

DESAIN SISTEM OTOMATISASI POMPA PENGISI KONTAINER BERDASARKAN ZONA LINEAR KURVA R(T) SENSOR PTC

Beny Agustirandi¹, Lazuardi Umar^{1*}

¹Program Studi SI Fisika FMIPA Universitas Riau, Jl. Prof. Mochtar Lutfhi Pekanbaru, 28293, Indonesia

*e-mail: lazuardi@unri.ac.id

ABSTRAK

Sensor Positive Temperature Coefficient (PTC) merupakan perangkat elektronika yang memiliki kepekaan terhadap perubahan suhu dimana resistansi naik ketika suhu lingkungan meningkat, Proses ini mengakibatkan arus yang melewati termistor akan semakin kecil. Berdasarkan hal tersebut maka sistem otomatisasi pompa serta deteksi suhu dibuat menggunakan data perubahan resistansi dari termistor PTC melalui pengukuran nilai arus dan tegangan. Proses otomatisasi dan deteksi suhu dilakukan dengan sensor PTC sebagai detektor yang memberikan sinyal input menuju sensor INA-219 dan diolah oleh mikrokontroler Arduino UNO. Perangkat otomatisasi dibuat dengan menghubungkan tegangan konstan 12V pada sensor PTC dan tercatat nilai resistansi PTC sebesar 480,71 Ω (pompa ON) pada medium udara dan medium air sebesar 102, 86 Ω (pompa OFF), dengan tingkat akurasi mencapai 80%. Sistem deteksi suhu dilakukan pada tegangan 0V agar suhu fluida yang diukur sensor murni suhu medium tanpa pengaruh pemanasan sensor akibat pemberian tegangan. Kurva R(T) yang dihasilkan dilinearisasi sehingga mendapatkan persamaan linear sebagai dasar konversi resistansi menjadi suhu dengan gradien sebesar -1,01, offset 202,21 dan standar deviasi 10,8. Data yang dihasilkan diprogram dan disimpan pada histori mikrokontroler sebagai otomatisasi on-off pompa dan deteksi suhu fluida pengisi kontainer secara simultan.

Kata Kunci: *Termistor; PTC; Otomatisasi; INA-219; Mikrokontroler*

ABSTRACT

[Title: Design of Automatic Pump System for Container Based on Linear Zone of R-T Curve PTC Sensor] *Sinabung Positive Temperature Coefficient (PTC) sensor is an electronic device that has sensitivity to temperature changes which has the characteristic of increasing resistance when the ambient temperature increases. This process causes the current through the thermistor to be smaller. Based on this, the pump automation system and temperature detection are made using resistance change data from PTC thermistors through measuring current and voltage values. The process of automation and temperature detection is carried out with a PTC sensor as a detector that provides an input signal to the INA-219 sensor and is processed by the Arduino UNO microcontroller. The automation device is made by connecting a 12V constant voltage to the PTC sensor and the PTC resistance value is recorded at 480.71 (pump ON) in air and 102.86 (pump OFF), with an accuracy rate of 80%. The temperature detection system is carried out at a voltage of 0V so that the fluid temperature measured by the sensor is pure medium temperature without the influence of heating the sensor due to the application of voltage. The resulting R(T) curve is linearized to obtain a linear equation as the basis for converting resistance to temperature with a gradient of -1.01, offset of 202.21 and standard deviation of 10.8. The resulting data was programmed and stored in the history of the microcontroller for simultaneous automation and temperature detection.*

Keywords: *Thermistor; PTC; Automation; INA-219; Microcontroller*

PENDAHULUAN

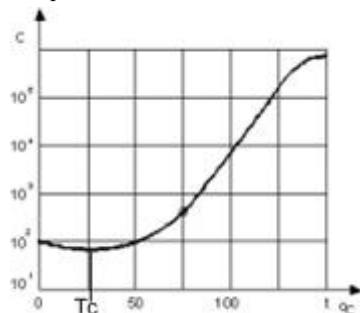
Sistem teknologi yang sederhana, murah, serta mudah untuk diaplikasikan sangat diperlukan pada era modern ini. Salah satu nya proses otomatisasi pompa sentrifugal saat pengisian fluida (*level sensor*) dan deteksi suhu (Kodong, 2012). Proses pengisian fluida menggunakan pompa jenis sentrifugal serta didukung sistem otomatisasi *on/off* biasanya menggunakan sensor kapasitif, ultrasonik,

fiber optik dll, yang merupakan metode pengukuran kontinu (McCulloch et al., 2012; Wang et al., 2016; Varun et al., 2018). Metode kontinu ini memiliki tingkat akurasi dan presisi yang tinggi karena didukung dengan sistem elektronik yang kompleks. Namun pembuatan sistem membutuhkan biaya yang relatif mahal, pengoperasian yang rumit, serta terjadi anomali pengukuran ketika sistem berada

pada fluida yang panas. (Wang et al., 2018; Heywood & Tily, 2004).

Berbagai penelitian dilakukan untuk mengatasi kelemahan sistem kontinu yaitu pengukuran dengan metode diskrit seperti menggunakan *level switch* sensor dan magnetik *reed switch*. Metode diskrit yang digunakan berdasarkan *level switch* dapat mengoperasikan sistem *on/off* dengan baik namun, sistem ini tidak mampu mendeteksi perubahan parameter fisis seperti perubahan suhu yang terjadi dalam fluida (Rudd et al., 2009; Fraser et al., 1998). Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat suatu *prototype* otomatisasi menggunakan metode diskrit berdasarkan sensor *positive temperature coefficient* (PTC) sebagai saklar untuk investigasi sistem *on/off* pompa pengisian fluida dan deteksi suhu.

Sensor PTC merupakan komponen elektronika yang memiliki kepekaan terhadap perubahan suhu. PTC merupakan jenis termistor (termal resistor) dimana ketika terjadi perubahan suhu maka resistansi akan berubah seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva $R(T)$ sensor PTC

Sensor PTC memiliki kurva linear (NTC) ketika suhu sensor belum mencapai titik Curie (T_c). Penelitian ini akan memanfaatkan daerah linear dari sensor PTC sebagai deteksi suhu dalam mode sensor *non-self heating*.

Penelitian mengenai sensor PTC pernah dilakukan oleh Jack et al (2016) yang menyatakan bahwa pada saat sensor PTC diberikan tegangan maka sensor akan mengalami pemanasan sendiri (*self heating*) yang menyebabkan resistansi sensor meningkat secara signifikan.

Sensor PTC memiliki sifat yang peka terhadap suhu serta memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi sehingga tidak terjadi anomali pengukuran ketika sensor berada dalam fluida panas (Horn, 2002; Umar, 2010). Penelitian ini memanfaatkan sifat PTC yang

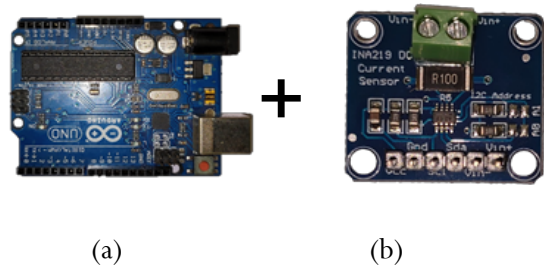
tahan terhadap panas sehingga sistem otomatisasi pompa saat pengisian fluida dapat di aplikasikan pada bidang industri yang menyimpan fluida panas dalam tangki (kontainer).

Berdasarkan sifat PTC yang peka terhadap suhu maka pembuatan sistem deteksi suhu dapat diintegrasikan kedalam sistem otomatisasi pompa yang dilakukan secara simultan dengan mengkarakterisasi kurva yang dihasilkan saat pengukuran sensor PTC

METODE

Pembuatan *prototype* sistem otomatisasi pompa pengisian fluida dilakukan dengan mengetahui karakteristik parameter listrik sensor PTC ketika berada pada fluida udara dan fluida cair. Proses karakterisasi membutuhkan beberapa perangkat berupa mikrokontroler, sensor arus-tegangan INA 219 dan sensor PTC.

Mikrokontroler merupakan sebuah piranti pembentuk sistem komputer yang dikemas dalam sebuah *chip*. Sistem komputer mikrokontroler terdiri dari *processor*, memori, *input* dan *output*. Mikrokontroler adalah alat yang bertugas menjalankan instruksi untuk mengendalikan peralatan (Louis, 2016).



Gambar 2. (a) Mikrokontroler Arduino Uno R3 ATmega 328 dan (b) modul Sensor INA219

Modul sensor INA-219 (Ada, 2019) merupakan sebuah *hardware* yang digunakan untuk memonitoring tegangan dan arus suatu sirkuit elektronika yang dialiri dengan listrik DC kemudian diperkuat menggunakan *amplifier*. Modul ini dilengkapi dengan sistem *interface* I2C (*inter integrated circuit*) yaitu suatu protokol yang digunakan dalam serial komunikasi antar mikrokontroler. Karakter utama *interface* I2C yaitu memiliki serial bus sebagai pengirim data per-bit, pengantar sinyal clock (SCL), sistem transaksi data (SDA), input, serta ground yang dipakai bersama dalam koneksi SCL dan SDA.

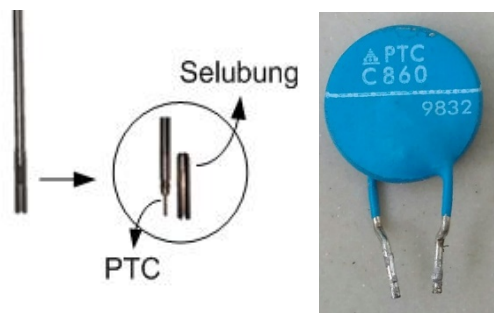
Tegangan dan arus I/O pada Arduino dan sensor INA-219 ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Input dan output Arduino UNO R3 dan modul sensor INA-219

Parameter	Arduino	INA-219
V _{in} (V)	7-12	0.32
V _{out} (V)	3.5-5	0-26
I (A)	0.2	3.2

Modul INA-219 pada Gambar 2. terdiri dari pin I/O data, clock, IN+, IN-, ground dan suplai tegangan. Pin IN+ dan IN- merupakan input positif dan negatif dari tegangan *shunt* yang terhubung pada tahanan *shunt* dan ground. Pin SCL dan SDA merupakan serial bus clock dan serial bus data serta tegangan suplai untuk mengaktifkan INA-219.

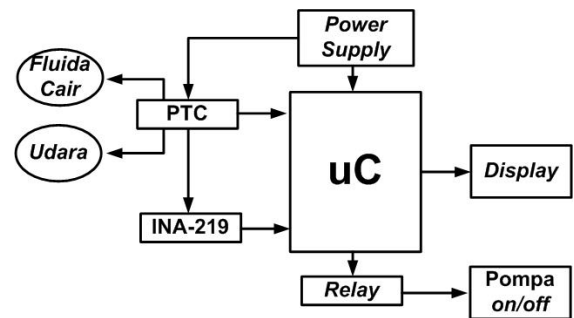
Sensor PTC (*positive temperature coefficient*) adalah jenis termistor positif dengan sifat resistansi nya sebanding dengan kenaikan suhu (Jack et al., 2016; Siren, 2001).



Gambar 3. (a) Elektroda PTC LS-300 Fafnir dan (b) PTC Epcos

Sensor PTC LS-300 Fafnir seperti pada Gambar 3 (Fafnir, 2019) memiliki dimensi panjang elektroda 59 cm yang bisa diaplikasikan pada sistem industri. Bentuk sensor PTC pada elektroda berada pada bagian bawah dengan dimensi 2,4 cm yang ditutup menggunakan selubung berdimensi 6 cm Sensor ini mampu menerima arus maksimum 200 mA dan tegangan maksimum 30 V serta memiliki rentang suhu optimal -25°C sampai 50°C.

Sistem pengukuran pada penelitian ini terdiri dari 3 blok utama yaitu input mempergunakan sensor PTC dan INA-219, *processing* menggunakan mikrokontroler arduino uno R3, dan *output* berupa display data arus-tegangan yang terukur secara *realtime*.



Gambar 4. Diagram blok *prototype*

Pengukuran parameter elektrik berupa arus dan tegangan di rangkai melalui *power supply* yang melewati PTC dan resistansi *shunt*. Nilai yang didapat dari pengukuran akan diolah menggunakan Sigma Plot membentuk kurva arus-tegangan I(V). Pada penelitian ini fluida yang digunakan sebagai sampel yaitu udara dan air. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan sensor PTC dan fluida kedalam ruang adiabatik agar tidak terjadi pengaruh antara suhu lingkungan terhadap sistem pengukuran.

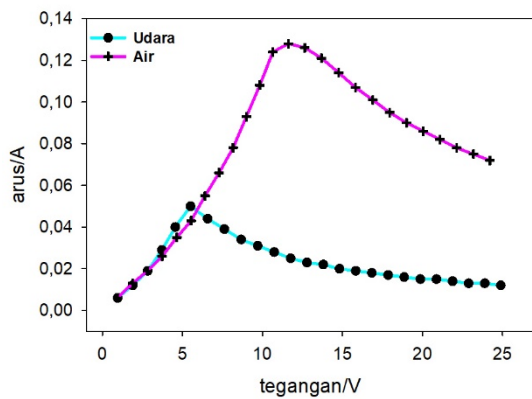
Sistem ini menggunakan sensor INA-219 untuk membaca nilai tegangan dan arus yang melewati resistansi *shunt*. Tegangan sumber yang masuk kedalam rangkaian PTC diatur mulai dari 0-25 V dengan kenaikan step sebesar 1 V. Nilai arus dan tegangan PTC diperoleh berdasarkan pengurangan tegangan *supply* dengan tegangan *shunt* seperti pada persamaan (1) berikut.

$$V_{ptc} = V_s - V_r \tag{1}$$

Dimana V_{ptc} merupakan tegangan PTC, V_s adalah tegangan sumber. Dan V_r tegangan pada hambatan *shunt*. Berdasarkan Gambar 4. prinsip kerja instrumen ini adalah apabila sensor PTC berada pada fluida cair (air atau minyak) maka sensor INA-219 akan membaca perubahan nilai arus, tegangan serta resistansi yang dihasilkan sensor PTC, kemudian mikrokontroler memerintahkan relay *on/off* sesuai nilai resistansi yang diukur INA-219. Kemudian sistem pengukuran sensor PTC sebagai detektor suhu dilakukan terpisah pada saat sensor tidak dialirkan tegangan. Nilai yang didapat akan di plot menjadi kurva R(T) yang kemudian di konversi resistansi menjadi suhu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai resistansi PTC berdasarkan kurva arus-tegangan yang di dapat pada pengukuran fluida udara dan air. Gambar 5 merupakan bentuk kurva I(V) sensor PTC ketika dialirkan tegangan 0V – 25V.

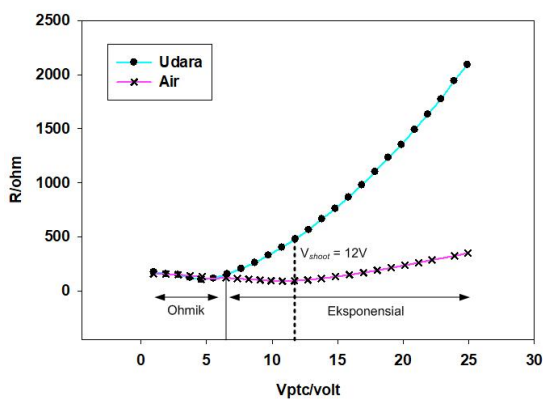


Gambar 5. Kurva arus-tegangan I(V)

Gambar 5. menunjukkan terjadi perubahan puncak arus ketika berada pada medium berbeda. Daerah ketika arus mulai naik hingga mencapai titik puncak disebut daerah ohmik, sedangkan daerah ketika arus mulai turun dari puncak disebut daerah eksponensial. Untuk memperoleh sistem otomatisasi berdasarkan nilai resistansi PTC maka Kurva I(V) Gambar 5. direkonstruksi menjadi kurva R(V) dengan nilai resistansi R sensor PTC didapat dari persamaan (2).

$$R = \frac{V_{ptc}}{I} \tag{2}$$

Dimana R merupakan resistansi PTC dan I adalah arus yang mengalir pada elektroda PTC. Nilai R yang di dapat dari perhitungan kemudian diolah membentuk kurva resistansi terhadap tegangan seperti Gambar 6. berikut.



Gambar 6. Kurva resistansi-tegangan R(V)

Gambar 6. menunjukkan bahwa pada kondisi daerah ohmik resistansi sensor udara dan air berimpit sehingga pada daerah ini proses otomatisasi tidak bisa dirancang. Namun pada daerah eksponensial semakin besar nilai tegangan maka rentang resistansi PTC antara medium udara dan air semakin lebar sehingga dipilih satu titik tegangan sebagai potensial sumber dalam proses pembuatan sistem otomatisasi. Tegangan yang paling efektif digunakan yaitu sebesar 12V dimana sumber tegangan 12V memiliki nilai

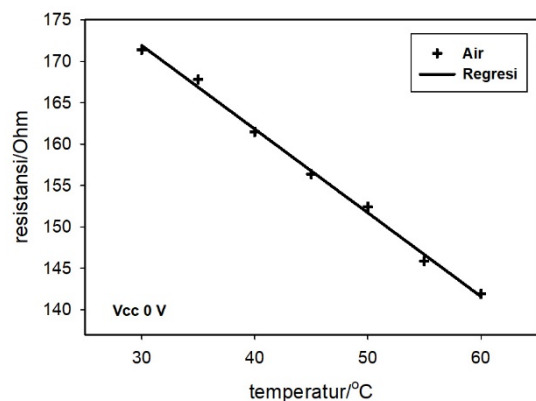
resistansi yang masih relatif rendah pada medium air sehingga panas yang dihasilkan sensor relatif kecil dan tidak mempengaruhi suhu sistem fluida.

Nilai resistansi yang dihasilkan sensor PTC pada medium udara dan air ketika diberikan tegangan 12V berturut-turut sebesar 480,71 Ω dan 102,86 Ω Nilai ini akan disimpan di *memory* program untuk mengatur sistem otomatisasi pompa ON/OFF. Tingkat akurasi pendeteksian berdasarkan data resistansi PTC mencapai 80%. Tabel 2 berikut memperlihatkan skenario otomatisasi pompa pengisian fluida.

Tabel 2. Skenario *level sensor*

Vnumber (V)	Status Pompa	Resistansi PTC (Ω)	Medium
12	ON	480,71	Udara
	OFF	102,86	Air

Proses selanjutnya yaitu sistem pendeteksi suhu dengan mengkonversi nilai tahanan PTC menjadi suhu dalam °C (derajat Celsius). proses pengukuran dilakukan pada saat sensor tidak mengalami pemanasan sendiri (tanpa tegangan / 0V) dengan sampel air yang dipanaskan mulai dari suhu 30°C-60°C. Nilai resistansi yang dihasilkan dari perubahan suhu diukur menggunakan multimeter, kemudian nilai yang didapat diplot membentuk kurva R(T) seperti Gambar 7. berikut



Gambar 7. Kurva resistansi-suhu R(T)

Gambar 7. menunjukkan kurva linear sensor PTC ketika suhu medium belum mencapai titik Curie, dimana dari hasil ini maka di dapat persamaan linear

$$R = aT + b \tag{3}$$

Maka suhu fluida dapat dihitung menggunakan persamaan (4).

$$T = \frac{R - b}{a} \tag{4}$$

Berdasarkan kurva Gambar 7. maka diperoleh gradien garis (a) sebesar -1,01 dan nilai *offset* (b)

sebesar 202,21 sehingga nilai suhu (T) dapat diketahui dengan persamaan (5) berikut

$$T = \frac{R \cdot 202,21}{1,01} \quad (5)$$

pengukuran ini menghasilkan nilai standar deviasi sebesar 10,8. Persamaan yang diperoleh akan disimpan dalam histori program mikrokontroler untuk dioperasikan secara *realtime* pada saat sensor berada dalam mode deteksi suhu, dimana proses otomatisasi dan deteksi suhu berlangsung simultan ketika sensor berada dalam keadaan *immersed*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Proses penentuan *on/off* pompa pengisi fluida berdasarkan nilai resistansi PTC pada medium udara menghasilkan tingkat akurasi mencapai 80% dengan skenario ketika pembacaan resistansi sensor 102,86 Ω maka pompa ON dan ketika pembacaan nilai resistansi 480,71 Ω maka pompa OFF. Sistem diukur ketika sensor diberikan tegangan konstan 12V. Proses penentuan suhu berlangsung ketika sensor menyentuh fluida dan tegangan pada sensor 0V menghasilkan kurva linear dengan gradien -1,01; nilai offset 202,21 dan standar deviasi pengukuran sebesar 10,8.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada DRPM DIKTI yang telah mensupport penelitian ini dalam bentuk pemberian dana secara penuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Ada, Lady. (2019). *Adafruit INA219 Current Sensor Breakout Why the High Side*. <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-ina219-current-sensor-breakout.pdf>
- Esenowo Jack, K., Nwangwu, E. O., Agwu Etu, I., & Osuagwu, E. U. (2016). A Simple Thermistor Design for Industrial Temperature Measurement. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 11(05), 57–66.
- Fraser, G. D., Gutierrez, F. . D., & Lambert, A. R. (1998). *Method And Apparatus For Measuring Aliquid Levelusinga Liquid Level Gauge Having Reed Switches To Determine The Position Of A Magnetic Float*. 19.
- GmbH, F. (2019). *LS 300 LS 500*. 207057.
- Heywood, N. I., & Tily, P. J. (2004). Survey and selection of techniques for slurry level and interface measurement in storage vessels. *Hydrotransport 16th International Conference*, 2(August), 527–544.
- Horn, M. (2002). *sensor for reliable overfill protection of liquids*. May, 21–23.
- Kodong, F. R. (2012). *Prototipe Sistem Monitoring Dan Evaluasi Operasi Pengeboran Migas (Minyak Dan Gas)*. 2012(semnasIF), 93–97.
- Louis, L. (2016). Working Principle of Arduino and Using it as a Tool for Study and Research. *International Journal of Control, Automation, Communication and Systems*, 1(2), 21–29.
- Rudd, J. P., Pellegrini, J. M., & Bonenfant, B. J. (2009). *Multi-Level Liquid Level Magnetic Sensor*. 2(54), 306–308.
- Siren, K. A. I. (2001). *Thermistor*.
- Umar, L. (2010). Smart level sensor based on thermal resistance measurement with self calibration. *IEEE 2010 International Conference on Autonomous and Intelligent Systems, AIS 2010*.
- Varun, K. S., Kumar, K. A., Chowdary, V. R., & Raju, C. S. K. (2018). Water Level Management Using Ultrasonic Sensor(Automation). *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 6(6), 799–804.
- Wang, S. W., Chen, C. C., Wu, C. M., & Huang, C. M. (2018). A continuous water-level sensor based on load cell and floating pipe. *Proceedings of 4th IEEE International Conference on Applied System Innovation 2018, ICASI 2018, November*, 151–154.
- Wang, Z., Tan, Z., Xing, R., Liang, L., Qi, Y., & Jian, S. (2016). Liquid level sensor based on fiber ring laser with single-mode-offset coreless-single-mode fiber structure. *Optics and Laser Technology*, 84, 59–63.