

Simulasi Pengujian Programmable Logic Controller (PLC) Sebagai Sistem Kontrol Aliran Air Panel Pemanas Air

Ishmael Yudhistira*, Ahmad Aminudin, Yuyu R. Tayubi

Program Studi Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi 229 Bandung 40154, Indonesia

*e-mail: Ishmael.yudhistira@student.upi.edu

ABSTRAK

Penelitian tentang pemanas air yang sudah dilakukan lebih berfokus kepada performa panel pemanas untuk memanaskan air hingga mencapai suhu yang diinginkan. Dalam perancangan panel pemanas air selain kemampuan panel pemanas untuk memanaskan air perlu diperhatikan juga sistem yang mengontrol aliran air. Simulasi pengujian *programmable logic controller* (PLC) sebagai komponen utama dalam sistem kontrol aliran air yang dilakukan agar dapat memberi pengetahuan karakteristik sistem kontrol dalam merespon perubahan suhu sesuai dengan *setpoint* yang sudah ditentukan. Adapula sistem ini terdiri dari dua komponen utama yaitu komponen *analog to digital converter* (ADC) dan komponen sistem kontrol. Variabel yang diamati adalah suhu air, waktu, dan kondisi keran solenoida, dengan variabel tersebut maka didapatkan dari hasil penelitian bahwa sistem kontrol dapat mengamati nilai perubahan suhu air dengan baik dan ketika mencapai nilai *setpoint* (40°C) dapat mengatur kondisi keran solenoida sesuai dengan aturan yang sudah ditentukan. Ketika nilai suhu mencapai nilai *setpoint* terdapat ketidakstabilan pembacaan suhu pada komponen ADC yang menyebabkan sinyal digital yang dikirimkan menuju PLC berubah-ubah dalam kondisi menyala dan mati hingga stabil, adapula agar pembacaan suhu stabil kembali didapatkan waktu rata-rata saat suhu naik mendekati nilai *setpoint* selama 13 detik dan saat suhu turun mendekati nilai *setpoint* selama 28.7 detik. Dari penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat memberi pengetahuan tentang karakteristik PLC apabila digunakan sebagai sistem kontrol.

Kata Kunci: PLC, Programmable Logic Controller, Sistem Kontrol, Aliran air, Pemanas Air.

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara beriklim tropis hanya memiliki dua musim, musim kemarau dan musim hujan. Hal tersebut menyebabkan intensitas penyinaran cahaya matahari di Indonesia relatif konstan setiap harinya. Konstannya intensitas penyinaran cahaya matahari dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Indonesia sendiri memiliki potensi yang sangat besar dalam pemanfaatan energi yang dihasilkan oleh cahaya matahari karena Indonesia merupakan salah satu negara yang berada pada garis khatulistiwa (Budiyono, Prabawati, dan Nugroho 2018). Arifin dkk melaporkan penyinaran matahari selama bulan Agustus 2018 di pusat kota Semarang adalah 7.5 jam (Arifin, Tamamy, dan Amalia 2018). Sekretariat Jenderal Ketenagalistrikan juga melaporkan bahwa hasil produk pembangkit

listrik tenaga surya yang dikelola oleh perusahaan listrik negara selama tahun 2018 adalah sebesar 12,71 GW (Sekretariat Jenderal Ketenagalistrikan, 2019). Konversi cahaya matahari menjadi energi listrik sudah berkembang pesat di Indonesia. Pengisian baterai untuk lampu penerangan jalan, pengisian baterai untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah, adalah beberapa contoh konversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari juga dapat dimanfaatkan secara langsung tanpa perlu dikonversi menjadi energi listrik, salah satu contohnya adalah pemanas air yang memanfaatkan radiasi cahaya matahari.

Air adalah penunjang utama manusia saat beraktifitas. Aktivitas perindustrian, perkebunan, restoran, domestik adalah beberapa contoh aktifitas manusia yang memerlukan air sebagai penunjang. Badan

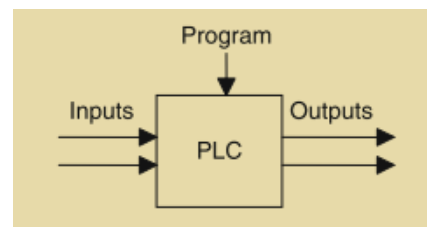
pusat statistik dalam melaporkan selama tahun 2018 bahwa jumlah pelanggan perusahaan air bersih sebanyak 15.378.783 pelanggan dan perusahaan air bersih menyalurkan air bersih sebesar 3.750.260 m³ (Badan Pusat Statistik, 2018). Sistyanto dkk. telah melakukan penelitian di daerah kecamatan temanggung, kabupaten temanggung bahwa penggunaan air sebesar 96.21 liter/orang/hari (Sistyanto dan Hadi 2012). Laporan lain juga disampaikan oleh Winarni dengan menganalisa data pelanggan PAM Jaya wilayah Jakarta bahwa rata-rata konsumsi domestik (pelanggan residensial) pada 2006 adalah 176 liter/orang/hari (Winarni, 2007).

Pembuatan pemanas air berbasis cahaya matahari jenis plat datar telah dilakukan oleh Budiyo, sistem terdiri dari kran air otomatis yang berfungsi untuk membuka tutup aliran air yang masuk ke dalam pipa kolektor berdasarkan suhu air yang terbaca, didapatkan hasil sistem yang dibuat dapat memanaskan air mencapai suhu lebih dari 45 °C dengan sekali proses dan dapat menghasilkan 1.5 liter air panas (Budiyo, Prabawati, dan Nugroho, 2018). Raharjo juga sudah melakukan penelitian perancangan panel pemanas air menggunakan sistem kontrol arduino dan berhasil mencapai suhu 45°C (Raharjo, 2017). Wardono melakukan penelitian menggunakan PLC untuk sistem *hybrid panel solar cell* dan *solar thermal* yang terdiri dari dua sistem pemanas berbasis matahari dan pemanas elektronik yang dapat menghasilkan air panas dengan kapasitas 20 Liter. (Wardono & Mulyadi, 2018). Penelitian yang sudah dilakukan berfokus pada performa kolektor dalam memanaskan air. Dalam penelitian ini, penulis hanya melakukan simulasi pengujian *programmable logic controller* (PLC) dengan menggunakan gelas yang diisi air panas sebagai simulasi dari kondisi panel pemanas yang berisi air yang sudah dipanaskan. Dari penelitian ini akan didapatkan kemampuan sensor membaca nilai suhu setiap waktunya dan cara sistem dalam memroses perubahan nilai suhu berdasarkan nilai *setpoint* yang sudah ditentukan. Data yang didapatkan kemudian dianalisis sehingga didapatkan kapabilitas sistem yang dibuat sebagai sistem kontrol aliran air untuk panel pemanas air.

Sistem kontrol adalah salah satu jenis sistem yang memiliki tujuan untuk mengontrol beberapa variabel pada nilai yang sudah ditentukan. Sistem kontrol terdiri dari subsistem dan instalasi yang dirakit untuk tujuan

memperoleh keluaran yang diinginkan dengan kinerja yang diinginkan sesuai dengan input yang ditentukan (Bolton, 2015). Sistem kontrol juga bisa didefinisikan sebagai sistem yang dapat mengontrol variabel menuju nilai tertentu, mengontrol urutan suatu kerja sistem, dan mengontrol suatu kerja sistem itu terjadi atau tidak (Nise, 2015).

Programmable logic controller (yang selanjutnya disebut PLC) adalah perangkat elektronik digital yang menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi seperti logika, pengurutan, perhitungan waktu dan aritmatika untuk mengendalikan mesin dan proses yang telah dirancang khusus untuk mempermudah pemrograman (Bolton, 2015). Penemuan PLC bertujuan untuk menggantikan penggunaan sirkuit relai berurutan yang banyak dalam mengontrol sebuah mesin (Hudedmani, Umayal, Kabberalli, & Hittalamani, 2017). Tipikal sistem PLC memiliki komponen fungsional dasar terdiri dari unit prosesor, memori, unit catu daya, antarmuka komunikasi, dan perangkat pemrograman (Bolton, 2009). PLC bekerja dengan cara memindai input, memindai program dan mengeksekusi program kontrol yang sudah diatur sehingga muncul keluaran, dan memindai keluaran (Hudedmani dkk., 2017) . Diagram blok kerja sistem PLC ditampilkan pada gambar 1. Kelebihan PLC dalam menyederhanakan rangkaian sistem kontrol menjadi alasannya dipilih dalam perancangan sistem yang dilakukan. Oleh karena itu, telah dilakukan simulasi pengujian *programmable logic controller* (PLC) sebagai sistem kontrol aliran air panel pemanas air.

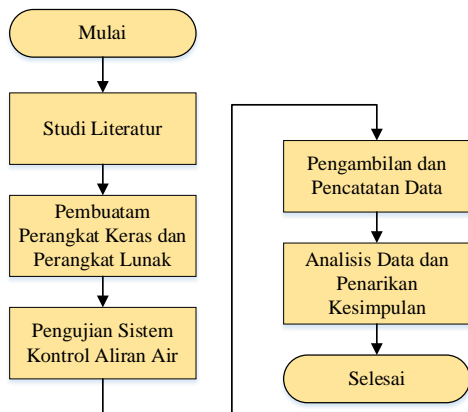


Gambar 1. Diagram Blok Kerja PLC

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode studi literatur dan eksperimen. Studi literatur dilakukan untuk mengetahui karakteristik sistem kontrol yang diperlukan dalam mengontrol air, perhitungan setpoint dalam sistem kontrol aliran air, dan pemilihan

komponen yang mendukung sistem kontrol yang akan dibuat.

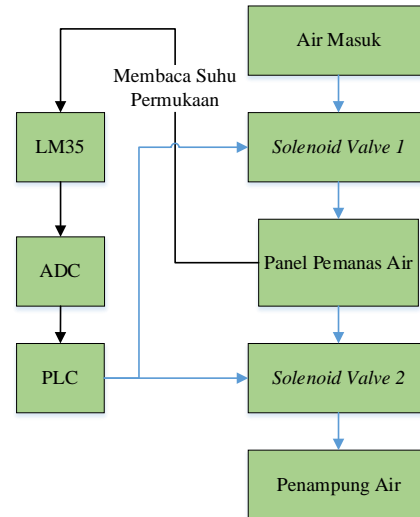


Gambar 2. Flowchart Penelitian

Prosedur penelitian merupakan langkah-langkah yang ditempuh dalam melakukan penelitian ini dan ditunjukkan pada diagram alir gambar 2. Studi literatur merupakan pengkajian dasar teori sistem kontrol dan informasi terkait perangkat keras dan perangkat lunak. Pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak terdiri tahap perencanaan dan perakitan *wiring* sistem antar komponen yang digunakan lalu dilanjutkan dengan pembuatan program pada *software* CX-Programmer agar sistem dapat bekerja sesuai dengan keinginan. Pengujian sistem kontrol aliran air dilakukan setelah pembuatan alat telah selesai. Pengujian dilakukan dengan menguji respon sistem saat suhu air sudah melebihi *setpoint* yang ditentukan. Setelah pengujian sistem sudah dilakukan, maka dilakukan pengambilan dan pencatatan data bersesuaian dengan pengujian. Data yang diperoleh berupa hubungan antara suhu dengan waktu dan *timing diagram* untuk I/O pada PLC untuk pengujian sistem keseluruhan. Dari data hasil pengujian kinerja sistem keseluruhan maka akan didapatkan *timing diagram* dan dianalisis sehingga mendapatkan kemampuan respon sistem..

Pada penelitian ini alat dan bahan yang diperlukan untuk merangkai sistem kontrol aliran air dibutuhkan komponen elektronik. Komponen elektronik yang digunakan ditunjukkan pada tabel 1

Selain komponen elektronika yang dibutuhkan, pada penelitian ini diperlukan bantuan software dalam akuisisi data saat pengujian. Akuisisi data dilakukan menggunakan fitur serial monitor pada software Arduino IDE dan PLC Time Trace pada software CX-Programmer.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem

Diagram blok pada gambar 3 adalah diagram blok sistem kontrol aliran air untuk panel pemanas air. Sistem ini bekerja dengan cara membaca suhu permukaan panel pemanas menggunakan LM35, pembacaan suhu LM35 berupa tegangan dengan konversi 10mV/°C. Sinyal keluaran dari LM35 kemudian diterima sistem ADC yang terdiri dari arduino uno dan relay. Nilai yang terukur oleh LM35 kemudian dibandingkan dengan nilai setpoint 40°C, apabila nilai terukur lebih besar dari nilai setpoint arduino akan mengirim sinyal ke modul relay agar menyala. Ketika modul relay menyala maka PLC akan menerima sinyal ON dari terminal input yang terhubung dengan relay. PLC akan memproses sinyal tersebut untuk menyalakan kedua solenoid valve yang terdapat pada terminal output PLC. Pada sistem ini solenoid valve 1 berfungsi sebagai masuknya air dingin dan solenoid valve 2 berfungsi sebagai keluarnya air panas.

Pengujian yang dilakukan berupa simulasi untuk mengetahui performansi PLC sebagai sistem kontrol aliran air. Variabel yang diukur pada pengujian adalah suhu setiap detiknya dan monitoring sinyal keluaran dan masukan pada sistem PLC. Tahapan pengujian yang dilakukan adalah menyalakan sistem keseluruhan, ketika sistem sudah berjalan maka air panas dimasukkan kedalam gelas lalu memerhatikan nilai suhu yang terbaca oleh LM35 dan kondisi keran yang terbuka selama satu menit lalu tertutup, ketika tertutup gelas dikosongkan dan diisi oleh air dingin, setelah itu memerhatikan penurunan suhu gelas yang terbaca oleh LM35 dan kondisi output pada PLC Omron CP1L, percobaan diulangi ketika nilai suhu gelas sudah berada dibawah nilai

setpoint, sehingga percobaan ini nilai suhu 40°C dicapai dengan pencampuran air panas dan air dingin pada gelas sebagai simulasi

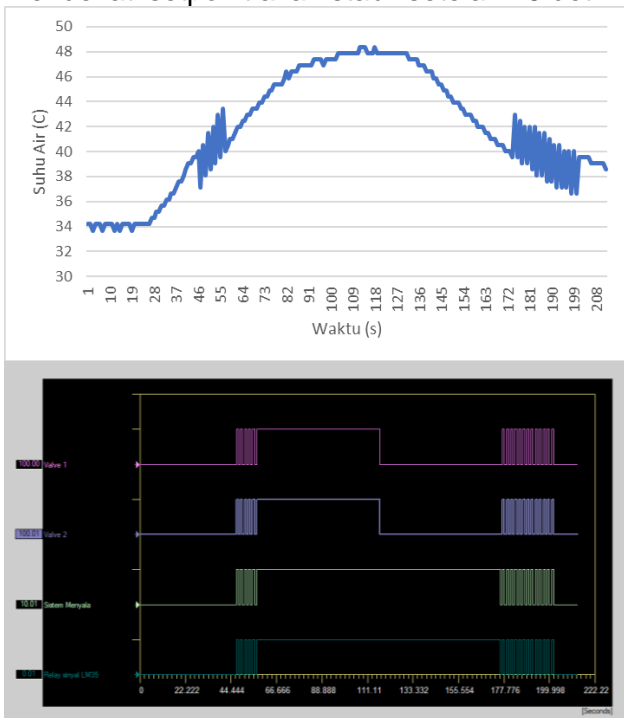
proses terjadinya pemanasan air. Percobaan pengujian sistem kontrol dilakukan sebanyak tiga kali percobaan secara berulang.

Tabel 1. Komponen elektronika

Komponen Elektronika	Spesifikasi	Jumlah
Arduino UNO	ATMega382p	1 Buah
PLC Omron CP1L		1 Buah
Solenoid Valve	22 VDC	2 Buah
Relay Modul	Single Channel	1 Buah
Sensor LM35		1 Buah
Power Supply	20VDC/20VAC – 5A	1 Buah

HASIL DAN PEMBAHASAN

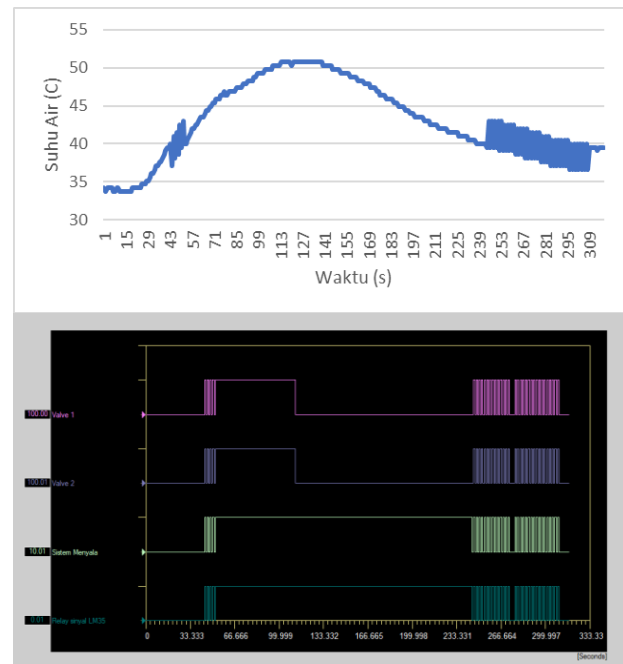
Data pertama yang didapatkan dari pengambilan data ini adalah grafik suhu gelas air dan grafik sinyal Omron CP1L yang ditunjukkan pada gambar 5. Pada percobaan pertama pembacaan suhu ketika suhu gelas meningkat mendekati setpoint akan stabil setelah 9 detik dan ketika suhu gelas menurun mendekati setpoint akan stabil setelah 25 detik.



Gambar 5 Grafik suhu gelas terhadap waktu & grafik sinyal Omron CP1L

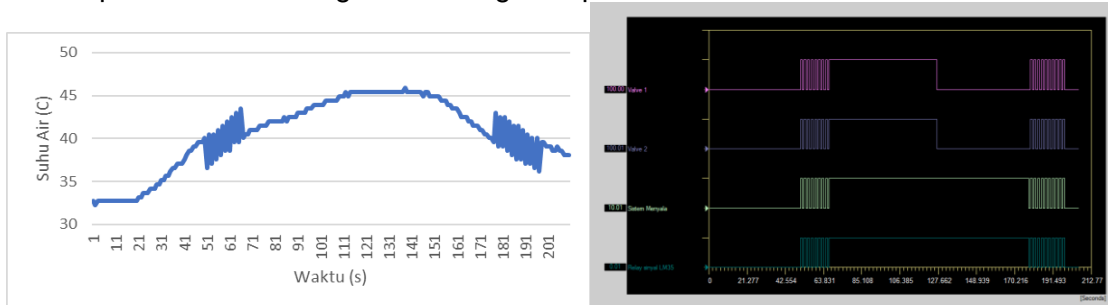
Pengambilan data kedua dilakukan dengan menggunakan prosedur yang sama dengan pengambilan data pertama menggunakan air panas yang sudah digunakan pada pengambilan data pertama dan dilakukan langsung setelah selesai pengambilan data pertama. Data yang didapatkan ditunjukkan pada gambar 6. Pembacaan suhu saat suhu gelas meningkat mendekati setpoint akan stabil

setelah 7 detik dan saat suhu gelas menurun mendekati setpoint setelah 64 detik. Apabila dibandingkan dengan percobaan pertama, pada saat suhu meningkat mendekati setpoint pembacaan suhu lebih cepat stabil 2 detik dan lebih lambat 39 detik pada saat suhu menurun mendekati setpoint.



Gambar 6 Grafik suhu gelas terhadap waktu & grafik sinyal Omron CP1L Percobaan Kedua Pengambilan data ketiga tetap dilakukan dengan prosedur yang sama dan menggunakan air panas yang dipakai pada pengambilan data kedua. Pengambilan data ketiga dilakukan langsung setelah pengambilan data kedua dilakukan. Data yang didapatkan ditunjukkan pada gambar 7 Dari data didapatkan waktu yang dibutuhkan agar pembacaan suhu stabil pada saat pemanasan adalah 23 detik dan saat pendinginan adalah 19 detik. Pada percobaan ketiga pembacaan suhu stabil lebih lambat 16 detik saat suhu gelas naik mendekati setpoint dan lebih cepat 45 detik saat suhu

menurun apabila dibandingkan dengan percobaan kedua.



Gambar 7 Grafik suhu gelas terhadap waktu & grafik sinyal Omron CP1L Percobaan Ketiga

Tabel 2 Tabel Waktu Pembacaan Suhu Fluktuaktif

Percobaan	Waktu (s)	
	Suhu Naik Mendekati Setpoint	Suhu Turun Mendekati Setpoint
1	9	25
2	7	64
3	23	19
Rata-Rata	13	28.77777778

Sistem kontrol secara keseluruhan dapat merespon perubahan suhu dengan baik. Dilihat dari grafik sinyal I/O (Input & Output) terhadap waktu pada Omron CP1L bersesuaian dengan grafik suhu terhadap waktu, termasuk ketika pembacaan suhu saat mendekati nilai setpoint, sinyal I/O akan bersesuaian dengan nilai suhu yang terbaca. Sinyal kedua solenoid valve akan mati apabila sudah menyala selama 60 detik dan akan menyala apabila terjadi perubahan pada sinyal relay LM35 dan “sistem menyala”. Kondisi relay sinyal LM35 dan sinyal “sistem menyala” masih berada dalam kondisi menyala, hal ini dikarenakan nilai suhu gelas yang masih melebihi nilai setpoint yang menyebabkan relay masih menyala, dalam kondisi ini solenoid valve tidak akan terbuka lagi sampai terjadi perubahan sinyal dari alamat “sistem menyala” yang diakibatkan perubahan sinyal relay. Terdapat error pada sistem kontrol ini adalah pada bagian konversi data yang berfungsi merubah suhu yang terbaca oleh LM35 menjadi sinyal bernilai 0/1 (mati / nyala) pada relay. Dari percobaan yang sudah dilakukan ditemukan bahwa pembacaan suhu akan bersifat fluktuaktif saat nilai suhu mendekati nilai setpoint yang pada sistem ini adalah 40°C baik saat suhu meningkat ataupun saat suhu menurun. Waktu yang dibutuhkan agar pembacaan suhu stabil setelah mendekati setpoint ditampilkan pada tabel 2.

Komponen elektronik yang membaca suhu pada sistem konversi data adalah LM35. LM35 mengonversi besaran fisika suhu (°C) menjadi tegangan (mV) dengan perbandingan 10

mV/(°C) yang memiliki arti kenaikan sebesar 1°C akan terjadi perubahan nilai voltase yang dikeluarkan LM35 sebesar 10 mV. Dari informasi tersebut berarti diketahui bahwa pembacaan suhu yang tidak stabil adalah ketidakstabilan nilai keluaran tegangan LM35 pada saat nilai suhu mendekati setpoint. Sistem ini juga masih dapat dikembangkan apabila diperlukan air panas pada malam hari dengan menambahkan tabung kolektor yang dapat menjaga panas air yang sudah dipanaskan pada siang hari.

PENUTUP

Simulasi pengujian PLC sebagai sistem kontrol aliran air pada pemanas telah dilakukan dan diketahui bahwa sistem kontrol ini dapat merespon perubahan suhu ketika nilai suhu air gelas bersesuaian dengan nilai *setpoint*. Sistem konversi data yang berfungsi untuk melakukan pengukuran suhu dan pengiriman sinyal *input* ke PLC Omron CP1L memiliki kelemahan ketika ADC mengirimkan sinyal ke PLC terjadi ketidakstabilan pembacaan suhu LM35 oleh sistem ADC dan akan stabil setelah 13 detik saat suhu naik mendekati nilai *setpoint* dan 28.78 detik saat suhu menurun mendekati nilai *setpoint*. Sistem kontrol PLC dapat memproses sinyal masukan dari ADC dan membuka kedua *solenoid valve*.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, Z., Tamamy, A. J., & Amalia, A. (2018).

- Analisis Potensi Energi Sinar Matahari dan Energi Angin di Pusat Kota Semarang.* (December).
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Statistik Air Bersih 2013 - 2018* (S. S. P. dan Energi, ed.). Badan Pusat Statistik.
- Bolton, W. (2009). *Programmable Logic Controllers* (5th ed.). Elsevier Ltd.
- Bolton, W. (2015). *Mechatronics Electronic Control Systems in Mechanical And Electrical Engineering* (Sixth). Pearson Education.
- Budiyono, Y., Prabawati, E. S., & Nugroho, F. A. (2018). *Karsa Cipta Bidang Energi Terbarukan Membuat Rancang Bangun Solar Water Heater (SWH) Jenis Pelat Datar Dengan Pemrograman Arduino UNO.* 1–9.
- Hudedmani, M. G., Umayal, R. M., Kabberalli, S. K., & Hittalamani, R. (2017). Programmable Logic Controller (PLC) in Automation. *Advanced Journal of Graduate Research*, 2(1), 37–45. <https://doi.org/10.21467/ajgr.2.1.37-45>
- Nise, N. S. (2015). *Control Systems Engine* (Seventh). John Wiley & Sons, Inc.
- Raharjo, A. B. (2017). *Rancang Bangun Solar Water Heater (SWH) Jenis Pelat Datar Dengan Pemrograman Arduino Uno.* 1–15.
- Sekretariat Jenderal Ketenagalistrikan. (2019). *Statistik Ketengalistrikan Tahun 2018.*
- Sistyanto, N. A., & Hadi, M. P. (2012). Penggunaan Air Domestik Dan Willingness To Pay Air Temanggung. *Bumi Indonesia*, 1(3), 30–39.
- Wardono, S., & Mulyadi, W. H. (2018). *Rancang Bangun Sistem Hybrid Panel Solar Cell dan Solar Thermal Berbasis PLC.* 3, 91–95.
- Winarni. (2007). *Konsumsi Air di Jakarta.* 4(1), 1–8.