





Design and Implementation of Automatic Switching for Water Level Control of Community Water Supply

Agus Ulinuha , M. Rusdi Wibowo

Department of Electrical Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

 agus.ulinuha@ums.ac.id

 <https://doi.org/10.53017/uje.140>

Received: 22/02/2022

Revised: 25/03/2022

Accepted: 26/03/2022

Abstract

This paper presents design and implementation of Automatic Switching for controlling the water level in the reservoir of community water supply. The water supply system is energized by 2 sources i.e. power from utility grid and power generated by photovoltaic panels equipped with energy storage. The switching is based on the reservoir water level and determines the operation of submersible pump. The switching system employs electrode sensors in the water control level where 3 conditions are considered to control motor that drives the pump. The Automatic Switching is connected to Automatic Transfer Switch (ATS) that selects power sources to energize the pump, where it may be from the solar PV supported by storage system or from the grid. The selection is based on the remaining energy saved in the storage, when it is sufficient then it is used to energize the pump. Otherwise, the power from the grid is used to supply the pump. The combination of Automatic Switching and ATS determines when the pump is on and which power is taken to supply the pump. The manual system is complemented in the switching system to enable manual operation when the automatic system fails to work for some reason. The whole system is developed in a panel for easy operation and monitoring. The water level indicator is given in the panel for the purpose of adjusting the pump operation based on water level in the reservoir.

Keywords: Automatic switching; Water level; Storage system; Water supply system

Desain dan Implementasi Pensakelaran Otomatis untuk Kendali Ketinggian Air pada Tandon PAM Swadaya Masyarakat

Abstrak

Makalah ini menyajikan desain dan implementasi kendali otomatis untuk pengaturan ketinggian air tandon pada PAM Swadaya Masyarakat. Terdapat dua buah sumber energi untuk memasok PAM Swadaya tersebut, yaitu dari jala-jala listrik dan dari panel surya yang dilengkapi dengan penyimpanan energi (batere). Pensakelaran didasarkan atas ketinggian air dalam tandon untuk menentukan operasi pompa celup. Sistem pensakelaran menggunakan sejumlah sensor pada sistem kendali ketinggian air dengan merespon 3 keadaan untuk menyalakan dan mematikan pompa. Sistem pensakelaran otomatis disambungkan setelah Sistem Transfer Otomatis yang menentukan sumber mana yang akan digunakan untuk memasok pompa. Penentuan tersebut didasarkan pada kapasitas tersisa dari energi pada batere, jika mencukupi maka energi tersebut akan digunakan. Namun jika tidak cukup, maka sistem akan menggunakan daya dari jala-jala listrik. Kombinasi Sistem Pensakelaran Otomatis dan Sistem Transfer Otomatis memungkinkan sistem menentukan kapan pompa menyala dan dari sumber energi mana pompa dioperasikan. Meskipun demikian sistem manual juga disediakan untuk mengantisipasi jika sistem otomatis gagal bekerja. Sistem diletakkan pada sebuah panel untuk kemudahan operasi dan pemantauan. Indikator

ketinggian air juga disediakan dalam sistem serta dapat diatur untuk penentuan penyalaan/penghentian pompa.

Kata kunci: Pensakelaran Otomatis; Level Ketinggian Air; Tandon Air; PAM Swadaya

1. Pendahuluan

Air mempunyai peranan penting bagi kelangsungan hidup manusia. Air bermanfaat bagi kehidupan di bumi serta dibutuhkan dalam jumlah yang proporsional. Krisis air bersih pada saat ini menjadi persoalan serius di Indonesia dan di berbagai negara [1],[2]. Masalah krisis air bersih yang ditambah masalah pemborosan energi dan sumber daya menjadi fenomena umum terutama pada kawasan perumahan [3]. Kemampuan pemerintah menyediakan air bersih melalui Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) mulai terbatas, karena permintaan yang terus meningkat. Salah satu solusi yang kemudian ditempuh oleh masyarakat adalah dengan mendirikan Perusahaan Air Minum (PAM) Swadaya [4].

Disamping kebutuhan air bersih yang cukup banyak, terdapat permasalahan lain, yaitu tentang sumber energi listrik yang perlu disediakan untuk menjalankan pompa air. PAM Swadaya secara umum menggunakan sumber air dari sumur-dalam yang dinaikkan ke tandon menggunakan pompa air untuk kemudian didistribusikan kepada masyarakat (konsumen). Jenis pompa yang kebanyakan digunakan adalah tipe pompa celup (*submersible pump*). Sejauh ini kebanyakan sumber energi yang digunakan untuk menjalankan pompa adalah daya dari jala-jala listrik PLN.

Energi surya merupakan energi terbarukan yang murah, mudah serta ramah lingkungan. Energi surya juga merupakan suatu energi alternatif sebagai substitusi energi listrik konvensional yang pada umumnya dibangkitkan menggunakan bahan bakar fosil [5]. Hasil pemanfaatan energi surya tidak menghasilkan polutan yang menyebabkan kerusakan pada peralatan atau menurunkan masa *lifetime* peralatan tersebut [6].

Pada sisi lain, masih didapati penggunaan yang tidak efisien pada air dan listrik karena terlupa mematikan keran air dan sakelar listrik. Tatakelola penggunaan air, terkait erat dengan 2 hal tersebut, yaitu penyalaan pompa air yang kurang optimal serta penggunaan air yang tidak efisien. Penggunaan sistem tandon merupakan solusi untuk pengaturan nyala pompa, sehingga pompa tidak terlalu sering menyala. Pompa yang sering menyala berimplikasi pada konsumsi daya yang tinggi dan umur pompa yang pendek [7]. Sedangkan efisiensi penggunaan air dapat ditingkatkan dengan melakukan edukasi kepada masyarakat untuk menggunakan air secara hemat serta tidak membiarkan air terbuang percuma, misalnya terlupa mematikan keran ketika tidak lagi digunakan.

Agar pemanfaatan tandon air dapat mendukung efisiensi konsumsi energi listrik, maka diperlukan pengaturan operasi pompa yang menentukan kapan pompa menyala dan berapa lama. Diperlukan pengaturan operasi pompa sedemikian, sehingga waktu pompa menyala dan durasinya dapat ditentukan untuk meraih efisiensi tertinggi operasi pompa. Pengaturan optimal operasi pompa dapat menurunkan konsumsi energi sampai dengan 25% serta mengurangi emisi karbon secara signifikan [8]. Masalah yang muncul adalah level ketinggian air dalam tandon air tidak dapat diketahui, sehingga dimungkinkan air meluap atau tandon kosong karena terlambat mengisi. Hal ini karena kurangnya pengontrolan terhadap pengisian tandon. Oleh karenanya perlu dibuat suatu alat yang dapat melakukan pengontrolan tandon secara otomatis [9]. Alat tersebut digunakan untuk mengontrol ketinggian level air pada tandon sedemikian, sehingga dapat dihindari pemompaan air yang berlebih atau pemompaan yang kurang.

Sistem Pensakelaran Otomatis (*Automatic Switching System*) dengan menggunakan *WLC (Water Level Control)* merupakan sistem yang mengatur operasi pompa dengan

menggunakan sensor elektroda. Sistem ini semula dimanfaatkan untuk menyalakan dan mematikan pompa secara otomatis. Sejauh ini sistem yang tersedia secara komersial memiliki kehandalan yang rendah, terutama terkait dengan lifetime dari peralatan. Riset tentang kendali pompa berpenggerak motor listik secara umum pada skala prototipe dengan kendali elektronik [10]. Pengembangan lebih jauh kebanyakan menambahkan fitur kendali berbasis IoT [11]. Namun implementasinya pada sistem real belum terlalu banyak dijumpai. Sistem ini dikembangkan dengan kendali sensor elektroda diterapkan pada sistem real. Dengan kendali elektroda tersebut, sistem dapat dikendalikan sesuai dengan ketinggian yang diinginkan [12]. Dengan adanya kendali sensor elektroda maka ketika pompa ingin dinyalakan lebih lama, bisa dengan menurunkan sensor dengan menggunakan kendali sensor elektroda. ataupun ketika ingin menyalakan pompa air lebih sering dapat dengan menaikkan sensor elektroda.

Sistem ini dikembangkan dan diterapkan pada PAM Swadaya yang dibangun oleh Warga Dukuh Sidomulyo RT 24B / RW 05, Kelurahan Krikilan, Kecamatan Masaran, Kabupaten Sragen. Pada PAM Swadaya tersebut, digunakan 2 buah sumber energi yaitu energi listrik yang dibangkitkan oleh panel surya dan energi listrik dari jala-jala listrik PLN. Pembangkitan dengan panel surya didukung oleh batere sebagai piranti penyimpan energi. Untuk keperluan pemilihan sumber energi, digunakan Sistem Transfer Otomatis (*Automatic Transfer Switch/ATS*) yang menentukan sumber energi pompa, apakah dari panel surya atau dari jala-jala listrik PLN. Pemilihan didasarkan atas ketersediaan sumber energi dari panel surya dan batere yang selama masih mencukupi, sumber tersebut akan digunakan dan jika tidak, akan dipindahkan kepada jala-jala listrik PLN [13].

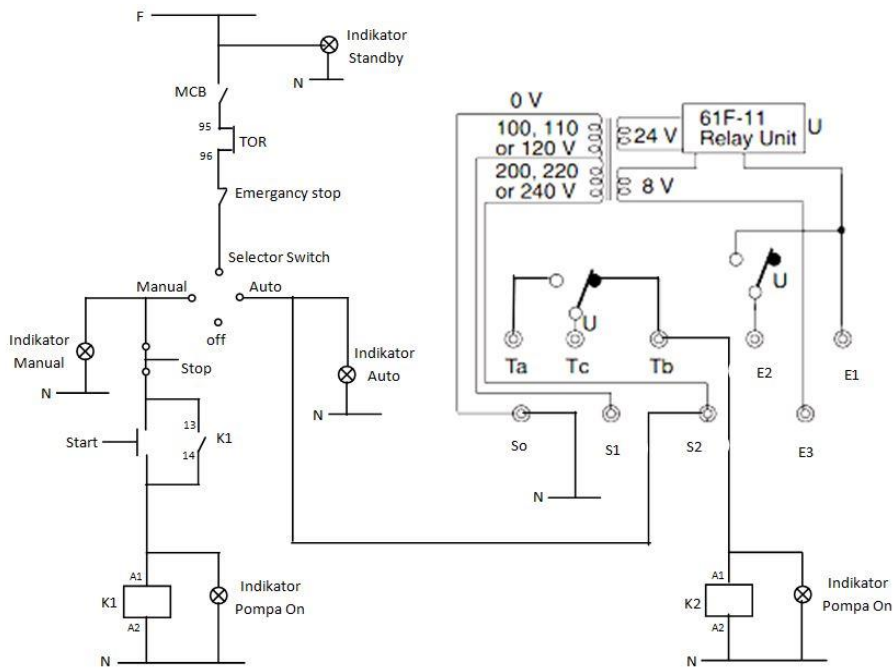
Pensakelaran Otomatis yang mengatur operasi pompa yang dikombinasikan dengan ATS bekerja sinergis mengatur kapan pompa beroperasi dan sumber energi mana yang akan digunakan. Pengaturan pensakelaran pompa meliputi aspek kapan pompa harus dinyalakan serta berapa lama pompa harus menyala. Untuk tujuan mempertahankan volume air, pompa akan terlalu sering menyala yang berimplikasi pada konsumsi daya yang tinggi dan usia yang lebih pendek. Agar pompa tidak terlalu sering menyala, pengurangan level ketinggian air perlu cukup besar sampai dengan pompa kembali menyala. Hal ini dapat berakibat volume air yang kecil dan beresiko menurunnya tekanan air ke pelanggan. Diperlukan sebuah kombinasi optimal dengan melibatkan semua pertimbangan di atas sedemikian, sehingga konsumsi energi minimal, jumlah pasokan air cukup, dan usia peralatan yang cukup panjang.

Sistem operasi manual juga dikembangkan untuk mengantisipasi kegagalan sistem otomatis. Dengan kualitas piranti yang cukup baik serta dengan pengaturan yang baik, sistem otomatis diharapkan dapat bekerja cukup baik dan pengoperasian sistem secara manual dapat dihindari. Sampai dengan saat makalah ini disusun, sistem pensakelaran otomatis masih dapat berkerja dengan sempurna.

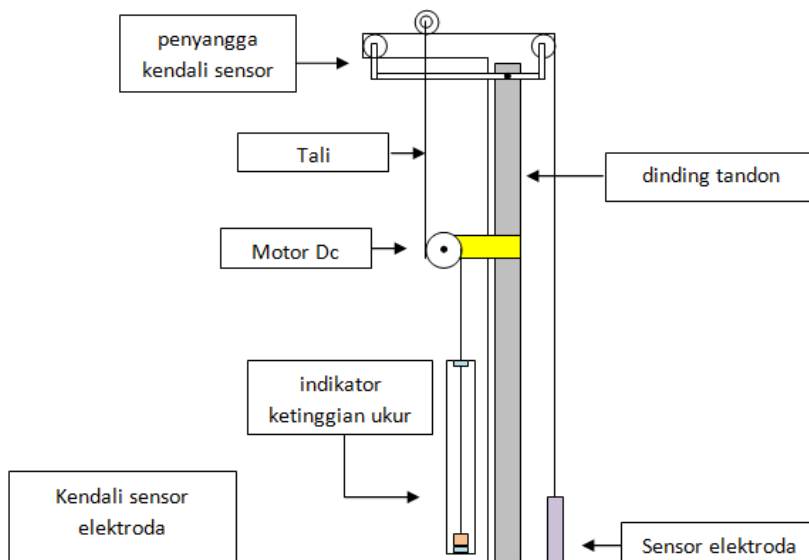
2. Metode

Secara garis besar, perancangan sistem kendali elektronik dan implementasinya dilakukan berdasarkan hasil penelaahan pustaka tentang sistem sejenis serta mengacu hasil diskusi dengan beberapa kolega. Hal ini terutama karena sistem yang dikembangkan relatif baru yang berbeda dengan sistem yang sejauh ini tersedia. Adapun untuk perancangan dilakukan secara bertahap, dimulai pada sistem sensor elektroda, sensor elektroda yang dikendalikan oleh *Water Level Control* dan sensor elektroda yang mengendalikan motor DC sebagai aktuator. Setelah itu, dilanjutkan dengan proses perancangan untuk pemasangan panel hingga pemasangan instalasi sistem *Automatic Switching*. Adapun diagram dari

sistem yang dirancang adalah sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 1**. Sedangkan skema kendali sensor elektroda adalah sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 1. Skema peralatan pensakelaran otomatis PAM Swadaya



Gambar 2. Skema kendali sensor elektroda

Setelah rancangan selesai dibuat, tahap selanjutnya adalah merakit alat dan sistem dengan tahapan awal yaitu mengumpulkan bahan-bahan yang akan digunakan, kemudian merakit sesuai dengan rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Setelah sistem berhasil dibuat, maka sistem kemudian dioperasikan. Dalam proses operasinya, sejumlah kegiatan pengaturan dilakukan misalnya mengatur taraf penurunan ketinggian air ketika pompa harus kembali menyala. Sejumlah perbaikan telah dilakukan agar sistem dapat menyala dalam waktu yang tepat serta berhenti setelah sistem mendeteksi permukaan air yang dikehendaki.

Gambar 1 merupakan Skema kendali sensor elektroda dengan alat-alat utama yang dibutuhkan. dalam sistem kendali ini seperti motor DC dan kendali sensor elektroda. Motor DC sebagai penggerak utama pada sensor sedangkan kendali sensor sebagai kendali utama untuk menggerakkan motor DC. sistem kendali di supply oleh tegangan 5V.

Gambar 2 merupakan rangkaian kendali dari sistem *Automatic Switching*. Sistem kendali ini dimulai dari sumber fasa yang masuk pada MCB yang sudah diparalelkan dengan lampu indikator yang ketika lampu tersebut menyala, maka tegangan sudah *standby* pada sistem kendali. Ketika MCB di aktifkan maka tegangan akan *standby* di *selector switch*.

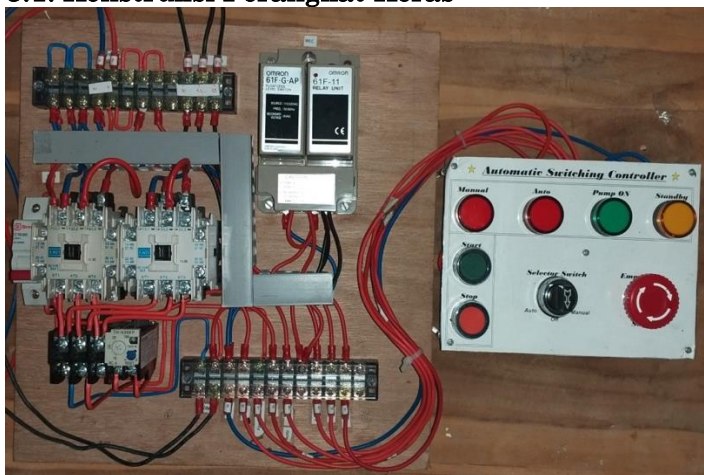
Berdasarkan skema pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**, ketika *selector switch* diposisikan ke manual maka sistem kendali akan bekerja secara manual dan lampu indikator kendali manual akan menyala. Ketika pompa dalam keadaan menyala, namun tombol stop tidak berfungsi, maka dapat digunakan *emergency stop* untuk mematikan pompa. Ketika *selector switch* diposisikan ke auto maka sistem akan bekerja secara otomatis. Sistem otomatis ini dikendalikan oleh posisi sensor elektroda dalam tandon. Ketika sensor E1 tidak terkena air dan sistem diposisikan ke auto maka pompa akan menyala sampai sensor E1 terkena air. Pompa akan dapat menyala lagi ketika air tidak mengenai sensor E1 dan E2. Sensor E3 merupakan backup ketika sensor E2 tidak berfungsi dengan baik.

Tahapan berikutnya adalah pengujian sistem setelah proses perakitan selesai. Pengujian alat dilakukan pada sistem yang sesungguhnya yaitu PAM Swadaya. Pengujian direncanakan selama 7 hari. Pengujian berawal dari pengujian respon dari sensor E1, E2, dan E3 dalam ketinggian yang berbeda. kemudian dilanjutkan dengan pengujian *delay* (waktu tunda) pada sensor elektroda E1, E2 dan E3 dengan ketinggian yang berbeda beda. kemudian dilanjutkan dengan pengujian kendali sensor elektroda secara mekanik Dan yang terakhir dilakukan pengujian keakuratan sensor E1, E2 dan E3 dengan sebagai pembanding ketinggian hitung tandon. Pengujian dilakukan dalam waktu yang berbeda beda dengan cuaca yang berbeda beda pula.

Analisa data dilakukan setelah melakukan uji coba yang dilakukan selama 7 hari dengan cuaca dan waktu yang berbeda. Analisa data dilakukan berbasis data percobaan dan pengamatan kinerja sistem, yang dalam hal ini meliputi keakuratan sensor elektroda, respon sensor elektroda, output yang akan ditunjukkan oleh indikator ketinggian dan kendali pompa air yang pengaturannya dapat diubah-ubah secara manual.

3. Implementasi Sistem

3.1. Konstruksi Perangkat Keras

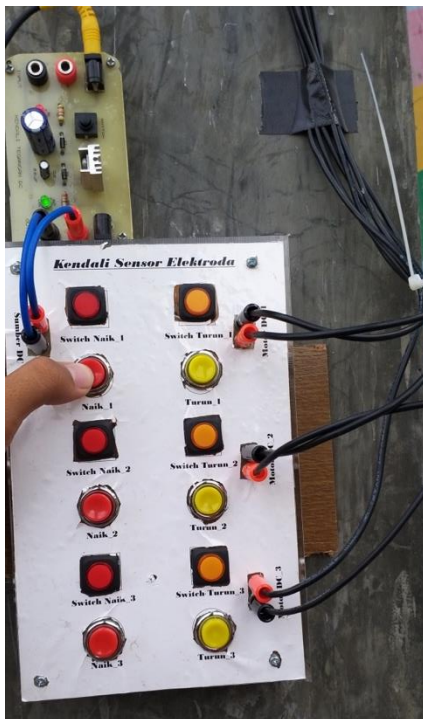


Gambar 3. Piranti sistem kendali *Automatic Switching*

Gambar 3 menunjukkan piranti utama sistem kendali *Automatic Switching*. Sistem ini menggunakan sumber tegangan sebesar 220V. Pada *selector switch* terdapat pilihan auto, off dan manual. Operasi pada mode auto atau otomatis akan ditentukan oleh kondisi sensor E1, E2 dan E3. E1 merupakan batas atas dari sistem kendali, E2 merupakan batas tengah

dan E3 merupakan batas bawah. Sensor E3 juga berfungsi sebagai *ground*. Kendali sistem dapat diubah dengan mengatur posisi sensor E1 dan E2. Sedangkan sensor E3 hanya disiapkan di bagian bawah sebagai *backup*. Keadaan on dan off pompa ditentukan dari E1 dan E2. Ketika E2 dalam kondisi rusak, maka E3 akan berfungsi cadangan.

Penjelasan tentang kendali sensor elektroda ditunjukkan pada **Gambar 4**. kendali ini terdiri dari penurun tegangan, dari 220 V menjadi 5V yang kemudian diteruskan ke kendali unit sensor. Kendali unit sensor bekerja dengan menggunakan sistem H-Bridge yang berguna untuk mengendalikan arah putaran motor DC. Ketika akan mengendalikan sensor E1 untuk dinaikkan posisinya maka switch naik_1 diaktifkan kemudian push button naik_1 ditekan sesuai dengan ketinggian yang diinginkan. Begitu juga ketika akan menurunkan sensor E1, pertama harus mengoffkan switch naik_1 kemudian aktifkan switch turun_1 setelah itu tekan push button turun_1 sesuai ketinggian yang diinginkan. Sistem akan short ketika salah mengaktifkan switch. short nya sistem yang terjadi secara terus menerus akan mengakibatkan pengendali tegangan akan panas dan dapat merusak kendali penurun tegangan. Kemudian disebelah kanan kontrol unit sensor terdapat indikator ukur ketinggian digunakan untuk mengetahui ketinggian sensor didalam tandon.

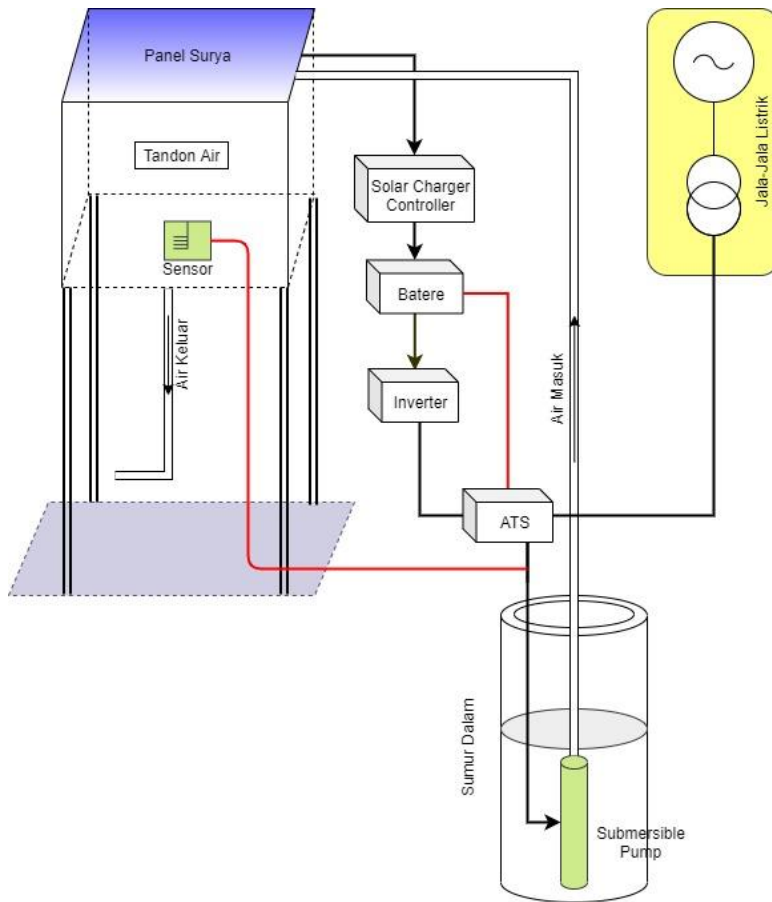


Gambar 3. Kendali sensor elektroda

Gambaran utuh sistem penyediaan air pada PAM Swadaya adalah sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 5**. Pada sistem tersebut digunakan 2 sumber daya, yaitu dari jala-jala listrik PLN dan dari dari batere yang dipasok energinya dari sel surya. Sistem automatic switching dapat dilihat pada gambar tersebut yang merupakan sistem yang mengatur operasi pompa. Terdapat sejumlah piranti lain pada sistem tersebut, yang meliputi *Solar Charger Controller*, Inverter, Batere, dan Automatic Transfer Switch.

Adapun sistem kendali *automatic switch* yang terpasang pada tandon air PAM Swadaya adalah sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 5**. Pada gambar tersebut, ditunjukkan sejumlah piranti yang digunakan untuk setting motor DC. Motor DC digunakan sebagai actuator untuk mengatur posisi sensor (elektroda). Bergeraknya sensor akan diikuti dengan naiknya pengait didalam indikator ukur ketinggian menggunakan tali. Ketika sensor dinaikkan ketika sampai ke titik maksimal ataupun diturunkan mencapai titik minimal,

maka motor DC tidak akan dapat lagi diputas karena telah dilengkapi dengan *limit switch* dalam indikator ukur ketinggian.



Gambar 4. Sistem penyediaan air bersih pada PAM Swadaya



Gambar 5. Sistem kendali *automatic switching* operasi pompa

4. Hasil dan Pembahasan

Setelah kendali *automatic switching* terpasang dengan baik pada sistem penyediaan air bersih PAM Swadaya, maka dilakukan uji coba dan pengujian kinerja sistem. Selain pencatatan hasil operasi sistem, kinerja sistem juga diamati untuk memastikan bahwa sistem bekerja sebagaimana yang dikehendaki. Pengujian keakuratan sensor Elektroda E1, E2 dan E3 dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keakuratan dari alat yang dibuat.

Pengujian dilakukan dengan menyetting sensor terlebih dahulu dalam ketinggian tertentu. kemudian mencatat ketinggian sensor sesuai alat ukur dan mencatat ketinggian sensor sesuai alat hitung yang ada didalam tandon. Hal ini dilakukan agar mengetahui apakah terdapat selisih ketinggian antara alat ukur dan alat hitung.

Pengujian lain yang dilakukan adalah keakuratan dari kineja kendali sensor dari alat pansakelaran otomatis tersebut. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan tujuan untuk mengetahui secara pasti nilai toleransi alat tersebut dengan batasan respon beban yang aktif atau tidak aktif. Berdasarkan hasil pengukuran ketinggian sensor pada sisi dalam tandon yang dibandingkan setting sensor, serta pengamatan kinerja pansakelaran untuk menjalankan/mematikan pompa, diperoleh hasil sebagaimana ditunjukkan pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Akurasi dan kinerja sensor pada kendali automatic switching

Sensor	Percobaan	Indikator		Selisih ketinggian (cm)	Respon beban
		Ketinggian hitung (cm)	Ketinggian ukur (cm)		
E1	1	20,3	20	0,3	Baik
	2	30,4	30	0,4	Baik
	3	40,2	40	0,2	Baik
E2	1	100,3	100	0,3	Baik
	2	75,2	75	0,2	Baik
	3	125,3	125	0,3	Baik
E3	1	170,8	171	0,2	Baik
	2	138,9	140	0,1	Baik
	3	119,8	120	0,2	Baik

Pada [Tabel 1](#) ditunjukkan hasil pengujian keakuratan sensor dengan menggunakan ketinggian hitung dan ketinggian ukur. ketinggian hitung yaitu kondisi ketinggian air didalam tandon atau ketinggian air sebenarnya. sedangkan ketinggian ukur merupakan kondisi ketinggian air yang ditampilkan pada indikator ukur ketinggian yang dipasang diluar penampungan air. Pengujian ini dilakukan pada tandon dengan ketinggian 172 cm, panjang 200 cm dan lebar 200 cm. Untuk mengukur ketinggian aktual digunakan penggaris yang dipasang pada sisi dalam tandon. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali pada masing–masing sensor.

Pada sensor E1 percobaan pertama dilakukan pada saat E1 disetting pada ketinggian 30 cm, kemudian percobaan kedua disetting pada ketinggian 40 cm dan percobaan ketiga disetting pada ketinggian 50 cm. Untuk sensor E2 percobaan pertama dilakukan pada saat E2 di setting di ketinggian 100cm, kemudian percobaan kedua di setting di ketinggian 75cm dan percobaan ketiga di setting di ketinggian 125cm. Untuk sensor E3 percobaan pertama dilakukan pada saat E3 di setting di ketinggian 171cm, kemudian percobaan kedua di setting di ketinggian 140cm dan percobaan ketiga di setting di ketinggian 120cm. semua settingan ketinggian saat pengujian diukur dari atas tandon / bibir tandon. Dari hasil pengujian terdapat selisih ketinggian air rata – rata 0,244 cm antara ketinggian hitung dan ketinggian ukur. Meskipun terdapat selisih ketinggian, respon beban ataupun respon sensor masih dapat bekerja dengan baik. respon beban sesuai dengan kondisi dari ketinggian hitung. Selisih ketinggian terjadi karena kurang presisinya dalam penyettingan antara indikator ukur ketinggian, motor dc, dan penyangga sensor elektroda.

5. Kesimpulan

Berdasarkan rancangan dan implementasinya serta berdasarkan hasil pengujian dan pengamatan terhadap kinerja sistem kendali *automatic switching* dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan *water control level* untuk pengaturan kerja pompa cukup akurat dan handal.

Berdasarkan pengamatan kinerja sistem, secara operasional proses *switching* pengaturan operasi pompa berjalan dengan *timing* yang tepat. Tidak terdapat *delay* dari indikasi yang diterima elektroda dengan *switching* pompa. Verifikasi terhadap hasil pengukuran ketinggian elektroda berdasarkan setting sensor juga menunjukkan *positioning* elektroda yang cukup akurat oleh aktuator motor DC, dengan deviasi rata-rata 0,244 cm. Berdasarkan operasi *switching* pompa, sistem diestimasi dapat beroperasi dengan *lifetime* yang cukup panjang. Fitur lainnya dari sistem ini adalah kemungkinan pengaturan ketinggian air sebagai basis *switching* pompa, pengoperasian secara manual dan tersedianya tombol untuk menghentikan pompa ketika sistem automatic switching gagal bekerja. Sistem kendali ini dapat dikembangkan lebih lanjut dalam bentuk moduler yang memungkinkan penggantian piranti secara mudah. Dengan berkembangnya konsep *Internet of Things* (IoT), dimungkinkan ditambahkan fitur kendali berbasis platform tersebut.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ketua RT dan Warga Sidomulyo RT 24 B / RW 05, Kelurahan Krikilan, Masaran, Sragen yang telah memberikan kesempatan dan bantuan teknis maupun material sehingga pemasangan dan pemantauan operasi Sistem kendali *automatic switching* ini dapat dilakukan dengan sempurna.

Referensi

- [1] S. Cole, "A political ecology of water equity and tourism. A Case Study From Bali.," *Annals of Tourism Research*, vol. 39, no. 2, pp. 1221–1241, Apr. 2012, doi: 10.1016/J.ANNALS.2012.01.003.
- [2] V. A. Hamel, "Air Sebagai Entitas Keadilan: Refleksi Akademik Pendekatan Environmental Justice dalam Krisis Air di Bali," *Journal of Contemporary Public Administration (JCPA)*, vol. 1, no. 2, pp. 56–64, Dec. 2021, doi: 10.22225/JCPA.1.2.4257.56-64.
- [3] H. Taguchi and A. Asomiddin, "Energy-Use Inefficiency and Policy Governance in Central Asian Countries," *Energies 2022, Vol. 15, Page 1299*, vol. 15, no. 4, p. 1299, Feb. 2022, doi: 10.3390/EN15041299.
- [4] A. Ulinuha, U. Hasan, W. Wijianto, and P. Studi Elektro, "Development of Self-Funded Water Supply for People of Sidomulyo, Sragen Using Deep Well with Submersible Pump," *Warta LPM*, vol. 23, no. 2, pp. 105–114, Apr. 2020, doi: 10.23917/WARTA.V23I2.9761.
- [5] W. Charfi, M. Chaabane, H. Mhiri, and P. Bournot, "Performance evaluation of a solar photovoltaic system," *Energy Reports*, vol. 4, pp. 400–406, Nov. 2018, doi: 10.1016/J.EGYR.2018.06.004.
- [6] V. Sharma and S. S. Chandel, "Performance and degradation analysis for long term reliability of solar photovoltaic systems: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 27, pp. 753–767, Nov. 2013, doi: 10.1016/J.RSER.2013.07.046.
- [7] H. L. Wang, ; Hu, ; Yang, and C. Wang, "PERFORMANCE DIFFERENCES OF ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMP UNDER VARIABLE SPEED SCHEMES," *Int j simul model*, vol. 20, pp. 76–86, 2021, doi: 10.2507/IJSIMM20-1-544.
- [8] T. Luna, J. Ribau, D. Figueiredo, and R. Alves, "Improving energy efficiency in water supply systems with pump scheduling optimization," *Journal of Cleaner Production*, vol. 213, pp. 342–356, Mar. 2019, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2018.12.190.
- [9] Y. Fan *et al.*, "Scientific and technological progress and future perspectives of the solar assisted heat pump (SAHP) system," *Energy*, vol. 229, p. 120719, Aug. 2021, doi: 10.1016/J.ENERGY.2021.120719.
- [10] S. Bipasha Biswas and M. Tariq Iqbal, "Solar Water Pumping System Control Using a Low Cost ESP32 Microcontroller," *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, vol. 2018-May, Aug. 2018, doi: 10.1109/CCECE.2018.8447749.
- [11] S. S. Siddula, P. Babu, and P. C. Jain, "Water Level Monitoring and Management of Dams using IoT," *Proceedings - 2018 3rd International Conference On Internet of*

- Things: Smart Innovation and Usages, IoT-SIU 2018*, Nov. 2018, doi: 10.1109/IOT-SIU.2018.8519843.
- [12] P. Su, “Strong stabilization of a linearized gravity-capillary water waves system in a tank*,” pp. 6194–6199, Feb. 2022, doi: 10.1109/CDC45484.2021.9683269.
- [13] J. Koko, A. Riza, and U. K. M. Khadik, “Design of solar power plants with hybrid systems,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1125, no. 1, p. 012074, May 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1125/1/012074.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
