

Prototipe Sistem Automatic Switch pada Sistem Redundant Pump Cooling Tower Berbasis Mikrokontroler

Author:

Septya Rizki Amelia¹
Hendro Agus Widodo²
Anggara Trisna
Nugraha³

Afiliation:

Politeknik Perkapalan
Negeri Surabaya^{1,2,3}

Corresponding email

septyarizki@student.ppn.s.ac.id¹
hendro.aw@ppns.ac.id²
anggaranugraha@ppns.ac.id³

Histori Naskah:

Submit: 2026-10-16
Accepted: 2026-10-20
Published: 2026-10-20



This is an Creative Commons
License This work is licensed
under a Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0
International License

Abstrak:

Sistem Pendingin mesin memiliki pengaruh yang besar terhadap proses produksi mesin injection karena dapat mengatasi terjadinya overheating pada proses *injection molding*. Permasalahan yang terjadi ketika sistem pendingin tidak bekerja normal atau kondisi mati dalam waktu 5 sampai 10 menit yaitu molding panas dan efeknya berupa produksi lengket. Hal tersebut tentunya membuat rugi waktu produksi dan rugi material. Sehingga dalam menyelesaikan permasalahan tersebut, dibuat sistem redundant pump cooling tower yang dilengkapi sistem alarm dan autostart agar sistem cooling dapat tetap berjalan. Sensor yang digunakan akan menjadi parameter set point bila terjadi masalah, yaitu Sensor Pressure Transmitter yang digunakan untuk mengukur tekanan air, terdapat sensor PZEM004T yang digunakan untuk membaca parameter voltage, current dan power pada motor pompa, dan sensor Thermocouple yang digunakan untuk membaca suhu motor pompa. Pada sistem kontrolnya mikrokontroler Arduino Mega sebagai otak dari keseluruhan sistem. Sedangkan untuk hasil sensornya akan ditampilkan pada LCD. Sistem kerjanya yaitu ketika pompa utama mengalami masalah, maka relay otomatis mengaktifkan pompa cadangan sekaligus mengaktifkan Buzzer sebagai alarm dan sebaliknya. Berdasarkan pengujian dan pengamatan alat menggunakan tabel indikator keberhasilan telah menunjukkan bahwa Sistem Automatic Switch Pada Sistem Redundant Pump Berbasis Mikrokontroler berjalan dengan baik. Dengan adanya sistem yang dilengkapi sistem automatic switch dapat menjadi proteksi pada pompa agar tidak terjadi kerusakan fatal, membantu para pekerja dalam mengefisienkan waktu kerja, dan memudahkan dalam pemantauan.

Kata kunci: Alarm; Arduino Mega 2560; Autostart; Redundant; Water Pump

Pendahuluan

Sistem redundansi (*redundant system*) merupakan kemampuan suatu sistem untuk tetap beroperasi ketika salah satu komponen mengalami kegagalan. Sistem ini umumnya menggunakan komponen cadangan yang memiliki fungsi serupa dengan komponen utama sehingga keberlangsungan operasional dapat dipertahankan. Dalam lingkungan industri, penerapan sistem redundansi menjadi penting, terutama pada peralatan yang berperan langsung dalam proses produksi. Salah satu penerapannya adalah sistem pemompaan pada *cooling tower* yang berfungsi menyuplai air pendingin untuk menjaga kestabilan temperatur mesin *injection molding*. Sistem pendinginan yang tidak bekerja secara optimal dapat menyebabkan peningkatan temperatur cetakan, memperpanjang waktu pendinginan, serta menimbulkan cacat produk. Wildan dan Andoko (2021) menunjukkan bahwa temperatur *coolant* dan waktu injeksi merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam menjaga kualitas produk hasil *injection molding*. Selain itu, Kharytonau et al. (2022) menjelaskan bahwa kegagalan pada sistem pendinginan cetakan dapat

mengganggu efektivitas produksi dan berkaitan dengan permasalahan pada komponen maupun kondisi operasional sistem pendingin. Oleh karena itu, keandalan sistem pemompaan pendingin menjadi aspek penting untuk meminimalkan risiko penghentian produksi, kerugian material, dan penurunan kualitas produk.

Permasalahan yang dapat terjadi pada sistem pemompaan *cooling tower* adalah kegagalan pompa utama yang mengakibatkan terganggunya sirkulasi air pendingin. Apabila kondisi tersebut tidak segera ditangani, temperatur mesin dan cetakan dapat meningkat sehingga berpotensi menyebabkan produk mengalami cacat, seperti lengket, penyusutan, atau perubahan bentuk. Ketergantungan terhadap pemeriksaan manual juga dapat memperlambat identifikasi gangguan dan pengoperasian pompa cadangan. Penelitian Cabuk (2022) menunjukkan bahwa pemantauan parameter operasional, seperti arus dan temperatur motor pompa, dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi gangguan dan memberikan peringatan dini terhadap potensi kegagalan peralatan. Temuan tersebut memperlihatkan pentingnya sistem pemantauan berbasis sensor yang mampu memberikan informasi kondisi peralatan secara cepat dan mendukung tindakan pengamanan operasional.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem *redundant pump cooling tower* yang dilengkapi mekanisme *alarm* dan *autostart* berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560. Sistem menggunakan sensor PZEM-004T untuk memantau parameter tegangan (*voltage*), arus (*current*), dan daya (*power*) motor pompa, serta sensor MAX6675 yang dihubungkan dengan termokopel untuk mengukur temperatur motor pompa. Data hasil pengukuran diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan melalui LCD sebagai informasi kondisi operasional pompa. Apabila parameter yang terukur menunjukkan kondisi gangguan sesuai ambang batas yang ditetapkan, sistem akan mengaktifkan relai untuk menghentikan penggunaan pompa utama yang mengalami gangguan dan mengoperasikan pompa cadangan. Pada saat yang sama, sistem alarm memberikan peringatan kepada operator sehingga gangguan dapat segera diketahui. Mekanisme tersebut diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada pengoperasian manual dan mempertahankan kontinuitas sirkulasi air pendingin.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan sistem pengamanan yang mampu merespons kegagalan pompa secara otomatis untuk mengurangi risiko terhentinya proses pendinginan pada mesin *injection molding*. Adapun kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada integrasi pemantauan parameter kelistrikan dan temperatur motor pompa dengan mekanisme perpindahan otomatis antara pompa utama dan pompa cadangan serta alarm peringatan dalam satu sistem berbasis Arduino Mega 2560. Integrasi tersebut memungkinkan keputusan pengoperasian pompa didasarkan pada parameter kondisi motor yang terukur, bukan hanya pada pengamatan operator. Dengan demikian, sistem yang dirancang diharapkan dapat menjadi solusi pengamanan yang praktis untuk meningkatkan keandalan operasional *cooling tower*, mempercepat respons terhadap gangguan, dan meminimalkan potensi kerugian produksi akibat terhentinya sirkulasi air pendingin.

Studi Literatur

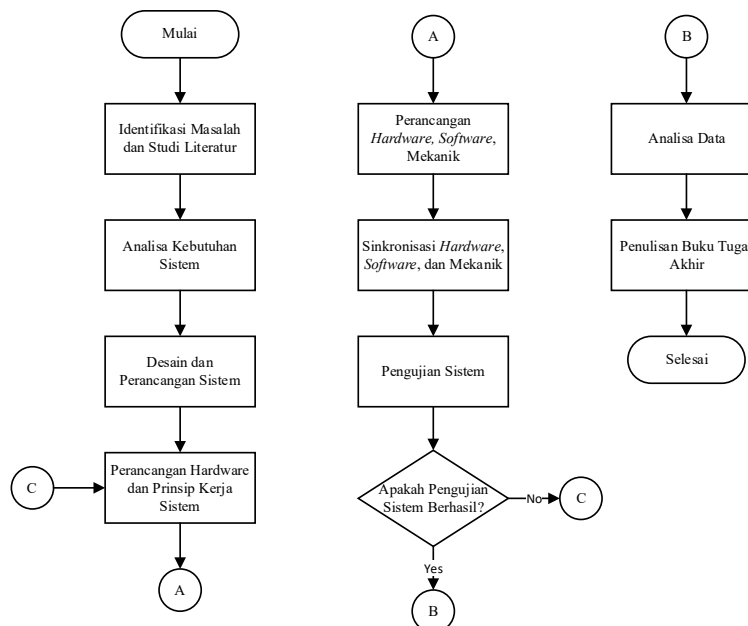
Penelitian yang dilakukan oleh Wirawan (2020) berjudul “Sistem Otomatisasi Pompa Air *Water Cooling Tower* Menggunakan Mikrokontroler ARM STM32F4 di PT. Indospring Tbk” membahas perancangan sistem otomatisasi pompa air pada *cooling tower* menggunakan mikrokontroler ARM STM32F4. Sistem tersebut memanfaatkan sensor arus ACS712 untuk mendeteksi kondisi arus berlebih (*overcurrent*) pada motor pompa utama. Apabila arus yang terukur melampaui batas yang telah ditentukan, sistem akan mematikan pompa utama dan mengaktifkan pompa cadangan secara otomatis. Penelitian tersebut juga menggunakan sensor suhu LM35 untuk mengendalikan kipas berdasarkan temperatur air serta sensor *water*

level untuk memantau ketinggian air pada kolam *cooling tower*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem otomatisasi yang dirancang dapat menjalankan fungsi pengendalian pompa dan pemantauan kondisi *cooling tower* sesuai dengan indikator keberhasilan yang ditetapkan (Wirawan, 2020).

Meskipun demikian, penelitian tersebut masih dapat dikembangkan dari aspek pemantauan kondisi motor pompa dan mekanisme pengamanan sistem. Penggunaan sensor ACS712 berfokus pada pengukuran arus untuk mendeteksi kondisi *overcurrent*, sehingga pemantauan parameter kelistrikan lainnya, seperti tegangan dan daya, serta temperatur motor secara khusus dapat menjadi aspek pengembangan lebih lanjut. Selain itu, penelitian lanjutan perlu menguraikan pengujian operasional sistem secara terukur, meliputi respons terhadap gangguan, keberhasilan pengaktifan pompa cadangan, dan kontinuitas sirkulasi air pendingin. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan pada perancangan sistem *redundant pump cooling tower* berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan mengintegrasikan sensor PZEM-004T untuk memantau tegangan, arus, dan daya motor pompa serta sensor MAX6675 yang terhubung dengan termokopel untuk mengukur temperatur motor. Data sensor digunakan sebagai dasar pemantauan kondisi pompa, sedangkan mekanisme *alarm* dan *autostart* dirancang untuk memberikan peringatan serta mengaktifkan pompa cadangan ketika kondisi gangguan terdeteksi berdasarkan parameter dan ambang batas yang ditetapkan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan sistem pemantauan dan pengendalian pompa yang lebih komprehensif untuk mendukung keandalan operasional *cooling tower* pada proses produksi industri.

Metode Penelitian

Metodologi penelitian digambarkan menggunakan langkah-langkah yang direpresentasikan dalam bentuk diagram alur (flowchart).

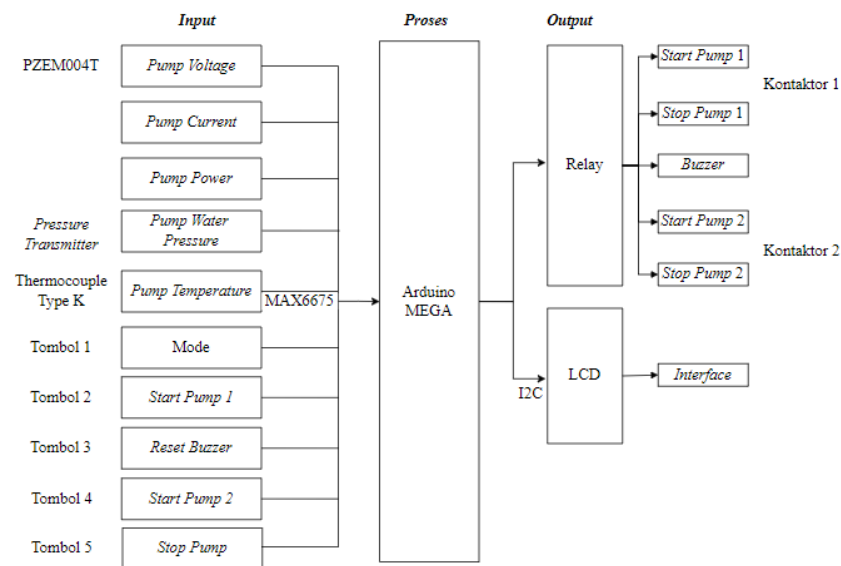


Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Pengerjaan dimulai dengan mengidentifikasi masalah di lingkungan Industri. Setelah masalah diidentifikasi, studi literatur dilakukan untuk memahami masalah dan menemukan solusi untuk masalah

tersebut. Langkah selanjutnya adalah menganalisis kebutuhan sistem untuk menentukan komponen dan penerapan teknologi yang akan digunakan. Kemudian, pembuatan desain dan perancangan sistem dilakukan sebagai panduan dalam perancangan hardware dan prinsip kerja dari sistem.

Tahap implementasi dilakukan dengan perancangan hardware, software dan mekanik. Setelah perancangan selesai, sinkronisasi hardware, mekanik, dan software dilakukan untuk memastikan seluruh sistem dapat bekerja sebelum pengujian dilakukan. Dalam tahap pengujian, jika pengujian berhasil, langkah selanjutnya adalah pembuatan buku Tugas Akhir. Namun, jika pengujian mengalami kegagalan, perbaikan dan pemeriksaan ulang pada perancangan hardware, mekanik, dan software perlu dilakukan.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Bagian yang termasuk kedalam input adalah Sensor PZEM004T yang nanti akan membaca parameter voltage, current, dan power pada motor pompa. Sensor suhu memberikan informasi suhu motor pompa. Serta terdapat pressure transmitter untuk membaca parameter tekanan air pada pipa saluran cooling water. Untuk input masukan perintah terdapat 5 push button yang digunakan. Selanjutnya data akan di proses dan dikirim ke Arduino Mega2560.

Data yang telah diterima Arduino Mega2560 kemudian diproses dan akan mengaktifkan output yaitu LCD dan relay. Pada LCD akan ditampilkan informasi sensor yang telah diproses oleh Arduino Mega2560. Relay digunakan sebagai saklar on/off untuk motor pompa 1, motor pompa 2, dan buzzer.

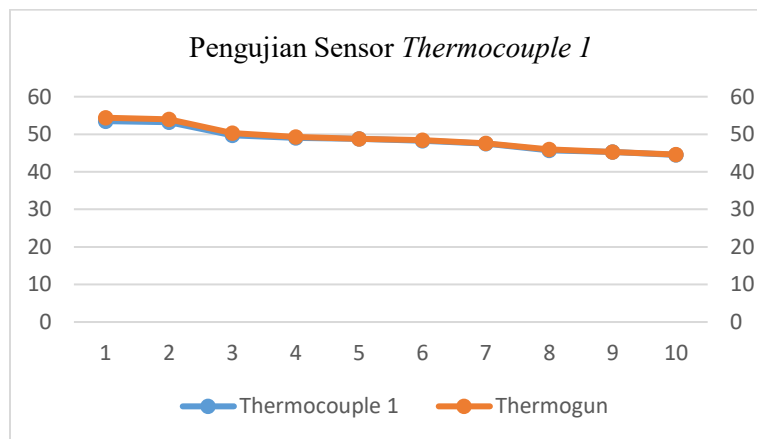
Hasil

Pengujian Sensor *Thermocouple*

Pengujian dari proses ini untuk mengetahui *Thermocouple* dapat terbaca dengan baik menggunakan Arduino Mega2560 melalui komunikasi SPI dan untuk mengetahui tingkat kakuratan sensor *Thermocouple* dengan membandingkan dengan Thermogun.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor *Thermocouple* 1

Pengujian ke-	Suhu Terbaca (<i>Thermocouple</i>)	Suhu Terukur (<i>Thermogun</i>)	Selisih	Error
	(°C)	(°C)	(°C)	(%)
1	53.50	54.4	0.9	1.68
2	53.25	54	0.75	1.41
3	49.75	50.3	0.55	1.11
4	49.00	49.3	0.3	0.61
5	48.75	48.8	0.05	0.10
6	48.25	48.4	0.15	0.31
7	47.50	47.6	0.1	0.21
8	45.75	46	0.25	0.55
9	45.25	45.3	0.05	0.11
10	44.50	44.6	0.1	0.22

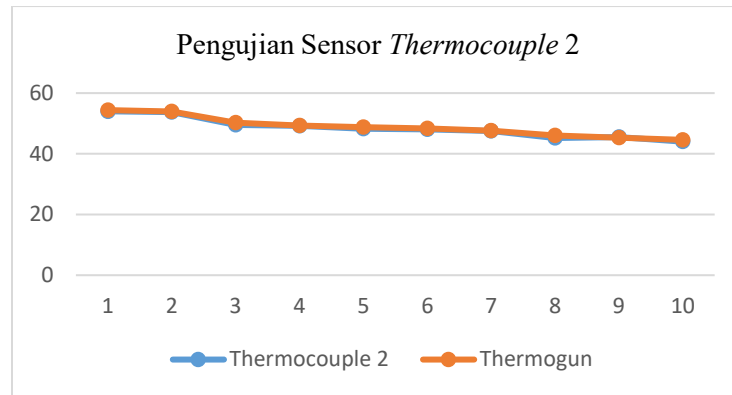


Gambar 3. Pengujian Sensor *Thermocouple* 1

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor *Thermocouple* 2

Pengujian ke-	Suhu Terbaca (<i>Thermocouple</i>)	Suhu Terukur (<i>Thermogun</i>)	Selisih	Error
	(°C)	(°C)	(°C)	(%)
1	54.00	54.4	0.4	0.74
2	53.75	54	0.25	0.47
3	49.55	50.3	0.75	1.51
4	49.25	49.3	0.05	0.10
5	48.25	48.8	0.55	1.14
6	48.00	48.4	0.4	0.83
7	47.50	47.6	0.1	0.21
8	45.25	46	0.75	1.66
9	45.50	45.3	0.2	0.44

10	44.00	44.6	0.6	1.36
----	-------	------	-----	------



Gambar 4. Pengujian Sensor Thermocouple 2

Pengujian Sensor PZEM004T

Pengujian dari proses ini untuk mengetahui PZEM004T dapat terbaca dengan baik menggunakan Arduino Mega2560 melalui komunikasi UART dan untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor PZEM dengan membandingkannya dengan multimeter.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor PZEM004T 1

No.	Beban	Tegangan (V)			Arus (A)			Daya (Watt)
		Multi Meter	PZEM 004T	Error (%)	Multi Meter	PZEM 004T	Error (%)	PZEM 004T
1	Lampu	214	213	0.467	0.069	0.07	1.449	14.8
2	Laptop	216	214	0.926	0.34	0.35	2.941	74.1
3	Lampu dan Laptop	216	215	0.463	0.36	0.37	2.778	78.8
4	Solder	214	212	0.935	0.135	0.14	3.704	28,3
5	Solder dan Lampu	217	215	0.922	0.166	0.17	2.41	36
6	Solder dan Laptop	217	216	0.461	0.43	0.44	2.326	94.1
7	Kipas	213	212	0.469	0.145	0.15	3.448	31.5
8	Kipas dan Lampu	215	213	0.93	0.186	0.19	2.151	39.5
9	Laptop dan Kipas	212	211	0.472	0.424	0.43	1.415	91.4
10	Speaker	213	212	0.469	0.135	0.14	3.704	29.5

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor PZEM004T 2

No.	Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
-----	-------	--------------	----------	-------------

		Multi Meter	PZEM 004T	Error (%)	Multi Meter	PZEM 004T	Error (%)	PZEM 004T
1	Lampu	214	212	0.935	0.068	0.07	2.941	14.8
2	Laptop	216	215	0.463	0.333	0.34	2.102	73.5
3	Lampu dan Laptop	216	214	0.926	0.354	0.36	1.695	77.5
4	Solder	213	212	0.469	0.126	0.13	3.175	27
5	Solder dan Lampu	216	215	0.463	0.164	0.17	3.659	35.9
6	Solder dan Laptop	217	216	0.461	0.44	0.45	2.273	95,6
7	Kipas	214	213	0.467	0.148	0.15	1.351	31.7
8	Kipas dan Lampu	213	212	0.469	0.184	0.19	3.261	40
9	Laptop dan Kipas	212	211	0.472	0.427	0.43	0.703	91
10	Speaker	214	213	0.467	0.118	0.12	1.695	29.3

Pengujian Sistem *Automatic Switch* pada Sistem *Redundant Pump Cooling Tower*

Pengujian dari proses ini untuk mengetahui sistem automatic pada sistem redundant pump dapat bekerja dengan baik. Pengujian ini memiliki beberapa tahapan, pada tahap pertama seluruh komponen telah terpasang. Dengan letak sensor thermocouple berada di body motor.

Pada pengoperasian secara otomatis, sistem kerja dari alat yaitu ketika ada masalah pada pump 1 atau nilai sensor tidak sesuai dengan Setpoint maka akan langsung otomatis switch ke pump 2. Begitu juga sebaliknya, ketika pump 2 mengalami masalah maka otomatis switch ke pump 1.

Kondisi Pompa		Kondisi Relay	
Pompa 1	Pompa 2	Awal	Sekarang
1	0	NC	NO
0	1	NO	NC

Pembahasan

Dari data hasil pengujian yang diambil, perancangan dapat bekerja dengan baik. Kondisi Sensor thermocouple dan PZEM004T sudah akurat. Mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino Mega 2560. Mikrokontroler dipilih berdasarkan input dan Output yang akan digunakan. Untuk input penelitian ini menggunakan 2 sensor thermocouple, 2 sensor PZEM004T, 5 pushbutton. Yang selanjutnya akan diproses

oleh Arduino Mega 2560. Interface yang digunakan untuk menampilkan data yaitu LCD 20 X 4. Untuk Output yang digunakan yaitu Relay 3 Channel, dan LCD.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, penelitian ini dibuat untuk membantu permasalahan yang ada di industri yang membutuhkan sistem otomatis pada pompa untuk proses pendinginan mesin. Penelitian ini dilengkapi mode manual dan otomatis. Penelitian ini memiliki batasan diantaranya yaitu, parameter yang diambil adalah suhu ada body motor pompa, arus dan tegangan. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, prototipe sistem otomatisasi pompa air untuk proses pendinginan mesin menunjukkan kinerja yang baik dan mampu menjalankan fungsi sesuai dengan konsep perancangan. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pusat pengendalian yang bertugas menerima, mengolah, dan mengirimkan instruksi berdasarkan data yang diperoleh dari perangkat masukan. Pemilihan Arduino Mega 2560 didasarkan pada ketersediaan jumlah pin input dan output (I/O) yang memadai untuk mengintegrasikan seluruh komponen dalam sistem. Perangkat masukan yang digunakan meliputi dua sensor thermocouple untuk mengukur suhu pada badan motor pompa, dua sensor PZEM004T untuk memantau parameter kelistrikan berupa arus dan tegangan, serta lima pushbutton sebagai perangkat pengendali operasional. Seluruh data yang diperoleh dari sensor diproses oleh mikrokontroler untuk menentukan respons sistem sesuai dengan program yang telah dirancang.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor thermocouple dan PZEM004T mampu memberikan data pengukuran yang mendukung proses pemantauan kondisi operasional pompa. Sensor thermocouple berfungsi mendeteksi perubahan suhu pada badan motor pompa, sedangkan sensor PZEM004T digunakan untuk memantau kondisi arus dan tegangan listrik selama pengoperasian. Informasi hasil pembacaan sensor ditampilkan melalui LCD berukuran 20 × 4 sehingga pengguna dapat memantau parameter operasional secara langsung. Sementara itu, modul relay tiga kanal berfungsi sebagai perangkat keluaran yang mengendalikan pengoperasian pompa berdasarkan instruksi dari Arduino Mega 2560. Integrasi antara sensor, mikrokontroler, LCD, dan relay memungkinkan sistem melakukan pemantauan sekaligus pengendalian pompa secara terpusat.

Pengembangan prototipe ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan industri terhadap sistem pengoperasian pompa air yang lebih praktis dan terintegrasi, khususnya pada proses pendinginan mesin. Sistem dirancang dengan menyediakan dua mode pengoperasian, yaitu mode manual dan otomatis. Pada mode manual, pengguna dapat mengendalikan pengoperasian pompa melalui pushbutton yang tersedia. Sementara itu, pada mode otomatis, pengendalian pompa dilakukan oleh mikrokontroler berdasarkan parameter pemantauan dan ketentuan yang telah ditetapkan dalam program. Keberadaan kedua mode tersebut memberikan fleksibilitas dalam pengoperasian sistem sesuai dengan kebutuhan pengguna dan kondisi operasional peralatan.

Meskipun prototipe telah menunjukkan kemampuan fungsional yang baik, penelitian ini masih memiliki beberapa batasan. Parameter pemantauan hanya mencakup suhu pada badan motor pompa, arus listrik, dan tegangan listrik. Selain itu, sistem pengendalian menggunakan Arduino Mega 2560 dan dibatasi pada dua unit pompa air, yaitu pompa 1 dan pompa 2. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi mikrokontroler dan sensor dapat diterapkan sebagai dasar pengembangan sistem otomatisasi pompa air untuk mendukung proses pendinginan mesin. Namun, penerapan pada skala industri yang lebih luas masih memerlukan pengujian lanjutan, terutama terkait keandalan sistem, ketahanan komponen, dan kestabilan pengoperasian dalam kondisi kerja yang berbeda.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa sistem *Automatic Switch* pada *Redundant Pump* berbasis mikrokontroler berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem secara umum mampu beroperasi sesuai dengan perencanaan, baik dalam proses pemantauan parameter maupun pengendalian pompa. Pengujian sensor thermocouple tipe K (MAX6675) menghasilkan rata-rata persentase kesalahan (*error*) pembacaan suhu sebesar 0,72%, yang menunjukkan tingkat ketelitian pengukuran yang baik. Sementara itu, sensor PZEM004T menghasilkan rata-rata persentase kesalahan pengukuran tegangan sebesar 0,61% dan arus sebesar 2,45%. Rendahnya persentase kesalahan tersebut menunjukkan bahwa kedua sensor memiliki tingkat akurasi yang memadai untuk mendukung sistem pemantauan kondisi operasional pompa. Dengan demikian, prototipe yang dikembangkan menunjukkan kinerja yang baik dan berpotensi diterapkan sebagai sistem pengendalian perpindahan pompa secara otomatis untuk mendukung kontinuitas pengoperasian sistem pendinginan mesin.

Referensi

- Alibaba. (2021). *Relay elektromagnetik power relay*. <https://id.aliexpress.com/item/32864690661.html?gatewayAdapt=glo2idn>
- Cabuk, A. S. (2022). Experimental IoT study on fault detection and preventive apparatus using Node-RED ship's main engine cooling water pump motor. *Engineering Failure Analysis*, 138, Article 106310. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106310>
- Daraz. (2022). *Relay 12V*. <https://www.daraz.com.np/products/spdt-relay-12v-5-pin-i104136009.html>
- Elektronika, L. (2017). *Arduino Mega 2560 mikrokontroler ATmega2560*. <http://www.labelektronika.com/2017/02/arduino-mega-2560-mikrokontroler.html>
- Institutional Repository (UNDIP-IR). (2022). *Modifikasi cooling tower tipe induced draft aliran counterflow (Modification induced draft cooling tower type flow counterflow)*. <https://123dok.com/document/zk3lp71y-modifikasi-counterflow-modification-counterflow-diponegoro-university-institutional-repository.html>
- Kharytonau, D. S., Zimowska, M., Gurgul, J., Mordarski, G., Powalisz, R., Rutowski, A., Putynkowski, G., Zięba, A., Mokrzycki, Ł., & Socha, R. P. (2022). Corrosion failure analysis of a cooling system of an injection mold. *Engineering Failure Analysis*, 135, Article 106118. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106118>
- NN-Digital. (2019). *PZEM-004T*. <https://www.nn-digital.com/blog/2019/07/10/mengenal-pzem-004t-modul-elektronik-untuk-alat-pengukuran-listrik/>
- Nugraha, A. T., Ravi, A. M., & Tiwana, M. Z. A. (2021). Penggunaan algoritma interferensi dan observasi untuk sistem pelacak titik daya maksimum pada sel surya menggunakan konverter DC-DC photovoltaics. *Jurnal Janitra Informatika dan Sistem Informasi*, 1(1), 8–18.
- Nugraha, R. A. (2012). *Aplikasi redundant system pada prototype sistem penyaluran tenaga listrik dengan gangguan pada gardu induk penurun tegangan menggunakan PLC Omron seri CPM1A-40 CDT-DV1*.

- Priyambodo, D., & Nugraha, A. T. (2021). Design and build a photovoltaic and vertical Savonius turbine power plant as an alternative power supply to help save energy in skyscrapers. *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 3(1), 57–63.
- Putra, M. D. H., & Nugraha, A. T. (2021). Rancang bangun battery charger dengan sistem constant voltage berbasis kontrol PI. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).
- Ramadhan, M. F., Shiddiq, M. J., & Nugraha, A. T. (2021). Perencanaan pembangkit listrik energi surya untuk kebutuhan listrik Jembatan Suramadu guna mewujudkan tujuan pembangunan berkelanjutan. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).
- Ravi, A. M., Widodo, H. A., & Nugraha, A. T. (2021). Pengaruh penggunaan metode kontrol PI pada kontrol eksitasi generator sinkron. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).
- Splashtronic. (2013, October 29). Modul SD card. <https://splashtronic.wordpress.com/2013/10/29/modul-sd-card/>
- Teknik Elektronika. (2020). Pengertian termokopel (thermocouple) dan prinsip kerjanya. <https://teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsip-kerjanya/>
- Teknik Elektronika. (2021). Pengertian relay dan fungsinya. <https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>
- Wildan, A., & Andoko. (2021). Effect of coolant temperature on product quality on injection molding machines using Autodesk Moldflow adviser software. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1034, Article 012019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1034/1/012019>
- Wirawan, M. T. (2020). Sistem otomatisasi pompa air water cooling tower. *I5*, 23–35.
- Zaibah, S., & Nugraha, A. T. (2021). Pembangkit energi listrik pico hydro terapung menggunakan underwater turbine untuk mendukung pemenuhan rasio elektrifikasi dan energi listrik di daerah 3T. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).
- Zakariz, N. P., Poetro, J. E., & Nugraha, A. T. (2021). Pengaruh variasi inlet notch terhadap kecepatan dan daya yang dapat terbangkitkan dari generator pada pembangkit listrik tenaga pikohidro. *Seminar MASTER PPNS*, 6(1).