

Perancangan Sistem Pemantauan dan Pengendalian Debit Air Menggunakan Kontrol PID

Shovyana Wulan Tika^{1*}, Syamsyarief Baqaruzi¹, Ali Muhtar¹

¹Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Sumatera

*shovyana.13117007@student.itera.ac.id

ABSTRACT

Water is an important component in life, but there are still many people who still do not care about the use of water in everyday life. Water use in the household is still very difficult to manage in the use of water effectively. To deal with these problems, of course, a control system is needed that can monitor and control the discharge of water that takes place in real time and programmatically in order to improve the effectiveness of water use. This study developed an Internet of Things (IoT) based Home Water Flow Monitoring (HEROIG) system. The hardware used as the microcontroller of this system is NodeMCU. Water flow sensors are used as sensing resulting from water discharge and servo motors as the main actuator controls on this system. The system is designed using PID control to produce water discharge output according to the user's wishes. Testing of pid control system is done using several experiments input parameter values K_p , K_i and K_d . From the test results that produce the best value when $K_p = 1$, $K_i = 1$ and $K_d = 0.5$. From the design results obtained, also conducted tests on each set point value to produce water discharge output according to user input. The results showed there was still an overshoot condition and had an error value of <5%.

Keywords : Water, Discharge, Water Flow, Servo Motor, PID Control

INTISARI

Air merupakan komponen penting dalam kehidupan, namun masih banyak orang yang masih kurang peduli terhadap penggunaan air dalam keseharian. Penggunaan air di dalam rumah tangga selama ini masih sangat sulit untuk dilakukan pengelolaan dalam penggunaan air secara efektif. Untuk menangani masalah tersebut, tentunya diperlukan sistem kendali yang dapat memantau dan mengendalikan keluaran debit air yang berlangsung secara real time dan terprogram demi meningkatkan efektifitas penggunaan air. Penelitian ini mengembangkan sistem Home Water Flow Monitoring (HEROIG) berbasis Internet of Things (IoT). Perangkat keras yang digunakan sebagai mikrokontroler dari sistem ini adalah NodeMCU. Sensor water flow digunakan sebagai sensing hasil debit air dan motor servo sebagai kendali aktuatur utama pada sistem ini. Sistem ini dirancang dengan menggunakan kontrol PID untuk menghasilkan keluaran debit air sesuai dengan keinginan pengguna. Pengujian sistem kontrol PID ini dilakukan dengan menggunakan beberapa percobaan masukan nilai parameter K_p , K_i dan K_d . Dari hasil percobaan yang menghasilkan nilai paling baik ketika $K_p = 1$, $K_i = 1$ dan $K_d = 0,5$. Dari hasil perancangan yang diperoleh, dilakukan juga pengujian terhadap masing-masing nilai set point untuk menghasilkan keluaran debit air sesuai inputan pengguna. Hasil tersebut menunjukkan masih terdapat kondisi overshoot dan memiliki nilai eror <14%.

Kata kunci: Air, Debit, Water Flow, Motor Servo, Kontrol PID

I. PENDAHULUAN

Air mempunyai peranan penting dalam kelangsungan makhluk hidup yang sangat bermanfaat bagi kehidupan di bumi dalam jumlah yang proporsional. Ketersediaan air bersih di muka bumi ini hanya sekitar 2.5% dari total volume air yang ada [1]. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan

Umum dan Penataan Ruang menyebutkan bahwa kebutuhan air rata-rata secara wajar adalah 60L/jiwa/hari untuk segala keperluannya[2] dan diperkirakan kebutuhan akan air bersih dari tahun ke tahun diperkirakan terus meningkat sebanding dengan kebutuhan dan jumlah pengguna yang semakin meningkat.

Saat ini, masih banyak masyarakat yang menggunakan air secara sembarangan di kalangan rumah tangga. Kebanyakan dari mereka menggunakan air tidak sewajarnya bahkan diantaranya sampai lupa mematikan keran sehingga air terbuang secara sia-sia. Selain itu, masyarakat juga kurang memperhatikan keluaran air yang digunakan perharinya sehingga kurang rasa peduli terhadap konsumsi air yang mereka gunakan[3].

Pengendali menggunakan kontrol PID umumnya sudah banyak digunakan pada industri, transportasi, alat bantu dan sebagainya. Alat bantu seperti lift sudah banyak digunakan untuk memindahkan barang. Lift umumnya menggunakan sistem otomasi dengan menggunakan kontrol PID sederhana[4]. Pada bidang industri, juga banyak digunakan pada mesin-mesin industri. Sistem kontrol PID biasanya digunakan untuk mengoptimalkan kondisi sesuai keinginan.

Untuk menangani masalah seperti diatas, tentunya kita membutuhkan sistem kendali yang dapat memantau dan mengendalikan keluaran debit air yang berlangsung secara *real time* dan terprogram demi meningkatkan penggunaan air secara efisien. Sistem tersebut juga diupayakan dapat dikendalikan secara jarak jauh dapat mematikan penggunaan air secara otomatis dan sesuai dengan kebutuhan. Selain itu juga, sistem ini dapat menggunakan kontrol PID untuk mengupayakan keluaran air yang dibutuhkan sesuai keinginan pengguna.

Berdasarkan kebutuhan diatas maka dilakukan penelitian dengan judul “Perancangan Sistem Pemantauan dan Pengendalian Debit Air Menggunakan Kontrol PID”. Harapannya, pengguna dapat lebih menghemat persediaan air dengan mengendalikan keluaran air pada produk tersebut.

II. LANDASAN TEORI

A. NodeMCU ESP8266

Dalam sebuah produk dengan sistem yang terprogram maka dibutuhkan komponen paling utama yaitu mikrokontroler yang berfungsi sebagai otak dari keseluruhan sistem. Mikrokontroler yang akan dipilih

NodeMCU ESP8266 yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. NodeMCU ESP8266 merupakan mikrokontroler yang didalamnya sudah tertanam modul wifi yang memudahkan penggunanya untuk menghubungkan pada jaringan internet. Selain itu ukuran *board* modulnya relatif lebih kecil dibanding dengan arduino sehingga kompatibel digunakan membuat *prototype* proyek. Pada NodeMCU yang digunakan ini dapat diprogram menggunakan bahasa C menggunakan Arduino IDE [7].

B. Motor Servo MG995

Motor servo yang digunakan pada perancangan sistem ini memiliki fungsi sebagai aktuator yang mengendalikan sistem keluaran air berdasarkan inputannya. Motor servo akan diatur berdasarkan derajat sudut yang nantinya akan memiliki debit tertentu saat derajat tersebut. Motor servo dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup, berguna untuk menentukan posisi sudut dari poros output motor yang di inginkan. Motor servo terdiri atas motor direct current (DC), serangkaian gear, rangkaian kontrol, dan sebuah potensiometer. Manfaat dari serangkaian gear pada poros motor DC ialah memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi pada motor servo [8].

Motor servo MG995 ini memiliki torsi tinggi dan fitur roda gigi logam yang menghasilkan 10kg ekstra tinggi menghentikan torsi dalam paket kecil. MG995 pada dasarnya adalah versi yang ditingkatkan dari servo MG995 yang terkenal, dan memiliki fitur anti guncangan yang ditingkatkan serta PCB dan IC yang didesain ulang sistem kontrol yang membuatnya jauh lebih akurat dari pendahulunya[8].

C. Sensor Water Flow YF-S201

Sensor *water flow* ini digunakan sebagai sensor yang dapat menghitung aliran debit air. Sensor yang dipilih berukuran ½ inci menyesuaikan keran rumah pada umumnya. Sensor debit air ini umumnya biasa digunakan sebagai pemantauan penggunaan air secara *real time*. Sensor ini salah satu bagian terpenting dalam proses akuisisi data HEROIG juga akan memerlukan sebagai pemantauan keluaran debit air yang akan keluar pada keran. Sensor debit yang dipilih ini adalah

sensor *water flow* YF-S201 seperti pada Gambar 2.3. Sensor ini bekerja dengan cara menghitung jumlah air yang akan keluar pada keran yang sebelumnya akan dikendalikan oleh motor servo yang akan memutar *ball valve* pada pipa. Air yang melewati katup akan membuat rotor magnet dengan kecepatan tertentu sesuai dengan air yang mengalir, selanjutnya medan magnet pada rotor akan memberikan efek pada sensor dan menghasilkan sinyal pulsa atau yang biasa dikenal dengan PWM (*Pulse Width Modulation*). Keluaran dari sinyal pulsa ini akan diolah oleh mikrokontroler menjadi data digital agar dapat dibaca oleh pengguna[1].

D. Pengendalian PID

Sistem HEROIG difungsikan agar dapat memantau bagaimana kondisi debit air terkini, hal ini berguna untuk memantau keluaran air yang diberikan sesuai kebutuhannya saja. Selain itu, sistem HEROIG ini juga dilengkapi dengan pengendalian debit air dengan menggunakan kontrol PID. Pada pengendalian aktuator sistem HEROIG ini memungkinkan sistem dapat stabil sesuai inputan yang diinginkan.

Sistem yang stabil dapat diperoleh dengan menggunakan beberapa metode pengendalian untuk mencapai *set point* yang diinginkan. Salah satunya dengan menggunakan metode pengendalian PID. Sistem ini akan berjalan otomatis menyesuaikan set point yang diinginkan. Suatu pengendalian otomatis membutuhkan beberapa parameter pengendalian. Di antaranya adalah parameter proporsional (P), parameter Integral (I), dan parameter derivatif (D). Kontrol proporsional berfungsi untuk yang berfungsi memberikan gain atau penguatan, sehingga akan mempercepat keluaran sistem mencapai titik referensi. Sedangkan kontrol integral berfungsi untuk menghilangkan kesalahan keadaan tunak (offset). Dan kontrol derivatif berfungsi untuk memberi redaman sehingga mengurangi lonjakan yang terdapat pada kontrol proporsional dan integral[8]. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter Kp, Ki dan Kd agar respon sistem sesuai dengan setpoint yang diinginkan[10].

Kontrol proportional akan mengalikan nilai proporsional dengan error yang dihasilkan, sehingga

semakin besar nilai proportional maka *rise time* semakin cepat, namun nilai proportional yang terlalu tinggi dapat membuat sistem menjadi tidak stabil. Kontrol integral berfungsi untuk mempercepat *setting time*. Keluaran dari kontrol integral yaitu penjumlahan yang terus menerus dari error yang dihasilkan. Saat nilai error telah mencapai nilai 0 maka keluaran akan menjaga keadaan tersebut [11]. Keluaran sinyal PID dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$u(t) = Kp \cdot e(t) + Ki \cdot \int e(t)dt + Kd \cdot \frac{de(t)}{dt} \quad (2.1)$$

u(t) = Sinyal Keluaran
Kp = Konstanta proporsional
Ki = Konstanta integral
Kd = Konstanta derivative
e(t) = error
dt/ts = waktu sampling

Selisih atau deviasi antara variabel proses (PV) dengan nilai acuan atau *set point* (SP) disebut dengan error sehingga dapat dirumuskan pada Persamaan 2.2 [12]. Nilai error dari pembacaan sensor suhu akan dijadikan perhitungan dari kendali PID.

$$error = SP - VP \quad (2.2)$$

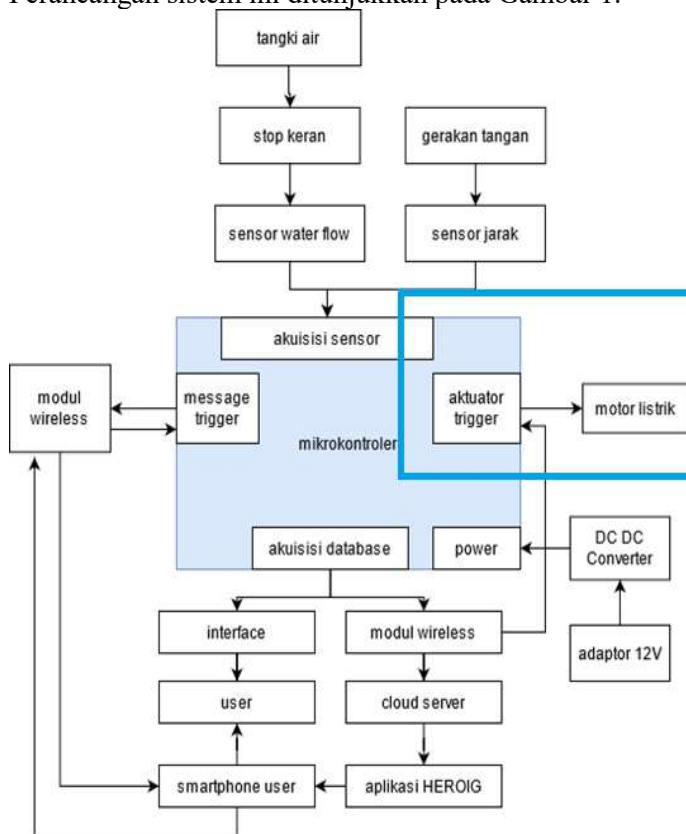
Berikut ini penjelasan dari beberapa komponen kriteria performansi yang nantinya digunakan[13].

1. *Error steady state* ialah nilai selisih antara nilai set point dengan nilai aktual plant pada kondisi steady state.
2. *Rise time* ialah waktu untuk respon naik dari 0% sampai 100% (untuk sistem underdamped).
3. *Maximum overshoot* adalah puncak lewatan maksimum respon transient, biasanya dinyatakan dalam bentuk prosentase selisih nilai set point dengan nilai aktual puncak terhadap nilai set point itu sendiri. Besarnya prosentase ini menunjukkan kestabilan relatif sistem.
4. *Settling time* ialah waktu untuk respon mencapai suatu nilai dan menetap pada fraksi harga akhir sebesar 2% atau 5% (pita kestabilan).

III. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem HEROIG

Perancangan sistem ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem Hardware HEROIG

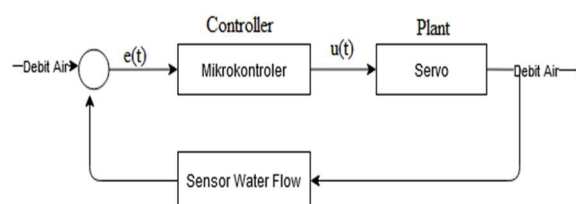
Blok diagram pada Gambar 2 digunakan untuk membangun sistem *Home Water Flow Monitoring*. Sistem menggunakan papan PCB layout yang telah terintegrasi dan kompatibel dengan mikrokontroler berupa NodeMCU sekaligus terdapat modul wifi untuk menunjang sistem perangkat *software*. Tampilan pada *hardware* menggunakan LCD 16X2 menggunakan modul I2C. Sensor yang digunakan terdapat dua buah sensor yaitu sensor *water flow* untuk membaca aliran debit air yang mengalir, sensor jarak yang digunakan untuk menangkap respon gerakan dari *user* untuk menghidupkan aktuator ketika sistem dalam kondisi *offline*. Indikator menggunakan lampu LED indikator untuk informasi sistem terhubung dengan *power* dan sistem aktuator dalam kondisi hidup atau mati.

B. Pengujian Sensor Water Flow

Pengujian ini dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk melakukan proses pengecekan alat ukur agar mendapatkan akurasi dengan membandingkan standar alat ukur. Pada pengujian aliran debit air ini dilakukan kalibrasi dengan membandingkan hasil dari pengujian terhadap gelas ukur 2L.

C. Perancangan Sistem PID

Konsep blok diagram yang ada pada sistem ini diberikan pada Gambar 2



2

Gambar 2. Blok Diagram Sistem Kendali PID HEROIG

Pada Gambar diatas, dapat dilihat bahwa sistem kendali PID dibutuhkan pada sistem *close loop* dimana kestabilan air dibutuhkan sampai pada titik (*set point*) tertentu. Pengendali menggunakan mikrokontroler dan motor servo berlaku sebagai *plant* pada sistem kendali HEROIG, pada alat ini diharapkan dapat mengeluarkan keluar debit air sesuai input yang diinginkan oleh karena itu diperlukan sensor *water flow* yang berlaku sebagai penghitung aliran debit air. Dalam aplikasi produk HEROIG menggunakan pengendali PID sebagai pengendali keluaran air keran sesuai dengan inputan

D. Perancangan Pengujian

Pengujian kinerja sistem ini terfokus pada sistem kontrol PID yang ada pada HEROIG. Selain itu juga, pengujian yang dilakukan bagian akuisisi data sensor *water flow*.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor Water Flow

Dari pengujian tersebut diperoleh hasil terbaik yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Water Flow

Pengujian Ke-	Pengukuran	Pembacaan Sensor	Selisih	Galat (%)
1	19,60	18,69	0,91	4,64
2	18,67	19,49	0,81	4,39
3	18,34	16,91	1,43	7,80
4	18,21	19,05	0,83	4,61
5	18,24	18,96	0,71	3,95
6	17,91	17,71	0,20	1,12
7	17,66	18,42	0,75	4,30
8	17,71	18,33	0,61	3,50
9	17,62	19,14	1,51	8,63
10	18,46	18,25	0,21	1,14
rata-rata	18,24	18,49	0,80	4,40

Rumus Galat =

$$\left| \frac{\text{Hasil Pengukuran} - \text{Hasil Sensor}}{\text{Hasil Pengukuran}} \right| \times 100\% \quad (4.1)$$

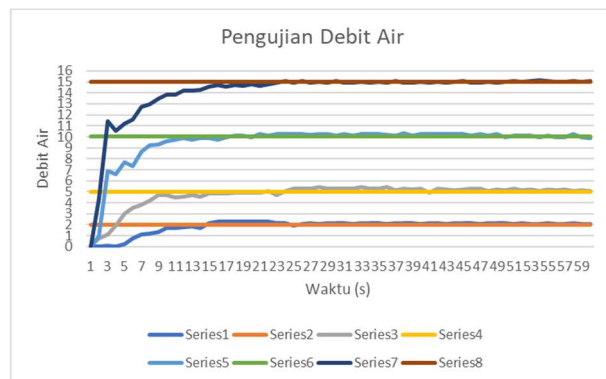
$$\text{Rata - rata} = \sum \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (4.2)$$

Dari hasil pengujian sensor *water flow* menunjukkan bahwa galat yang didapatkan sebesar 4,40 %, yang artinya masih dalam batas toleransi karena dalam pengukuran sensor *water flow* tidak selamanya akurat mengingat dari prinsip kerja dari karakteristik sensor itu sendiri. Galat merupakan sebuah nilai kesalahan yang didapatkan dari selisih hasil pengukuran dengan hasil pembacaan sensor itu sendiri. Galat didapatkan dengan menggunakan Persamaan 4.1 dan hasilnya dijabarkan pada Tabel 1. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi kesalahan dalam pengujian ini yaitu bisa saja disebabkan oleh pergerakan rotor yang ada pada sensor melakukan pembacaan akibat kondisi udara didalam pipa itu sendiri.

B. Pengujian Sistem Kontrol PID

1. Pengujian Sistem Kendali PID dalam Mencapai Kondisi Setpoint

Pengujian sistem ini dilakukan menggunakan *setpoint* sebesar 2L, 5L, 10L dan 15L dengan masing-masing selama 60 menit. Hasil dari respon sistem kendali PID dari setiap nilai *setpoint* dibandingkan disetiap pengujian. Tabel 2 menunjukkan adanya hasil respon sistem yang diberikan pada masing-masing *setpoint*.



Gambar 3. Hasil Pengujian Kontrol PID

Dari data pengujian kontrol PID dalam mencapai setpoint dapat dilihat pada Gambar 3. yang menunjukkan adanya nilai *error* yang ada pada sistem. Nilai *error* ini bisa dicari menggunakan Persamaan 2.2. Dengan melihat respon grafik yang diberikan pada pengujian saat setpoint 2L didapatkan nilai overshoot *error* <14%. pengujian saat setpoint 5L didapatkan nilai overshoot *error* <8,2%. pengujian saat setpoint 10L didapatkan nilai overshoot *error* <3,4%. pengujian saat setpoint 15L didapatkan nilai overshoot *error* <1%. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai setpoint yang diberikan maka nilai *error* yang didapatkan semakin kecil.

2. Pengujian Sistem Kendali terhadap Perubahan Nilai Kp, Ki dan Kd

Pengujian ini dilakukan dengan memberi perubahan pada nilai parameter Kp, Ki dan Kd untuk mengetahui perbedaan respon sistem yang terjadi. Dengan mengambil salah satu sampel *setpoint* dengan 2L/menit diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Perubahan Konstanta PID

Parameter PID	Rising Time(s)	Error sistem	Error overshoot	Overshoot(%)	
Kp	0,5	17	0,19	0,17	8,5
	1	14	0,15	0,29	14,5
	1,5	13	0,1	0,77	38,5
Ki	0,5	31	0,46	0,05	2,5
	1	14	0,15	0,29	14,5
	1,5	12	0,13	0,65	32,5
Kd	0,5	14	0,18	0,29	14,5
	1	14	0,15	0,29	14,5
	1,5	14	0,22	0,53	26,5

Dari data pengujian kontrol PID terhadap pengaruh nilai Kp, Ki dan Kd dapat dilihat pada Tabel 4.2 yang menunjukkan adanya perubahan *rise time*, *steady state error*, dan *overshoot* pada sistem. Pada perubahan nilai parameter Kp menunjukkan bahwa semakin besar nilai Kp yang diberikan maka semakin cepat rise time atau waktu untuk mencapai setpoint. Akan tetapi, semakin besar konstanta proporsional yang diberikan maka tingkat *overshoot* juga semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang diberikan sudah sesuai dengan teori yang sudah dijelaskan pada Bab II. Pada perubahan nilai parameter Ki menunjukkan bahwa semakin besar nilai konstanta integral maka akan semakin cepat *rise time* dan kondisi *overshoot* juga semakin tinggi. Pada Tabel 4.2 juga menunjukkan bahwa kondisi ketika $K_i < 1$ respon untuk mencapai *setpoint* ini membutuhkan waktu yang lama yaitu sekitar 31 detik. Sehingga disarankan untuk memberikan nilai parameter Ki pada sistem ini yaitu kurang lebih sama dengan 1. Pada perubahan nilai parameter Kd menunjukkan bahwa semakin besar nilai konstanta derivatif yang diberikan maka tidak terlalu berpengaruh terhadap perubahan *rise time* dan juga tidak terlalu berpengaruh terhadap *overshoot* pada sistem ini. Akan tetapi, saat diberikan $K_d > 1$ maka ada tingkat *overshoot* akan semakin tinggi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian terkait sistem ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sistem pemantauan dan pengendalian debit air telah berhasil dikembangkan pada sistem *Home Water Flow Monitoring*. Hasil pengujian kontrol PID didapatkan hasil *maximum overshoot* dengan eror <14%.

2. Pengendalian debit air dapat dikendalikan menggunakan kontrol PID dan didapatkan nilai parameter terbaik pada $K_p = 1$, $K_i = 1$, dan $K_d = 0,5$.

REFERENSI

- [1] Romadhan, M. R., Jefiza, A., Arifin, M., & Suciningtyas, I. K. L. N. (2020). Keran Air Plug-in Otomatis. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 4(2), 30-33.
- [2] Sasongko, E. B., Widyastuti, E., & Priyono, R. E. (2014). Kajian kualitas air dan penggunaan sumur gali oleh masyarakat di sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(2), 72-82.
- [3] Hidayatullah, M. (2016). Sistem Kendali Keran Wudhu Otomatis Menggunakan Sensor Passive Infra Red (Pir) Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Untuk Menghemat Penggunaan Air. *Jurnal Tambora*, 1(2), 40-47
- [4] Nizar, L. F. (2015). Sistem Pengendali Kecepatan Motor DC Pada Lift Barang Menggunakan Kontroler PID Berbasis Atmega 2560. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 2(7)
- [5] SAMBUDI, E. A. (2014). *PURWARUPA PEMANTAUAN DEBIT AIR PDAM MENGGUNAKAN SENSOR ALIRAN AIR G1/2 BERBASIS ARDUINO UNO* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada)
- [6] Khuzzai, R. (2018). *PROTOTIPE SISTEM KENDALI KERAN ELEKTRIK PADA METERAN AIR PDAM BERBASIS APLIKASI ANDROID*
- [7] M. Fajar Wicaksono, "Implementasi Modul Wifi Nodemcu Esp8266 Untuk Smart Home," *J. Tek. Komput. Unikom-Komputika*, vol. 6, no. 1, pp. 9–14, 2017.
- [8] Z. Jamal, J. Informatika, Z. Jamal, and F. I. Komputer, "Implementasi Kendali PID Penalaan Ziegler-Nichols," vol. 15, no. 1, pp. 81–88, 2015.
- [9] Towe Pro, "Data Sheet MG995 High Torque Metal Gear Dual Ball Bearing Servo," *Electonic Caldas*, 201

- [10] Arindya, R. (2016, April). Penalaan kendali PID untuk pengendali proses. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL CENDEKIAWAN*
- [11] Ogata, Katsuhiko. 1997. "Teknik Kontrol Automatik". Terjemahaan Edi Laksono. Jakarta : Erlangga
- [12] Iwan Setiawan, *Kontrol PID untuk Proses Industri*. Surabaya, Jawa Timur, Indonesia: PT. Elex Media Komputindo, 2008.
- [13] Wicaksono, H. (2004). Analisa Performansi dan Robustness Beberapa Metode Tuning Kontroler PID pada Motor DC. *Jurnal Teknik Elektro*, 4(2).
- [14] Trisianto, C. (2018, July). Penggunaan metode waterfall untuk pengembangan sistem monitoring dan evaluasi pembangunan pedesaan. In *ESIT* (Vol. 12, No. 1, pp. 8-22).