Analisis Ekperimental Sistem Kontrol Otomatis pada Pengisian Air Berbasis Rangkaian *Close Loop* dan *Open Loop*

Juni Putranto[1], Naili Saidatin*[2], Hasan Syafik Maulana[3] , Desmas Arifianto Patriawan[4]
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3,4]
e-mail: juniputranto22@gmail.com[1], naili@itats.ac.id[2], dan hasan@itats.ac.id[3]

ABSTRACT

Many processes of water refilling distribution from the micro-scaled agent to consumers still employ a manual operating system. The operators still use the on-and-off switch to turn on the water pump while refilling the water. This study was aimed at modifying the control system, determining the automatic control system network, and figuring out the characteristics of the transient response as well as the steady-state error of the automatic water filling device, which existed in previous studies. The researcher made a series of automatic water filling systems withthe Arduino Uno R3 Atmega328p as the controller and a flow meter sensor to monitor the water output after passing through the sensor and sending it back to the Arduino. Next, the Arduino controlled the water pump switch. This system could be operated remotely via a smartphone and a Bluetooth device. The research results indicated that the control system modified by the researcher could automatically control the water pump when the water refill was running. In addition, this system was almost more stable than the one in the previous study. The steady-state error in the previous study was approximately 3%, but after the author modified and changed the control system, the steady-state error of the system had decreased by more or less 2%.

Keywords*: Transient Response, Steady-State Error, Dispenser, Arduino Uno, Flow Meter*

ABSTRAK

Dalam hal pendistribusian air isi ulang dari agen depot air isi ulang skala mikro ke konsumen masih banyak yang menggunakan sistem pengoperasiannya secara manual, dimana operator masih menggunakan saklar *on* dan *off* untuk menyalakan pompa air pada saat pengisian air isi ulang tersebut. Peneltian ini bertujuan untuk memodifikasi sistem kontrol, menegetahui rangkaian sistem kontrol otomatisnya dan mengetahui karakteristik *transient response* dan *errorsteady state* alat pengisian air otomatis yang telah ada pada penelitian sebelumnya. Metode penelitian ini dilakukan dengan cara pembuatan rangkaian sistem pengisian air secara otomatis dengan kontrol pada arduino uno R3 Atmega328p dan sensor flow meter yang digunakan untuk memonitori hasil keluaran air yang telah lewat sensor tersebut dan dikirim kembali ke arduino kemudian arduino megontrol saklar pompa airnya. Sistem ini dapat dioperasikan dengan kendali jarak jauh melalui smartphone dan bantuan dari perangkat bluetooth. Berdasarkan hasil dari penelitian ini adalah sistem kontrol yang telah penulis modifikasi sudah memiliki kontrol otomatis pada pompa air ketika pengisian air isi ulang sedang berjalan dan juga sistem tersebut sudah mendekati kata stabil daripada sistem kontrol yang ada pada peneltian sebelumnya. Dimana pada penelitian sebelumnya hasil dari error steady state kurang lebih sebesar 3 % namun setelah penulis modifikasi dan rubah sistem kontrolnya error steady state dari sistem tersebut sudah lebih baik menjadi kurang lebih 2 %.

Kata Kunci : *Transient Response, Error Steady State*, Dispenser, Arduino Uno, *Flow Meter*.

PENDAHULUAN

Air isi ulang biasanya diambil dari mata air pegunungan terdekat di daerah tersebut. Dimana mobilitasnya menggunakan kendaraan truk kemudian langsung dikirim ke agen-agen depot air isi ulang ukuran galon. Setelah itu di distribusikan ke komsumen atau masyarakat yang ingin membeli air isi ulang secara eceran dengan harga yang sangat terjangkau. Dalam pendistribusian air isi ulang dari agen-agen depot air isi ulang ke konsumen biasanya dilakukan oleh operator pengisian air depot tersebut, dimana depot air isi ulang tersebut masih menggunakan sistem pengoperasian manual yaitu operator masih menggunakan saklar on off untuk menyalakan pompa air saat pengisian galon. Dan tentunya hasil yang didapatkan kurang maksimal karena masih belum menggunakan sistem pengoperasian otomatis.

ISSN 2775-5630

Pada penelitian sebelumnya dengan judul “Rancang Bangun Purwarupa Sistem Kontrol Pengisian Ulang Air Minum Eceran Berbasis Mikrokontroler ATMega328P”. Hasilnya dalam penelitian tersebut masih belum bisa dikendalikan secara otomatis dan belum ada analisa bagaimana kestabilan sistem tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Suatu proses pengendalian satu atau lebih variabel hingga mencapai pada nilai atau batasan tertentu ialah pengertian dari sistem kontrol. Berdasarkan cara kerjanya system control dibedakan menjadi dua yaitu system control manual dan system control otomatis. Jenis system control lainnya jika dikelompokan berdasarkan proses control nyam aka terdiri dari system control loop terbuka dan system control loop tertutup. Adapun berdasarkan tujuan kontrolnya dapat dibedakan menjadi regulator= dans ervo. Sedangkan jenis system control yang terakhir jika dibedakan berdasarkan sumber penggeraknya ada system control hidrolik, system control pneumatic, system control elektrik dan system control mekanik[1] [2].

Sistem kontrol memiliki respons waktu terdiri dari respons "transient" dan "steady state". Transient response adalah respons waktu yang dihitung atau diamati dari awal sampai dengan mau memasuki respons steady state. Respons steady state ialah kondisi dimana setelah selesai transient response sampai waktu yang tak terhingga, dalam praktiknya waktu yang diamati biasanya menggunakan $Ts \leq t \leq 5Ts$. Sistem kontrol dapat dikatakan sudah stabil bilamana nilai yang sebenarnya (output) bergerak dalam batasan nilai atas ataupun batasan nilai bawah dan tidak melebihi batas margin error nilai yang kita masukkan ke dalam sistem tersebut (input). Kemudian sistem kontrol dapat dikatakan tidak stabil bilamana nilai yang sebenarnya (output) tidak bergerak dalam batasan nilai atas ataupun batasan nilai bawah bahkan dapat melebihi batas margin error nilai yang kita masukkan ke dalam sistem tersebut (input) atau nilai yang sudah ditetapkan sebelumnya [3].

Arduino adalah pengendali mikro single-board, diturunkan dari Wiring Platform, yang bertujuan untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Arduino juga merupakan perangkat keras (hardware) terbuka yang ditujukan kepada pengguna yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan hardware dan software yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan syntax dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema hardware arduino dan membangunnya[4] .

METODE

Pemrograman dan Pembuatan Aplikasi

Untuk pemrograman program arduino penulis melakukannya dengan bantuan *software* aduino IDE, dimana fungsi utama *software* tersebut adalah untuk mebuat kodingdan juga membuat perintah lainnya agar rangkaian arduino berjalan dengan baik. Setelah simulasi dianggap berjalan dengan baik, penulis melanjutkannya dengan mengunggah program tersebut ke komponen Arduino Uno dengan catatan memori Arduino Uno masihada ruang kosong, jika memori penyimpanan arduino sudah penuh maka harus dilakukanpenghapusan program yang telah tersimpan di arduino tersebut.

Selanjutnya kita jalankan aplikasi tersebut dengan menghubungkan rangkaian arduino dan rangkaian pompa air, *flow* meter, selang air sesuai gambar. Jika program berjalan dengan baik maka lanjut ke pengujian dan jika program tidak berjalan dengan benar maka harus ada pengecekan ulang pada kode-kode program dan juga sambungan-sambungan kabel rangkaian *whiteboard*.

Pada dasarnya pembuatan aplikasi di *smartphone* sama dengan pembuatan program pada arduino hanya saja ada perbedaan dalam *software* yang digunakan. Jika untuk pemrograman arduino menggunakan *software* arduino IDE maka untuk pemrograman aplikasi di *smartphone* penulis menggunakan software MIT Apss Inventor.

Pengujian Respons dan volume air

Set point adalah nilai atau angka yang menjadi tujuan untuk dijadikan sebagai acuan keluaran nilai pada suatu sistem kontrol tersebut. Untuk *set point* nya penulis memakai debit air yang mengalir melalui sensor *flow* meter[5].

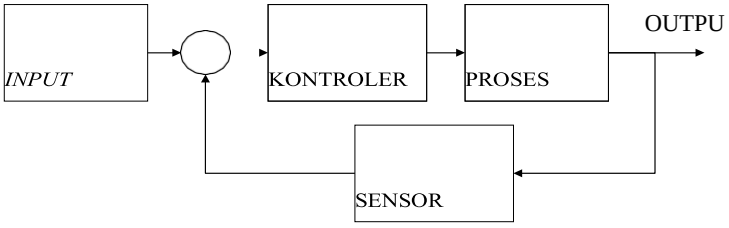
Steady state adalah kondisi respons setelah selesai *transient response* hingga waktu yang tak terbatas. Disini *steady state* yang penulis maksud adalah dimana nilai *set point* nya (debit air) sudah mencapai nilai yang diinginkan dengan batas toleransi sekitar -2% dan +3% dari nilai debit yang penulis inginkan.

Open loop ialah suatu sistem yang nilai atau angka keluarannya (*output*) tidak mempengaruhi hasil atau masukan nilai (*input*) pada sistem kontrol tersebut.



Gambar 1. Blok diagram sistem *Open Loop*

Sedangkan *Close loop* ialah suatu sistem yang nilai atau angka keluarannya mempengaruhi hasil dan referensi yang jadi nilai masukan (*input*) pada sistem tersebut, dan sistem *close loop* ini memiliki umpan balik (*feedback*) terhadap refrensi ang telah ditentukan sebelumnya.



Gambar 2. Blok diagram sistem *Close Loop*

Dalam tahap ini penulis ingin menguji waktu yang dibutuhkan *kontroler* untukmencapai *steady state*. Variasi pengujian respons yang penulis pakai adalah set point nyayaitu dengan variabel input debit 2 L/min, 2.5 L/min dan 3 L/min. Debit air merupakan pengertian dari jumlah banyaknya zat cair yang melewati suatuluas alas tiap satuan waktu[6]. Dari pengertian tersebut. Debit air dapat dipengaruhi oleh jumlah zat cair atau volume (V) dan waktu (t). Jumlah zat cair atau biasa disebut volume biasanya memiliku satuan m3, dm3, cm3, atau liter. Sedangkan untuk waktu memiliki satuan detik (s), menit (min), atau jam (h). Jadi, rumus debit air yang penulis gunakan adalah Liter/menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Aplikasi pada Smartphone

Pada proses pembuatannya sangat sederhana sekali karena penulis menggunakan bantuan aplikasi komputer yang berbasis web yaitu *MIT App Inventor*. Pada aplikasi tersebut terdapat fitur menggeser

dan menjatuhkan (*drag and drop*) untuk pembuatan programnya. Penulis membuat desain tampilan aplikasi pada *smartphone* dengan 3 tampilan. Pertama, layar utama (*Screen1*) yang bisa dilihat pada gambar 5. a dimana tampilan layarutama ini berfungsi untuk memilih alat pengisian air secara otomatis dengan tandon air di atas atau di bawah.

Kedua, tampilan rangkaian open loop (*Screen2*) yang bisa dilihat pada gambar 3. bdimana tampilan ini bertujuan untuk menguji proses open loop pada alat yang penulis buat. Pada tampilan *Screen2* ini kita bisa memilih untuk penyetingan debit air yang diinginkan, disini penulis menyediakan variasi debit air 2L/min, 2.5L/min, dan 3L/min.

Ketiga, tampilan rangkaian close loop (*Screen3*) yang bisa dilihat pada gambar 5. cdimana tampilan ini bertujuan untuk menguji proses close loop pada alat yang penulis buat. Pada tampilan *Screen3* ini kita bisa memilih untuk penyetingan debit air yang diinginkan, dan sekaligus bisa memasukkan jumlah volume air yang diinginkan. Namun batasan saat sekali pengisian air maksimal ±18 Liter, dikarenakan kemampuan penampungan air yang digunakan hanya sebatas galon air mineral berukuran 19 Liter. Disini sama halnya dengan penjelasan sebelumnya, penulis juga menyediakan variasi debit air 2L/min, 2.5L/min, dan 3L/min.



(a) (b) (c)

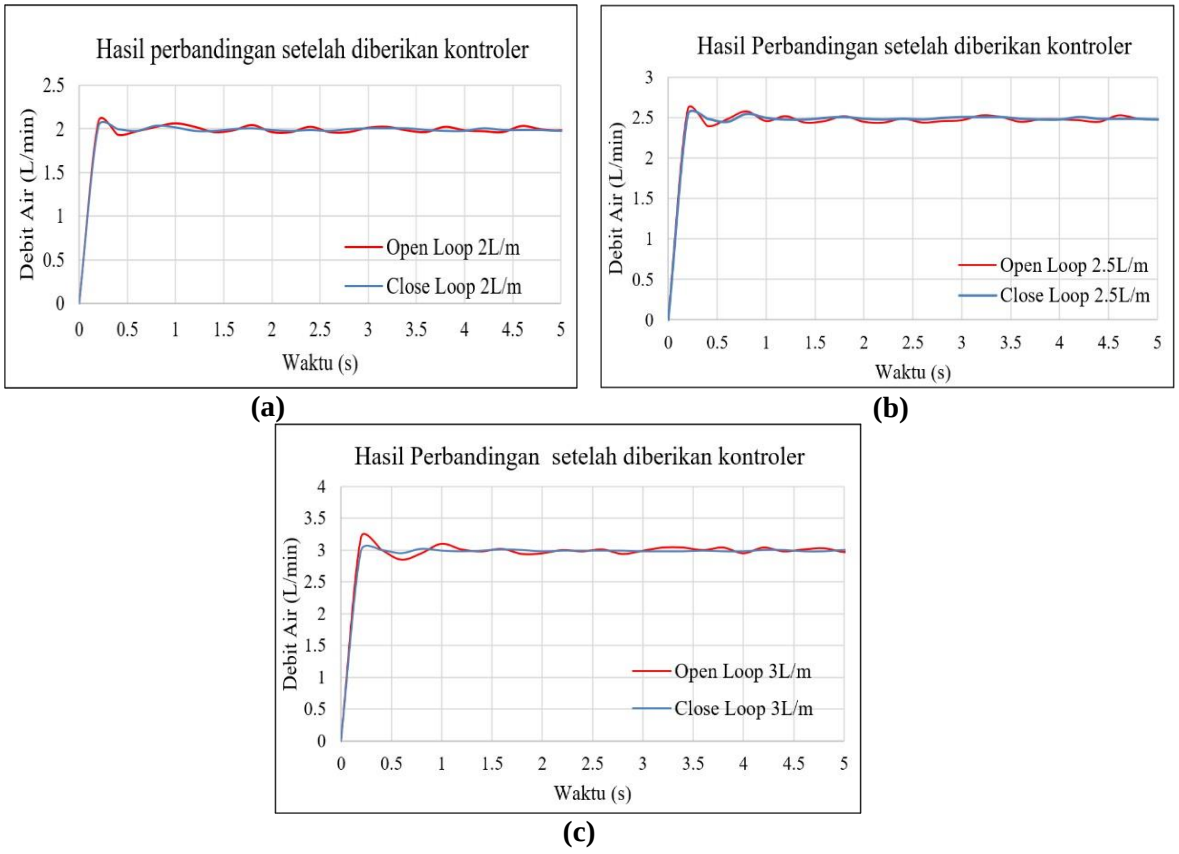
Gambar 3. (a) Tampilan menu layar utama *Screen1,* (b) Tampilan menu layarutama *Screen2*, (c) Tampilan menu layar utama *Screen3*

Perbandingan Rangkaian Open Loop dan Close Loop

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat hasil perbandingan dari rangkaian *open loop* dan *closeloop* pada penelitian kali ini. Dimana garis yang berwarna merah adalah hasil pembacaan sensor *flow* meter terhadap debit air yang melewati sensor tersebut dengan variasi *set point* 2 L/min, 2.5 L/min, 3 L/min pada rangkaian *open loop*. Sedangkan untuk garis yag berwarnna biru adalah hasil pembacaan sensor *flow* meter terhadap debit air dengan variasi *set point* yang sama yaitu 2 L/min, 2.5 L/min, 3 L/min pada rangkaian *close loop*. Untuk grafik hasil perbandingan rangkaian *open loop* dan rangkaian *close loop* bisa kita lihat perbedaan antara *overshoot* dari rangkaian tersebut, dimana *overshoot* untuk rangkaian *open loop* awalnya yang sangat tinggi setelah diberikan kontroler pada rangkaian *close loop* maka hasil dari *overshoot* lebih rendah dibandingkan sebelumnya. Kemudian untuk hasil pembacaan sensor *flow*

meter nilai *margin error* setelah respons *transient* yang didapatkan dari rangkaian *open loop* masih sedikit lebih besar dari *set point* yang diinginkan, namun setelah diberikan kontroler pada rangkaian *close loop* maka hasilpembacaan nilai margin error lebih kecil dari *set point* yang diinginkan.

Dapat kita ambil kesimpulan hasil grafik rangkaian *close loop* lebih stabil dibandingkan dengan hasil grafik rangkaian *open loop*, dikarenakan pada rangkaian *closeloop* penulis memberikan kontroler agar mesin pompa yang dijalankan lebih stabil dan hasil pembacaan sensor *flow* meter juga lebih kecil *error steady state*nya. Pada grafik rangkaian *open loop, error steady state*nya masih sebesar ±3% kemudian setelah diberikan kontroler pada rangkaian *close loop, error steady state* berubah menjadi ±2%.



Gambar 8. a) Grafik hasil perbandingan *Transient Response* dan *Error Steady State*pada operasi Open Loop dan *Close Loop* dengan *set point* 2 L/min, b) Grafik hasil perbandingan *Transient Response* dan *Error Steady State* pada operasi Open Loop dan *Close Loop* dengan *set point* 2 L/min, c) Grafik hasil perbandingan *Transient Response* dan *Error Steady State* pada operasi Open Loop dan *Close Loop* dengan *set point* 2 L/min

KESIMPULAN

1. Rangkaian pengisian air otomatis ini membutuhkan beberapa alat yang mudah dicari di pasaran. Pertama otak dari rangkaian ini adalah arduino uno ATmega328, kedua pompa air DC 12Volt, sensor *flow* meter dengan kapasitas 1-30L/min, dan beberapa alat dan bahan lainnya.
2. Hasil grafik yang telah didapatkan dari data-data percobaan yang diulang, penulis akhirnya mendapatkan hasil karakteristik *transient response* dari sistem kontrol pengisian air otomatis, dimana ada *rise time (TR), overshoot*, dan *settling time (Ts)*. Dimanauntuk waktu *rise time (TR)* dan *overshoot* tidak terlalu jauh beda hasilnya antara rangkaian *open loop* dan *close loop*, namun untuk waktu *settling time (Ts)* terlihat ada perbedaan antara rangkaian *open loop* yang membutuhkan waktu diatas 1 detik sedangkan rangkaian *close loop* hanya membutuhkan waktu kurang dari 1 detik.

ISSN 2775-5630

3. Hasil grafik yang telah didapatkan dari percobaan ini, penulis tahu dimana karakteristik *steady state* dari sistem kontrol pengisian air otomatis tersebut. Dimana *margin error steady state* rangkaian *open loop* sebesar ±3% dan kemudian diberikan kontroler pada rangkaian *close loop* dan hasil *error steady state* berubah menjadi lebih kecil yaitu ±2%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Rantung, "Karakteristik Pengendali On-Off Untuk Aplikasi Pada Sistem Pengendalian Temperatur," *Jurnal Tekno Mesin*, vol. 1, no. 3, 2021.
[2] N. Saidatin, S. Nurmuslimah, and P. Bagus, "A Design Remote Control System to Feed Birds Using ESP8266," International Journal of Recent Technology and Applied Science, vol. 2, no. 2, pp. 81-90, 2020.
[3] B. Liputo, I. Staddal, and A. M. A. Mutsyahidan, "Mengenali Karakteristik Kontrol On-Off Dengan Grafik Logika," Jurnal Technopreneur (JTech), vol. 8, no. 1, pp. 65-68, 2020.
[4] A. Kadir, "From zero to a pro Arduino," Yogyakarta: Andi, 2015.
[5] M. a. Arifiah and M. Munir, "DISPENSER WATER CONSUMPTION BASED MONITORING MIKROKONTRONTROLER ATMEGA328P," E-JPTE (Jurnal Elektronik Pendidikan Teknik Elektronika), vol. 6, no. 1, pp. 64-73, 2017.
[6] L. Malik, S. Arora, U. Shrawankar, M. Ingle, and I. Bhagat, "COMPUTING TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS."