

Implementasi Sistem Kontrol *On/Off* Pompa Air Sistem Tandon Berbasis Arduino untuk Penghematan Konsumsi Listrik Pompa

Olnes Y. Hutajulu¹, Eka Dodi Suryanto², Denny Haryanto Sinaga³

^{1,2}Universitas Negeri Medan, North Sumatera, Indonesia

Email : olnes.hutajulu@unimed.ac.id¹, ekadodisuryanto@unimed.ac.id²,
denny.sinaga@unimed.ac.id³

Abstrak

Penggunaan motor listrik pada pompa air mengakibatkan efisiensi pompa bergantung pada sifat motor listrik tersebut. Sistem pengontrolan konvensional pada pompa air sistem tandon diketahui menyerap energi listrik yang besar dikarenakan motor selalu menyala (*on*) ketika tekanan pada tandon berkurang. Penelitian ini mengusulkan sistem pengontrolan *on/off* yang dikendalikan dengan sensor suara (*ultrasonic*) untuk mendapatkan sistem penyedia air yang menggunakan tandon dengan konsumsi energi listrik lebih rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik dengan sistem pengontrolan *on/off* yang diusulkan lebih rendah 69,97% daripada sistem pengontrolan sebelumnya.

Kata Kunci : Index Terms-Motor listrik, sistem kontrol otomatis, arduino, sensor, energi listrik.

Abstract

The use of electric motors in water pumps results in pump efficiency depending on the nature of the electric motor. Conventional control systems on water pumps of the tandon system are known to absorb large electrical energy because the motor is always running (*on*) when the pressure on the tandon decreases. This study proposes an *on / off* control system that is controlled by a sound sensor (*ultrasonic*) to obtain a water supply system that uses a tandon with lower electrical energy consumption. The results showed that the consumption of electrical energy with the proposed *on / off* control system was 69.97% lower than the previous control system.

Keywords: Terms-Electric Motor Index, automatic control system, Arduino, sensors, electrical energy.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan air bersih saat ini sangat tinggi bagi keperluan sehari-hari. Pemerintah sebenarnya telah menunjuk perusahaan milik negara seperti PDAM dan sejenisnya untuk menjamin keperluan air bersih kepada masyarakat. Hanya saja, belum semua rumah tangga mendapatkan akses air bersih tersebut. Kondisi ini memaksa sejumlah masyarakat untuk menyediakan sistem persediaan air sendiri untuk keperluan sehari-hari mereka.

Sistem penyediaan air bersih yang dibangun oleh tiap rumah tangga biasanya menggunakan pompa air. Pompa air ini berfungsi menghisap air tanah permukaan dan ditampung pada sebuah tempat penampungan yang disebut *tandon*. Penggunaan energi listrik oleh pompa air bergantung pada sifat motor listrik sebagai penggerak utamanya (*prime mover*). Motor listrik termasuk peralatan listrik yang boros, karena memiliki faktor daya ($\cos \mu$) yang rendah. Sehingga dalam proses operasinya biaya listrik yang harus dibayar oleh pengguna akan meningkat.

Penghematan energi listrik oleh motor listrik dapat ditingkatkan dengan menambahkan sistem kontrol berbasis komputer [1]. Salah satu perangkat berbasis komputer yang telah

digunakan untuk sistem pengontrol pada pompa adalah *programmable logic control* (PLC). Sistem pengontrol pompa dengan PLC diketahui dapat mengurangi konsumsi energi pada motor sebesar 26.1% [2]. Perangkat pendukung untuk mengumpulkan data atau sebagai trigger PLC melakukan *on* atau *off* pada pompa air utamanya adalah sensor jenis tekanan (*pressure*), magnet elektrik (elektromagnetik) dan sensor ultrasonik. Selain meningkatkan efisiensi motor pada pompa, sistem kontrol juga mempermudah pengguna untuk mengoperasikan, mengumpulkan data, dan memonitor pompa air tersebut.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem operasi pompa

Pengoperasian pompa air secara sederhana dilakukan dengan menggunakan tombol *on/off*, dimana ketika diperlukan maka tombol diposisikan *on* untuk menyalakan pompa. Apabila pompa sudah tidak digunakan, maka tombol dikembalikan pada posisi *off*. Pengoperasian tipe ini disebut pengoperasian konvensional, dimana saat ini dinilai kurang efektif karena pengguna harus selalu memantau ketersediaan air [3]. Pengoperasian konvensional juga menyebabkan konsumsi energi listrik meningkat sehingga pengguna harus mengeluarkan biaya tambahan yang besar.

Sistem pengoperasian pompa secara otomatis kemudian dikembangkan dengan memanfaatkan sensor mekanik yaitu sensor tekan. Penggunaan sistem otomatis ini ternyata dapat meningkatkan kenyamanan pengguna, dimana pompa akan beroperasi sendiri jika terjadi perubahan tekanan. Penerapan sistem ini meningkatkan kenyamanan pengguna yang tidak harus selalu mengawasi ketersediaan air pada tandon. Namun, konsumsi energi listrik oleh sistem ini jauh lebih besar dibanding pengoperasian secara konvensional, karena pompa akan selalu beroperasi jika terjadi perubahan tekanan pada tandon.

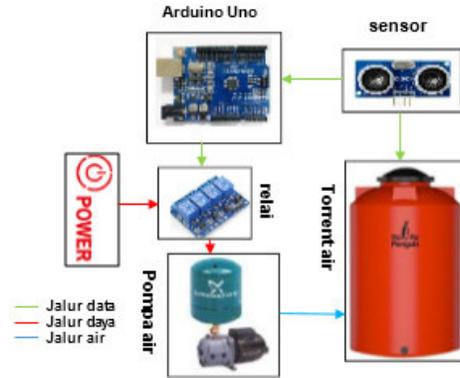
Mengatasi kekurangan kedua sistem sebelumnya yaitu sistem konvensional dan otomatis menggunakan sensor tekan, maka digunakan sistem pengoperasian pompa menggunakan PLC. Pengoperasian pompa dengan PLC ini memungkinkan pompa beroperasi berdasarkan perintah dari PLC, dimana perintah ditentukan berdasarkan level air yang terdapat pada tandon. Namun, mempertimbangkan faktor biaya, implementasi PLC sebagai sistem pengontrol pompa lebih cocok untuk kebutuhan industri dari pada penggunaan rumah tangga [4].

Penelitian ini menawarkan solusi yang dianggap lebih baik untuk mengoperasikan pompa dengan keuntungan yang sama dengan pengoperasian menggunakan PLC namun, dengan harga yang lebih murah. Sistem pengoperasian otomatis pompa yang ditawarkan pada penelitian ini menggunakan perangkat arduino sebagai perangkat utama dan sensor ultrasonik untuk mengamati ketersediaan/level air. Sistem ini akan lebih murah dari pada penggunaan PLC karena harga arduino jauh lebih murah dengan kisaran harga kurang dari 200 ribu rupiah. Penelitian ini akan mencoba mengaplikasikan arduino untuk mengoperasikan pompa secara otomatis dan mengamati apakah keunggulan PLC dapat juga dilakukan oleh arduino.

2.2 Desain sistem otomatis Pompa

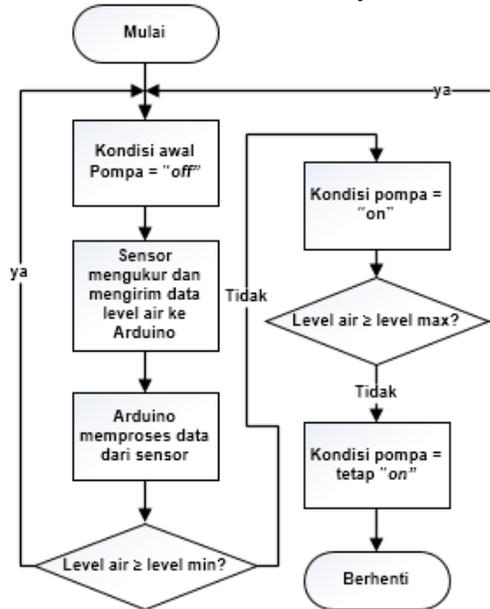
Sistem pengoperasian pompa secara otomatis menggunakan arduino pada penelitian ini dirangkum pada sebuah bagan yang diperlihatkan pada Gambar 1. Sedangkan prinsip kerja sistem otomatis tersebut digambarkan dengan menggunakan diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Diagram alir yang diperlihatkan pada Gambar 2 memperlihatkan prinsip kerja sistem pengoperasian otomatis pompa dengan arduino. Pada kondisi awal, pompa dalam keadaan "*off*" dan sensor akan mengukur level air pada tandon serta mengirimkannya ke arduino setiap 5 detik.



Gambar 1. Desain Sistem otomatis pompa

Arduino kemudian memproses data tersebut dan kemudian membandingkan dengan perintah yang terbaca pada program. Apabila level air lebih besar atau sama dengan level minimum yang ditetapkan, maka pompa tetap pada posisi “off”. Sebaliknya, jika level air lebih kecil daripada level minimum, maka arduino akan memerintahkan relay untuk menyalakan pompa.



Gambar 2. Diagram alir pengoperasian otomatis pompa.

Sensor tetap akan mengirimkan data walaupun pompa sudah dalam posisi “on” dan arduino akan terus memproses data tersebut dan membandingkannya pada perintah selanjutnya yang tertanam pada program. Relay akan diperintahkan mengembalikan posisi pompa ke “off” jika level air sudah lebih besar atau sama dengan level maximum yang ditetapkan.

2.3 Penentuan Level Minimum Tandon

Lokasi penelitian dilakukan di dormitori dosen Institut Teknolodi Del dengan jumlah 2 lantai. Penghuni dormitori berjumlah 25 orang dengan kapasitas tangki adalah 4 tandon air berkapasitas 1000 liter.

Pengoperasian pompa air pada sistem otomatis menggunakan arduino ditentukan oleh keadaan level air. Pompa akan “on” jika level air berada dibawah level minimum yang ditetapkan dan akan “off” dengan sendirinya jika level air berada di atas level maximum yang

ditetapkan. Oleh sebab itu, penentuan level min menjadi salah satu fokus utama pada penelitian ini.

Penentuan level minimum kapasitas air pada tandon dilakukan dengan mengolah data pemakaian air rata-rata tiap 1 orang pengguna. Pemakaian air perorang diketahui sebesar 150 liter/hari untuk pemakaian rumah biasa [5]. Puncak pemakaian air terjadi di pagi dan sore hari, sehingga batas minimum level air pada penelitian ini ditetapkan sebesar 50% dari total kapasitas tandon. Level minimum sebesar 50% diasumsikan dapat mensuplai 1 kali kebutuhan puncak penggunaan air di dormitori jika terjadi pemadaman listrik. Tekanan dalam tandon dapat diabaikan, sebab posisi tandon terpasang di atas gedung dormitori.

2.4 Spesifikasi Alat dan Bahan

Alat dan bahan pada penelitian ini dapat diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan bahan sistem kontrol pompa otomatis.

No	Nama Barang	Jumlah (unit/rol)	Harga @ (.000)
1	Arduino Uno	1	60
2	Sensor ultrasonik	1	15
3	LCD Modul	1	25
4	Modul relai	1	9
5	Kabel	1	38
6	Casing modul	1	25
7	Ongkos kirim	1	20
Total harga			192

harga oleh electronic care Bukalapak [6].

Biaya yang perlu disediakan untuk membuat rangkaian otomatis pompa pada Tabel 1 adalah 192,000.00 IDR. Alat dan bahan tersebut hanya dapat digunakan untuk mengoperasikan 1 sistem pompa air. Sistem ini cukup *powerfull* karena dapat digunakan untuk aplikasi monitoring dengan menambahkan modul *bluetooth* atau *wifi* yang diintegrasikan dengan telepon genggam dengan sistem operasi *android*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat otomatis pompa berbasis arduino dengan sensor ultrasonik diaplikasikan pada sistem pompa dormitori IT Del. Sensor ultra sonik membaca jarak permukaan air pada tandon dari sensor. Kapasitas air pada tandon dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$V_t = \pi r^2 t \tag{1}$$

Persamaan 1 merupakan rumus dasar menghitung volume tabung silinder. Rumus ini pula yang digunakan untuk menghitung volume tandon (V_t) yang berbentuk silinder.

3.1 Implementasi

Tandon air yang digunakan untuk menjaga ketersediaan air memiliki diameter 970mm. Pemasangan sistem kontrol otomatis pompa menempatkan sensor ultrasonik tepat dibagian tengah atas tandon dengan dilapisi karet dan casing *acrylic* untuk melindungi sensor.

Efisiensi motor pada pompa dalam menyerap energi listrik untuk mengisi tandon dengan air sangat bergantung dari tingginya frekuensi *on* dan *off* pompa. Energi listrik total yang diserap pompa (E_{p_t}) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$\sum E_{p_t} = E_{p_1} + E_{p_2} + \dots E_{p_n} \tag{2}$$

Persamaan 2 menunjukkan bahwa (E_{p_t}) merupakan akumulasi dari energi yang diserap pompa (E_p) setiap beroperasi. Karakteristik pompa yang memerlukan arus awal lebih besar 3-

10 kali dari arus normalnya saat terhubung langsung (*direct on-line*) menyebabkan setiap kali pompa beroperasi akan terdapat 2 bentuk perhitungan. Arus yang besar saat pompa mulai menyala disebut arus *starting*, dan berlangsung selama 3-5 detik [7]. Persamaan 3 dapat digunakan untuk menghitung energi pompa saat *on* hingga *off* dengan mempertimbangkan kondisi arus *startingnya*.

$$E_p = E_{p_{start}} + E_{p_{running}} \tag{3}$$

Baik $E_{p_{start}}$ dan $E_{p_{running}}$ merupakan besar energi listrik yang dikonsumsi pompa saat beroperasi. Namun, nilai arus dari keduanya berbeda. Besarnya energi listrik yang konsumsi pompa dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 4 dan 5.

$$E_{p_{start}} = V \times I_{starting} \times \cos \mu \times t \tag{4}$$

$$E_{p_{running}} = V \times I_{running} \times \cos \mu \times t \tag{5}$$

Perhitungan energi pompa dapat dilakukan bahwa semakin banyak frekuensi pompa *on/off* maka energi listrik yang dikonsumsi akan semakin besar.

3.2 Data Hasil Pengukuran

Sistem penyimpanan air dengan tandon di dormitori dosen IT Del menggunakan mesin pompa dengan daya 750 watt. Besar arus *running* pompa adalah 4,3A. Pengambilan data dilakukan dalam 2 tahap yaitu, (1) tahap pengamatan dan (2) tahap pengukuran.

Tahap pengamatan dilakukan selama 15 menit pada jam pemakaian puncak yaitu di sore hari. Data pengamatan diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data pengamatan pompa.

No	Interval waktu pompa on – on (s)	Interval Motor on (s)	Interval Arus Starting (s)	Interval Arus Running (s)
1	75	7	3	4
2	23	15	3	12
3	93	9	3	6
4	83	6	3	3
5	74	7	3	4
6	65	10	3	7
7	64	6	3	3
8	45	10	3	7
9	31	11	3	8
10	46	7	3	4
11	12	9	3	6
12	95	43	3	40
13	54	61	3	58
Rata-rata	54			
Total waktu		215	42	173

Tahap tahap pengukuran dilakukan sebanyak 2 kali dengan interval waktu 14 hari untuk masing-masing pengukuran. Pengukuran pertama dilakukan pada sistem terpasang dan pengukuran kedua dilakukan setelah sistem kontrol otomatis menggunakan arduino diimplementasikan pada pompa. Alat ukur yang digunakan adalah kWh meter manual 1 phasa pascabayar. Data hasil pengukuran kedua diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data pengukuran 1 dan 2 operasi pompa.

No	Hari ke-	Pengukuran Pada sistem lama	Pengukuran pada sistem usulan
1	1	4	1
2	2	3	1
3	3	4	1
4	4	3	1
5	5	3	1
6	6	3	1
7	7	5	1.2
8	8	4	1.2
9	9	3	1
10	10	3	1
11	11	3	1
12	12	4	1
13	13	3	1
14	14	3	1
Rata-rata		3.43	1.03
Total waktu		48	14.4

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan yang dilakukan terhadap pompa menunjukkan bahwa dalam waktu 15 detik, pompa menyala sebanyak 13 kali. Setiap pompa menyala (*on*), maka selama 3 detik arus motor mencapai 3-10 kali arus normalnya saat langsung *direct on-line* (DOL). Dampak dari banyaknya pompa bekerja dalam waktu 15 menit adalah total waktu *starting* mencapai 42 detik dan waktu beroperasi normal hanya 173 detik.

Pemasangan sistem kontrol berbasis arduino dengan sensor ultrasonik pada pompa dapat mengurangi waktu *starting*. Interval waktu operasi 215 detik pompa untuk memenuhi kebutuhan 15 menit pemakaian air, pompa hanya beroperasi 1 kali. Akibatnya, arus *starting* pompa hanya terjadi selama 3 detik saja.

Data pengamatan kemudian dihitung menggunakan persamaan 2-4 dengan nilai arus *starting* motor yang digunakan adalah yang terkecil yaitu 3 kali arus normalnya. Hasil perhitungan kedua sistem diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan E_{p_i} pompa antra sistem otomatis terpasang dengan sistem otomatis usulan dari hasil pengamatan

No	<i>Starting/Running</i>	Konsumsi energi listrik sistem terpasang (wh)	Konsumsi energi listrik sistem usulan (wh)
1	$E_{p_{starting}}$	28.14	2.01
2	$E_{p_{running}}$	38.64	47.35
Total		66.78	49.36

Hasil perbandingan E_{p_i} pompa pada Tabel 4 memperlihatkan bahwa sistem otomatis terpasang mengkonsumsi energi listrik lebih besar 17.42 kWh atau 26.09 % daripada pompa yang dipasang sistem usulan. Nilai selisih tersebut diperoleh hanya dalam waktu 15 menit. Sehingga, dapat dipastikan bahwa selisih yang lebih besar akan terjadi jika pengamatan dilakukan selama 24 jam penuh.

4.1 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan, diketahui bahwa saat pemakaian puncak pompa terus menerus beroperasi dengan interval *on ke on* hanya 54 detik. Sedangkan hasil pengukuran menunjukkan bahwa pompa yang beroperasi dengan sistem terdahulu menyerap energi listrik rata-rata 3.43 kWh/hari. Tabel 3 juga memperlihatkan bahwa pompa yang telah dipasang sistem pengontrolan otomatis dengan sensor ultrasonik rata-rata menyerap 1.03 kWh/hari energi listrik.

4.2 Perbandingan Hasil Pengukuran

Setelah dilakukan perbandingan hasil pemantauan, kemudian dilakukan pengukuran konsumsi energi listrik selama 14 hari untuk tiap-tiap sistem kontrol. Perbandingan hasil pengukuran menunjukkan bahwa sistem otomasi pompa yang diusulkan mampu menurunkan konsumsi energi listrik untuk pemakaian air yang sama. Penurunan yang diperoleh sebesar 2.4 kWh per hari untuk pemakaian rata-rata atau 69.97% dari pada sistem lama.

5. KESIMPULAN

Sistem otomasi yang dipasang pada pompa air yang menggunakan tandon memberikan kemudahan bagi pengguna. Pengguna tidak harus selalu memantau kondisi air, karena tandon secara otomatis akan berisi air oleh bantuan sistem otomatis yang dipasang. Sistem otomasi yang paling sering digunakan adalah menggunakan sensor/saklar tekanan. Namun, penggunaan sistem tersebut menyebabkan penggunaan energi listrik lebih besar daripada sebelumnya.

Sistem otomasi menggunakan sensor berbasis ultrasonik dengan pengontrol arduino kemudian diusulkan pada penelitian ini. Sistem usulan ternyata mampu mengurangi kebutuhan listrik sebesar 69.97% dari sistem sebelumnya. Hal ini dapat terlaksana karena sistem otomasi usulan tidak bergantung pada tekanan, sehingga kapasitas air yang menjadi *trigger* atau pemicu sensor bekerja dapat diatur pada level tertentu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Institut Teknologi Del yang telah memeberikan anggaran dan tempat untuk melakukan penelitian ini. Terimakasih juga tim peneliti yang telah bekerja untuk melaksanakan penelitian dan menyelesaikannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Ernst, G. Christina, M. Eric, dan G. Wina, "Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Glass Industry," An Energy Star® Guide for Energy and Plant Managers, Vol.-, hal.58-59, Maret 2008.
- [2] E. Stancel, I. Stoian, I. Kovacs, B. Z. Gyurka, dan Sz. Balogh, "Urban Water Supply Distributed Control System," IEEE International Conference on Automation, Quality, and Testing, Robotics, Vol. 3, hal. -, Mei 2008.
- [3] P. C. Eka, M. S. Siti, S. Robby, A. H. Muhamad, S. T. Agustina, "Automatic Water Tank Filing System Controlled Using Arduino™ Based Sensor for Home Application," Procedia Engineering, Vol. 170, hal. 373-377, 2017.
- [4] R. Doug, "PLC VS Arduino for Industrial Control," Control Design for Machine Builder, <https://www.controldesign.com/articles/2017/arduino-vs-plc-for-industrial-control/>, Diakses pada 20 September 2017.
- [5] Peraturan Gubernur DKI Jakarta, "Pengelolaan Limbah Domestik di Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta," Lampiran II, 2005.

- [6] Bukalapak, “Komponen Elektronika lainnya,” <https://www.bukalapak.com/c/elektronik/komponen-elektronik?search%5Bhashtag%5D=&search%5Bkeywords%5D=arduino+uno>, Diakses 21 Mei 2018.
- [7] F. B. B. Silva, M. T. D. Orlando, D. S. Simonetti, C. A. Baldan, “A Novel Induction Motor Starting Method using Superconduction,” *Physica C: Superconductivity and Its Application*, Vol. 507 hal.95-102, December 2014.