °C diperoleh 18 mA. Besaran arus listrik ini menunjukkan bahwa sensor temperatur PT100 yang digunakan bersesuaian dengan karakteristik dari PT100 tipe TH-WD1-C. Karakteristik perubahan arus listrik-temperatur sensor ini dan hasil ujinya ditunjukkan pada Gambar 5. Uji verifikasi dimulai dari uji fungsi I/O PLC. Hasil penelitian menunjukkan fungsi I/O PLC akurat 100% dan koneksi antara PLC dengan komputer berfungsi dengan baik. Hasil uji fungsional jam meter ditunjukkan pada Gambar 6.



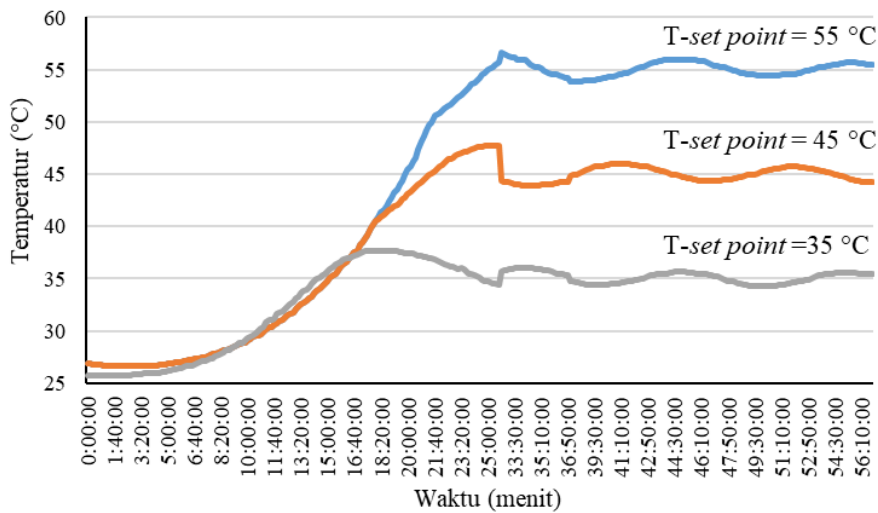
**Gambar 5. Karakteristik Uji Sensor Temperatur**



**Gambar 6. Waktu Sistem Sirkuit Jam Meter**

Fungsi dari rangkaian jam meter adalah untuk menghitung waktu proses PLC. Akurasi yang tinggi dari rangkaian ini untuk mendukung efisiensi dalam produksi dimana indikator tersebut membentuk *overall equipment effectiveness* (OEE). Nilai waktu rangkaian terhadap alat ukur pembanding berkisar antara rentang 0,72 – 0,07 detik ditampilkan pada Gambar 6. Nilai waktu rata-rata adalah 0,32 detik dengan ketidakpastian 0,25 detik. Data

pengukuran pada Gambar 6 didekati dengan menggunakan fungsi linier. Terlihat titik potong dari persamaan linier ini sebesar 0,081, yang berarti, pewaktuan dalam sistem PLC sudah memiliki waktu proses internal sebesar 0,081 detik. Sistem kendali temperatur dengan titik uji pada temperatur 35 °C, 45 °C, dan 55 °C, diberikan pada Gambar 7.



**Gambar 7. Temperatur Ruang Uji Terhadap Waktu Operasi Sistem Pengendali Temperatur**

Pengujian temperatur *set point* 35 °C, temperatur awal ruang uji sebesar 25,7 °C. Sedangkan pada pengujian temperatur dengan *set point* 45 °C dan 55 °C, temperatur awal ruang uji sebesar 26,9 °C. Gambar 7 menunjukkan temperatur *set point* tersebut dapat dicapai dengan waktu sekitar 25 menit. Dari kemiringan kurva dari awal pemanasan hingga mencapai temperatur *set point* pada Gambar 7, kemampuan laju pemanasan saat pengujian diperoleh 1,4 °C/menit untuk temperatur *set point* 35 °C, 1,8 °C/menit untuk temperatur *set point* 45 °C, dan 2,2 °C/menit untuk temperatur *set point* 55 °C. Dari

pengujian *overshoot* pada temperatur juga terlihat selama rentang waktu tersebut dengan rentang nilai 3 - 5%. Hal ini dikarenakan sensor dan PLC memerlukan waktu untuk memproses temperatur ruang uji dengan batas temperatur *set point*. Setelah diperoleh keputusan, PLC akan mengubah tegangan pada pemanas sehingga beberapa saat temperatur akan menurun. Proses iterasi ini akan berulang hingga temperatur ruang uji mendekati temperatur *set point*. Temperatur ruang uji dapat mendekati stabil yang ditunjukkan dengan perbedaan antara temperatur ruang uji dengan *set point* sekecil

mungkin. Dalam desain sistem ini perbedaan temperatur terkecil dapat dicapai setelah 1 jam dari mulai operasi atau sekitar 35 menit dari akhir kondisi *overshoot*. Pada kondisi ini, deviasi temperatur yang dapat dicapai sebesar 0,6 °C atau sekitar 1%.

## 5. KESIMPULAN

Sistem pengendali temperatur dapat menunjukkan temperatur ruang uji secara *real-time* di aplikasi antarmuka pengguna. Antarmuka pengguna ini juga mengatur temperatur *set point* yang diperlukan untuk pengujian stabilitas. Pengendalian temperatur saat *on-site commissioning* menunjukkan PLC OMRON dapat mengendalikan temperatur ruang uji dengan baik. Temperatur *set point* dapat dipenuhi dengan presisi tinggi. Waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur *set point*, desain pengendali temperatur yang dibangun ini memerlukan waktu 25 menit dan temperatur ruang uji mencapai temperatur yang stabil setelah 35 menit dari pencapaian temperatur *set point*.

## 6. SARAN

Pengembangan ruang uji untuk stabilitas produk pangan merupakan perangkat yang sangat penting dalam industri makanan untuk meyakinkan ketahanan produknya. Desain ini yang dibangun, telah mampu mengendalikan temperatur dengan kestabilan yang baik pada temperatur *set point* yang berbeda. Untuk pengendalian temperatur ruang uji yang lebih baik dapat ditingkatkan dengan memetakan temperatur dalam ruang uji dengan menambah sensor temperatur. Selain itu, distribusi panas konveksi yang lebih baik sehingga pencapaian temperatur *set point* lebih baik dan mengurangi *overshoot* dapat menambah jumlah kipas dan melakukan optimasi dalam pengoperasiannya. Agar lebih hemat energi, desain ruang uji dapat menggunakan bahan yang dapat menyimpan panas lebih lama.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- Ayton, J. (2021). Chapter 8 Accelerated Stability Testing – History and Recent Developments. In *Handbook of Antioxidant Methodology: Approaches to Activity Determination* (pp. 262-278): The Royal Society of Chemistry.
- Chen, J. (2022). Design and Analysis of Home Control Complex System Based on PLC Technology. *Mobile Information Systems, 2022*, 6830120. doi:10.1155/2022/6830120
- Coandă, P., Avram, M., Comeagă, D., Grănescu, B., Constantin, V., & Emil, N. (2022, 30 June-2 July 2022). *Design, fabrication, and testing of a high-load, low-cost thermal chamber*. Paper presented at the 2022 8th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE).
- Dyjakon, A., Noszczyk, T., Sobol, Ł., & Misiakiewicz, D. (2021). Influence of Torrefaction Temperature and Climatic Chamber Operation Time on Hydrophobic Properties of Agri-Food Biomass Investigated Using the EMC Method. *Energies, 14*(17). doi:10.3390/en14175299
- Ezike, S., Alabi, A., Ossai, A., & Aina, A. (2018). A Low-Cost Temperature-Controlled Chamber Fabricated for Materials Testing. *Designs, 2*(3), 25.
- Gao, T., Tian, Y., Zhu, Z., & Sun, D.-W. (2020). Modelling, responses and applications of time-temperature indicators (TTIs) in monitoring fresh food quality. *Trends in Food Science & Technology, 99*, 311-322. doi:https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.019
- Krupa, P., Limon, D., & Alamo, T. (2021). Implementation of Model Predictive Control in Programmable Logic Controllers. *IEEE Transactions on Control Systems Technology, 29*(3), 1117-1130. doi:10.1109/TCST.2020.2992959
- Malika, N. Z., Johar, M. G. M., Alkawaz, M. H., Hajamydeen, A. I., & Raya, L. (2022, 21-22 May 2022). *Temperature & Humidity Monitoring for Poultry Farms using IOT*. Paper presented at the 2022 IEEE 12th Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE).
- Matamoros, M., Gómez-Blanco, J. C., Sánchez, Á. J., Mancha, E., Marcos, A. C., Carrasco-Amador, J. P., & Pagador, J. B. (2020). Temperature and Humidity PID Controller for a Bioprinter Atmospheric Enclosure System. *Micromachines, 11*(11), 999. Retrieved from https://www.mdpi.com/2072-666X/11/11/999
- Mensah, K., & Choi, J. M. (2017). Energy consumption and stability investigation of constant temperature and humidity test chamber. *International Journal of Air-Conditioning Refrigeration, 25*(01), 1750010.
- Popa, A., Hnatiuc, M., Paun, M., Geman, O., Hemanth, D., Dorcea, D., . . . Ghita, S. (2019). An Intelligent IoT-Based Food Quality Monitoring Approach Using Low-Cost Sensors. *Symmetry, 11*(3). doi:10.3390/sym11030374
- Wei, F. (2017). *The PLC-based Industrial Temperature Control System: Design and Implementation*. Paper presented at the MATEC Web of Conferences.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Departemen Teknik Elektro atas dukungannya; demikian, penulis dapat menyelesaikan pekerjaan ini.