

PERANCANGAN SISTEM KENDALI PID PADA POMPA AIR

Wiranto Achmad¹, Sapto Nisworo², Hery Teguh Setiawan³
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tidar
wiranto.achmad@students.untidar.ac.id¹, saptonisworo@untidar.ac.id²,
heryteguhsetiawan@untidar.ac.id³

ABSTRAK

Kemajuan teknologi mendorong elemen masyarakat untuk membuat teknologi tepat guna. Sistem kendali merupakan teknologi yang dapat dimanfaatkan pada berbagai sektor, salah satunya dapat diimplementasikan dalam sistem penjernihan air. Sistem kendali otomatis digunakan pada pompa air di tempat penampungan sehingga mempermudah proses distribusi air untuk dikonsumsi. Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan kendali PID untuk menghasilkan respon sistem yang baik pada pengendalian pompa. Pada penelitian ini membuat rancang bangun sistem watercontrol level menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi ketinggian air di dalam real plant tangki air. Hasil pengujian menunjukkan sensor ultrasonik memiliki error pengukuran sebesar 2,104% dengan karakteristik yaitu semakin besar jarak objek pengukuran, maka error pengukuran akan semakin kecil. Sensor PH yang digunakan untuk mengukur nilai PH memiliki error sebesar 2,94%. Penentuan parameter Kp, Ti, dan Td menggunakan metode Ziegler-Nichols 1. Berdasarkan hasil pengujian respon sistem dengan parameter Kp=9.87, Ti=36, dan Td=0.84 didapat nilai respon sistem yaitu delay time=7,55s, rise time=13,59s, peak time=14,09s, settling time=26,89s, overshoot=0%, dan error steady state=0,45%. Pada penelitian ini telah dibuktikan bahwa menggunakan kontrol PID menghasilkan sistem yang lebih baik.

Kata kunci : PH, PID, Ultrasonic, Waterlevel, Ziegler-Nichols 1

ABSTRACT

Technological advances encourage elements of society to make appropriate technology. Control systems are technologies that can be utilized in various sectors, one of which can be implemented in water purification systems. Automatic control systems are used on water pumps in shelters to facilitate the process of distributing water for consumption. The purpose of this research is to implement PID control to produce a good system response to pump control. In this study, the design of a water level control system using the HC-SR04 ultrasonic sensor as a water level detector in a real water tank plant. The test results show that the ultrasonic sensor has a measurement error of 2.104% with the characteristic that the greater the distance of the measurement object, the smaller the measurement error will be. The PH sensor used to measure the PH value has an error of 2.94%. Based on the results of system response testing with parameters Kp=9.87, Ti=36, and Td=0.84, the system response values are delay time=7.55s, rise time=13.59s, peak time=14.09s, settling time=26.89s, overshoot=0%, and steady state error = 0.45%. In this study it has been proven that using PID control results in a better system.

Keyword: PH, PID, Ultrasonic, Waterlevel, Ziegler-Nichols 1

PENDAHULUAN

Air mempunyai peran penting dalam kelangsungan kehidupan makhluk hidup di bumi. Air sangat bermanfaat bagi kehidupan

di bumi dalam jumlah yang proporsional. Manusia memanfaatkan air untuk berbagai kebutuhan, pada rumah tangga misalnya untuk dikonsumsi, mandi, mencuci dan sebagainya. Selain itu, air juga digunakan

pada industri untuk pembangkit listrik tenaga air, transportasi, irigasi dan lain-lain [9].

Masyarakat di Indonesia masih dihadapkan pada permasalahan kebutuhan air bersih. Salah satu penyebab yang dihadapi yakni masih rendahnya tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat. Ketersediaan air bersih untuk masyarakat mempunyai peranan yang sangat penting dalam meningkatkan kesehatan lingkungan atau masyarakat, dan berperan dalam meningkatkan standar atau kualitas hidup masyarakat. Konsumsi air bersih diperlukan bagi tubuh agar menjaga sel-sel tetap bekerja. Kekurangan konsumsi air menyebabkan tubuh dehidrasi. Kebutuhan konsumsi air pada orang dewasa adalah 2 liter per hari. Kurangnya konsumsi air menyebabkan gangguan fungsi tubuh dan tidak berkerja dengan semestinya [17]

Permasalahan kebutuhan air bersih sering terjadi pada daerah-daerah terpencil. Meskipun Indonesia terkenal dengan banyaknya sungai dan sumur - sumur yang bisa digunakan untuk keperluan sehari-hari ternyata sudah tercemar atau tidak bisa untuk digunakan lagi. Bersamaan dengan tingkat kepadatan penduduk yang semakin meningkat dan polusi yang terjadi di udara, tanah, maupun air itu sendiri, menjadikan kualitas air pada alam menjadi kurang baik. Berdasarkan data dari BPDB Kabupaten Purworejo pada Desa Polowangi, Kecamatan Pituruh, Kabupaten Purworejo masyarakat kekurangan pasokan air bersih terutama saat musim kemarau. Pemerintah Kabupaten Purworejo perlu memasok air bersih di penampungan air desa untuk memenuhi kebutuhan air di desa tersebut. Namun ketersediaan air bersih tidak dapat terus tercukupi karena proses distribusi air membutuhkan waktu dan tenaga. Sehingga masyarakat harus lebih teliti dan tanggap dengan kualitas air yang dikonsumsi sehari – hari [2].

Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan air dikatakan tidak layak konsumsi. Diantaranya kondisi air memiliki tingkat kandungan besi yang tinggi serta

terkontaminasi material lumpur dan sebagainya yang mereduksi kualitas air. Selain itu tingkat keasaman (pH) pada air juga perlu diperhatikan. Tingkat pH merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas air. Tingkat pH yang terlalu rendah lebih mudah tercemar polutan yang berbahaya bagi kesehatan tubuh serta dapat menyebabkan korosi pada saluran air yang menyebabkan air terkontaminasi karat. Sedangkan tingkat pH yang terlalu tinggi juga beresiko buruk bagi kesehatan tubuh yaitu dapat menyebabkan gejala alkalosis [6].

Penjernihan air perlu dilakukan agar air aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Penjernihan air ini biasanya dapat dilakukan secara konvensional, yaitu dengan memindahkan air ke dalam bak penampungan air dan mengalirkan air tersebut ke tempat penyaringan atau penjernihan. Namun cara ini membutuhkan waktu karena prosesnya yang rumit dan membutuhkan konsep gaya gravitasi agar air dapat mengalir ke dalam penampungan tanpa memindahkannya secara manual. Oleh karena itu diperlukan sistem kendali otomatis pompa air agar membantu penyaluran ke tempat penampungan air [5].

Kemajuan teknologi dalam kehidupan ini mendorong elemen masyarakat untuk membuat teknologi tepat guna yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai aspek kehidupan. Sistem kendali merupakan salah satu kemajuan teknologi yang dapat diimplementasikan pada berbagai sektor. Oleh karena itu, teknologi kendali dapat diterapkan dalam sistem penjernihan air ini. Sistem kendali otomatis dapat diterapkan pada pompa air ke tempat penampungan sehingga mempermudah proses distribusi untuk dikonsumsi. Sistem ini diharapkan mampu membantu permasalahan ketersediaan air layak konsumsi di masyarakat [12].

Berdasarkan hasil kajian diatas sistem kendali otomatis berbasis mikrokontroler arduino dapat diterapkan pada pompa air untuk mempermudah mengendalikan level

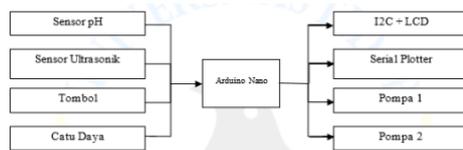
ketinggian air pada penampungan air layak konsumsi. Sedangkan untuk indikator air layak konsumsi menggunakan sensor pH. Sensor pH dapat diterapkan untuk mengetahui kualitas pH air yang dialirkan pada tempat penampungan. Sistem ini dapat diterapkan pada daerah kekurangan air bersih. Sehingga dapat bermanfaat bagi masyarakat dalam memenuhi kebutuhan air yang layak konsumsi.

METODE

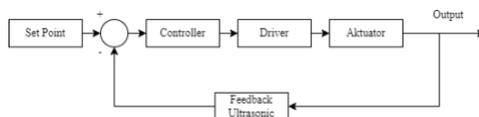
Penelitian ini berfokus pada penerapan kendali PID pada pengendalian pompa air layak konsumsi.

Diagram Blok Sistem

Diagram blok dari perancangan sistem yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem



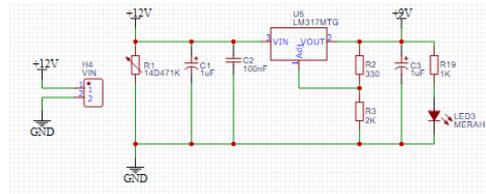
Gambar 2. Diagram Blok Kendali PID

Rancangan komponen yang dibuat dari kendali PID adalah:

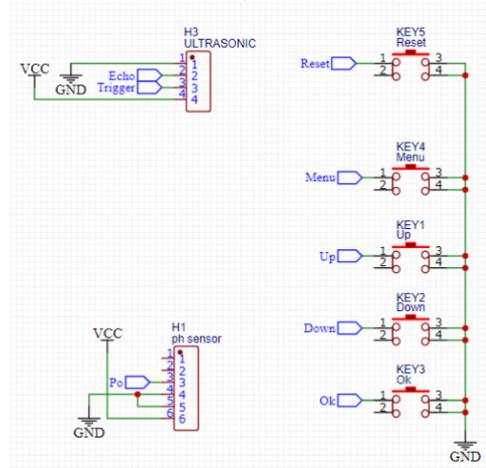
- 1) Setpoint = Inputan tombol
- 2) Controller = Arduino Nano
- 3) Driver = Mosfet
- 4) Aktuator = Pompa DC dan Solenoid Valve
- 5) Feedback Sensor = Sensor ultrasonik

Rangkaian Sistem

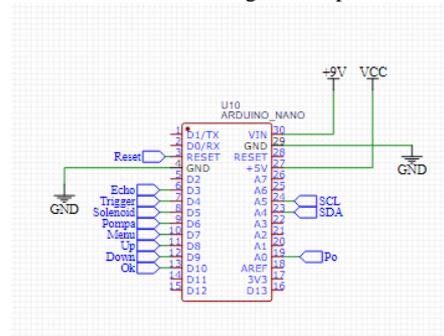
Rangkaian sistem dari perancangan yang dibuat menggunakan platform easyEDA ditunjukkan pada Gambar berikut.



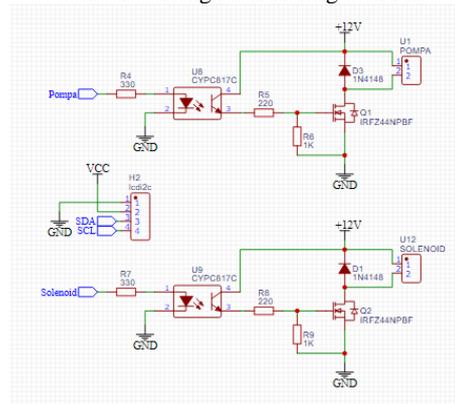
Gambar 3. Rangkaian Catu Daya



Gambar 4. Rangkaian Input



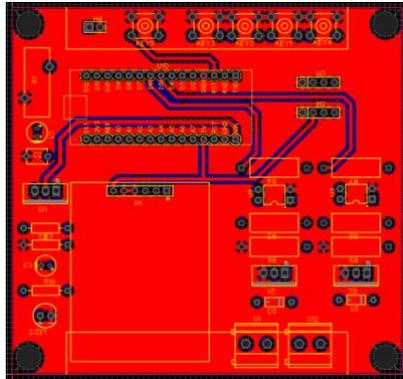
Gambar 5. Rangkaian Konfigurasi Pin



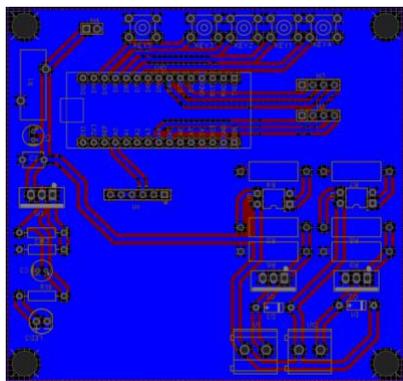
Gambar 6. Rangkaian LCD I2C

Layout Rangkaian Sistem

Layout rangkaian sistem didesain menggunakan platform easyEDA ditunjukkan pada Gambar Gambar berikut.



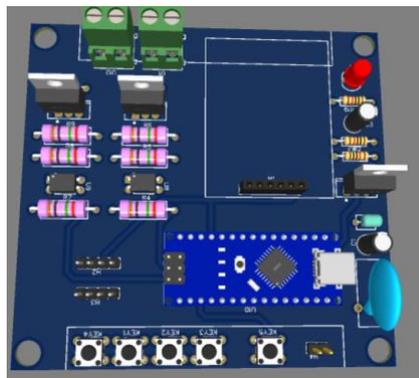
Gambar 7. Layout Rangkaian Top Layer



Gambar 8. Layout Rangkaian Bottom Layer

Desain Sistem Kontrol

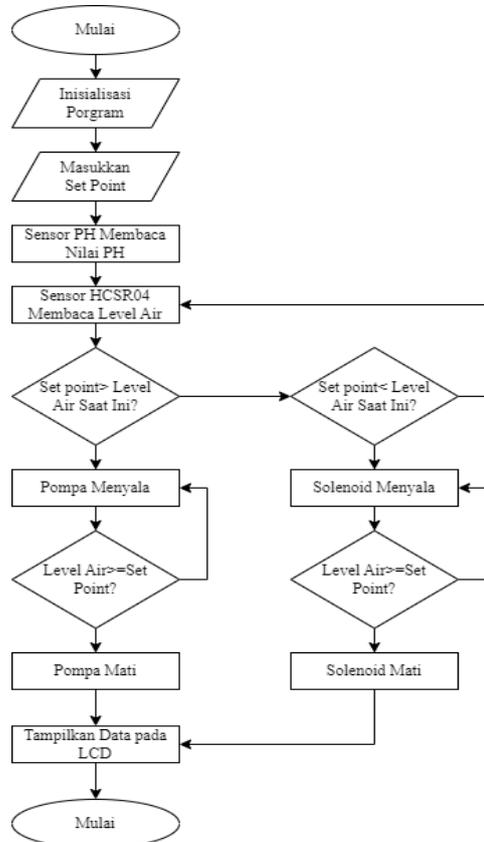
Desain 3D rangkaian sistem didesain menggunakan platform easyEDA ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 9. Rancangan 3D Sistem Kontrol

Diagram Alir Kerja Sistem

Diagram alir kerja sistem ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Alir Kerja Sistem

Pada sistem yang dibuat, saat pertama kali sistem dijalankan, maka sistem akan melakukan inisialisasi program mulai dari inisialisasi variabel, pin, dan konfigurasi pin. Kemudian user memasukkan nilai set point yang ingin dicapai. Setelah set point ditentukan, sensor ultrasonik akan membaca level air sekarang. Kemudian hasil pembacaan level air saat ini akan dibandingkan dengan nilai set point. Jika nilai set point lebih besar dari level air saat ini maka menandakan perlu penambahan air sehingga pompa akan menyala untuk mengalirkan air dari bak penampungan awal ke bak penampungan akhir. Sebaliknya, jika set point kurang dari level air saat ini, maka menandakan perlu adanya pengurangan air sehingga solenoid akan menyala untuk mengalirkan air dari bak penampungan akhir

ke bak penampungan awal. Hasil respon sistem akan ditampilkan ke dalam serial plotter arduino dalam bentuk grafik. Sedangkan nilai pembacaan akan ditampilkan dalam LCD.

Langkah Pembuatan Sistem

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pembuatan sistem kontrol adalah sebagai berikut:

- 1) Disiapkan seluruh alat dan bahan.
- 2) Dibuat rangkaian sistem.
- 3) Dibuat layout dari rangkain sistem untuk dicetak
- 4) Dicitak layout yang telah dibuat pada PCB
- 5) Dilakukan pengeboran, peletakan komponen, dan proses penyolderan pada layout yang dibuat.
- 6) Dilakukan pengujian dan analisis hasil dari pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahap yang telah selesai dilakukan, mulai dari tahap studi literatur, perancangan, realisasi perangkat hingga pengujian dilapangan. Hasil tersebut diuraikan sebagai berikut.

Realisasi perangkat

Terdapat 4 bagian utama dari perangkat prototype yang dibuat yaitu interface LCD yang berfungsi untuk menampilkan data yang diperoleh sistem. Kemudian sistem kontrol yang berfungsi untuk mengolah inputan menjadi sebuah output. Bak penampungan awal berfungsi untuk menampung air awal. Sedangkan bak penampungan akhir berfungsi untuk menampung air yang dialirkan dari bak penampungan awal.



Gambar 11. Parent Node Sistem Akuisisi data

Pengujian Sensor PH

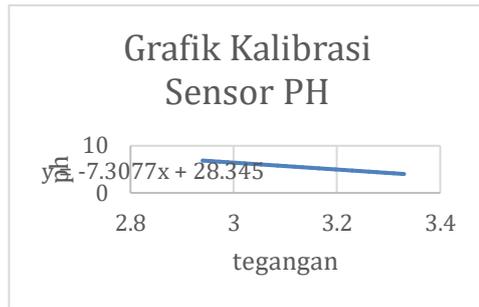
Untuk mendapatkan hasil yang akurat dalam proses pembacaan nilai pH air, maka sensor pH air perlu dikalibrasi terlebih dahulu dengan buffer pH air. Proses kalibrasi sensor pH air dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- 1) Disiapkan buffer pH air dengan nilai 4.01 dan 6.86.
- 2) Disiapkan air sebanyak 250ml air dibagi menjadi 2 wadah.
- 3) Dilarutkan buffer pH air ke dalam air yang sudah disiapkan.
- 4) Ukur nilai tegangan dari masing-masing larutan menggunakan sensor pH air dan pengolah data berupa Arduino Uno

Tabel 1. Hasil Pembacaan Nilai pH dan Tegangan

Nilai pH	Tegangan
4,01	3,33
6,86	2,94

Didapat grafik hubungan nilai ph air dengan tegangan seperti pada Gambar berikut.



Gambar 12. Grafik Hubungan Nilai PH dengan Nilai Tegangan

- 5) Berdasarkan data yang diperoleh maka dapat dicari persamaan matematisnya menggunakan persamaan linier sebagai berikut.

$$m = \frac{Yb - Ya}{Xb - Xa} = \frac{4,01 - 6,86}{3,33 - 2,94} = \frac{-2,85}{0,39} = -7,307$$

$$\begin{aligned} Y - YB &= m(X - Xb) \\ Y - 4,01 &= -7,307(X - 3,33) \\ Y - 4,01 &= -7,307X + 24,332 \\ Y &= -7,307X + 24,332 + 4,01 \\ Y &= -7,307X + 28,342 \end{aligned}$$

Dimana: X= Tegangan (V)
Y= Nilai pH

- 6) Setelah proses kalibrasi selesai dilakukan, selanjutnya untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor ph maka dilakukan pengukuran pada buffer ph yang berbeda. Buffer yang digunakan adalah buffer dengan nilai 9,18. Hasil yang didapat ditunjukkan pada Gambar berikut.

- 7) Berdasarkan hasil pengukuran maka diperoleh nilai error sebagai berikut:

$$Error(\%) = \frac{9,18 - 8,91}{9,18} \times 100\% = 2,94\%$$

- 8) Sensor sudah siap digunakan.

Pengujian Sensor Ultrasonic

Sensor ultrasonik HC-SR04 berfungsi untuk mendeteksi level ketinggian air. Pengujian dilakukan dengan cara menempatkan sensor pada bak penampungan dimana sensor dihadapkan ke dalam bak untuk mendeteksi tinggi permukaan air. Pengujian sensor ultrasonic dilakukan dengan menguji

sebanyak 10 literasi untuk pengukuran masing-masing sensor pada jarak 2cm, 4cm, 6cm, 8cm, 10cm. Hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan alat ukur panjang sehingga dapat diketahui seberapa besar error yang didapat dari hasil pembacaan sensor ultrasonic. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut.

- 1) Disiapkan seluruh alat dan bahan
- 2) Ditempatkan sensor pada bagian atas wadah atau bak penampungan
- 3) Diukur jarak sensor ke dasar permukaan wadah kemudian di catat hasil pengukurannya
- 4) Setelah diketahui pengukuran jarak permukaan wadah dengan sensor, maka dapat dilakukan pengukuran untuk level ketinggian permukaan air dengan rumus berikut:
Ketinggian Air = Permukaan – Hasil Jarak
- 5) Dicatat hasil pengukuran level air



Gambar 13. Hasil Pengukuran Level Air

Tabel 2. Hasil Pengukuran Level Air

No	Hasil Alat Ukur (cm)	Hasil Sistem (cm)	Error (%)
1	2	2.07	3.38
2	4	4,08	1.96
3	6	6,11	1.80
4	8	8,14	1.71
5	10	10.17	1.67
Rata-Rata			2.104

- a) Pengukuran 2 cm

$$Error(\%) = \frac{2,07 - 2}{2,07} \times 100\% = 3,38\%$$

- b) Pengukuran 4 cm

$$Error(\%) = \frac{4,08 - 4}{4,08} \times 100\% = 1,96\%$$

c) Pengukuran 6 cm

$$Error(\%) = \frac{6,11-6}{6,11} \times 100\% = 1,80\%$$

d) Pengukuran 8 cm

$$Error(\%) = \frac{8,14-8}{8,14} \times 100\% = 1,71\%$$

e) Pengukuran 10 cm

$$Error(\%) = \frac{10,17-10}{10,17} \times 100\% = 1,67\%$$

Berdasarkan hasil pembacaan dari 5 iterasi pembacaan sensor didapat rata-rata error sebesar 2.104. Berdasarkan hasil yang didapat dapat dikatakan bahwa sensor telah layak digunakan. Adapun error yang diperoleh disebabkan oleh beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja sensor antara lain usia sensor, kualitas sensor yang tidak original, tegangan yang fluktuatif sehingga mempengaruhi pembacaan, dan lain sebagainya. Karakteristik eror dari sensor ultrasonik ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 14. Hasil Karakteristik Sensor Ultrasonic

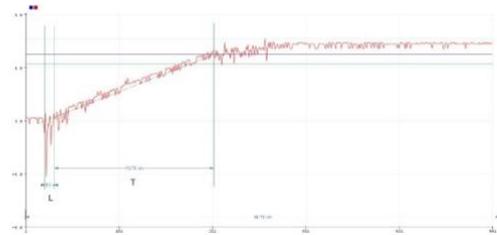
Berdasarkan grafik yang diperoleh terlihat bahwa semakin besar nilai jarak objek, maka tingkat eror pengukuran sensor ultrasonik akan semakin kecil

Penentuan Parameter PID

Pada penelitian ini digunakan metode Ziegler-Nichols I untuk memperbaiki respon sistem pada perangkat yang dirancang. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu:

Mengetahui respon plan

Untuk mendesain parameter kendalinya harus memerlukan respon dari plan terlebih dahulu. Dengan memprogram Arduino, bisa didapatkan respon dari plan tersebut. Respon plan dalam pengujian ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 15. Respon Plan Sistem Sebelum Kendali PID

Perhitungan Nilai L dan T

Perhitungan L dan T dapat menambahkan bantuan garis bantu untuk mencari nilai parameter ZN-1 yaitu L dan T, dari Gambar 4.7 di atas di dapatkanlah nilai $L=0.93$ dan $T=15.72$ (Diukur dengan bantuan rules yang ada pada corel draw X7). Karena waktu Arduino itu berbeda dengan waktu real maka harus di konversi terlebih dahulunya dengan cara:

Waktu Stopwatch = 113,5s untuk panjang respon = 46,72cm)

Jadi konversi waktunya adalah:

$$\frac{113,5}{46,72} = 2,43$$

Dan untuk nilai parameter T dan L dengan konversi waktu menjadi:

$$L = 0,93 \times 2,43 = 2,2599$$

$$T = 15,72 \times 2,43 = 38,1996$$

Penentuan Parameter Kp, Ti, dan Td

Setelah di ketahui parameter L dan T baru kita bisa mendapat parameter Kp, Ti, dan Td berdasarkan table aturan Ziegler-Nichols 1 berikut:

Tabel 3. Aturan Ziegler-Nichols 1

Tipe Kontroler	Kp	Ti	Td
P	T/L	∞	0
PI	$0.9T/L$	$L/0.3$	0
PID	$1.2T/L$	$2L$	$0.5L$

Sehingga nilai Kp, Ti, dan Td adalah:

$$Kp = 1.2 \frac{T}{L} = 1.2 \frac{38,1996}{2,2599} = 20,2838$$

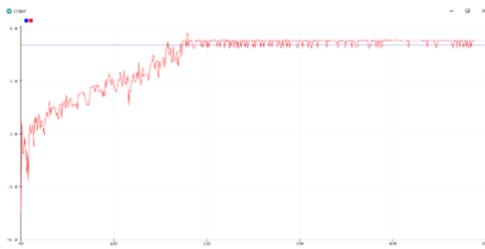
$$Ti = 2L = 2 \times 2,2599 = 4,5198$$

$$Td = 0.5L = 0.5 \times 2,2599 = 1,1259$$

Setelah didapat nilai K_p , T_i , dan T_d , kemudian parameter dimasukkan ke dalam sistem, dan kemudian melakukan pengujian respon sistem.

Hasil Pengujian PID

Pada hasil perancangan ini respon alat masih tidak sesuai dengan keinginan, dimanaA masih terdapat *overshoot* dan *error steady state* yang tinggi. Berikut adalah gambar hasil pengujian.



Gambar 16. Hasil Pengujian PID

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan nilai set point = 5, diperoleh respon sistem sebagai berikut:

Delay Time	: 15,75s
Rise Time	: 33,14s
Peak Time	: 37,29s
Settling time	: 81,11s
Overshoot	: 12,28%
Steady State Error	: 7,40%

Tunning PID

Pada hasil tuning ini didapatkan respon yang sesuai yaitu tidak terdapat overshoot dan error steady state sangatlah kecil. Berikut adalah gambar hasil tuning pada PID.



Gambar 17. Respon PID Setelah Proses Tunning

Dengan nilai $K_p=9.87$, $T_i=36$, dan $T_d=0.84$, maka didapat spesifikasi respon sistem sebagai berikut:

Delay Time	: 7,55s
Rise Time	: 13,59s
Peak Time	: 14,09s
Settling time	: 26,89s
Overshoot	: 0%
Steady State Error	: 0,45%

Hasil Tampilan LCD

Tampilan LCD pada penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan dari data yang akan ditampilkan. Hasil tampilan LCD ditunjukkan pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 18. Tampilan Awal Sistem



Gambar 19. Tampilan Hasil Pengukuran

SIMPULAN

Pada sistem water level control ini berhasil menghasilkan rancang bangun menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi ketinggian air di dalam real plant tangki air dengan maksimal ketinggian air 33cm. Hasil pengujian yang didapat bahwa sensor ultrasonic yang digunakan memiliki error pengukuran sebesar 2,104% dengan karakteristik yaitu semakin besar jarak objek

pengukuran, maka error pengukuran akan semakin kecil. Sensor PH yang digunakan untuk mengukur nilai PH memiliki error sebesar 2,94%. Penentuan parameter K_p , T_i , dan T_d menggunakan metode Ziegler-Nichols 1. Berdasarkan hasil pengujian respon sistem dengan parameter $K_p=9.87$, $T_i=36$, dan $T_d=0.84$ didapat nilai respon sistem yaitu delay time=7,55s, rise time=13,59s peak time=14,09s, settling time=26,89s, overshoot=0%, dan error steady state=0,45%. Pada penelitian ini telah dibuktikan bahwa menggunakan kontrol PID menghasilkan sistem yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iii, B. A. B. (2017). *Riska Megasari, 2017 Optimisasi Delay Lampu Hijau Lalu Lintas Pada Persimpangan Dengan Logika Fuzzy Metode Mamdani* Universitas Pendidikan Indonesia.repository.upi.edu. perpustakaan. upi. edu. 1–4.
- [2] Andi Yulia, 2021. Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi Menggunakan Sensor PH meter, TDS dan LDR berbasis arduino. *Teknik Informatika, STMIK AKBA, Vol 14, pp 155-159.*
- [3] Destiarini, 2019. Robot Line Follower Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno ATMEGA328. *Jurnal Informatika, Teknik Elektronika Universitas Baturaja; Mahasiswa Teknik Elektronika, Vol 1, pp 79-84.*
- [4] Doni Fajar, 2019. Arduino Uno, LDR dan Konsep Larutan Elektrolit untuk Alat Pendeteksi Air Tidak Layak Konsumsi. Departemen Pendidikan Teknik Mesin, FPTK, Universitas Pendidikan Indonesia.
- [5] Eko Ihsanto, 2020. Rancang Bangun Sistem Pengukuran Ph Meter Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. Jurusan Elektro, Universitas Mercu Buana Jl. Meruya Selatan, Kebun Jeruk - Jakarta Barat. Telepon: 021-5857722 (hunting), 5840816 ext. 2600 Fax: 021-5857733.
- [6] Hardi Hamzah, 2021. Uji Kelayakan Konsumsi Air Sungai Mandar Menggunakan Sensor pH Berbasis Arduino Uno. *Universitas Sulawesi Barat, Vol 3, No, 1, pp 9-17.*
- [7] Hayati Mamur, 2017. Modelling and Application of a Computer-Controlled Liquid Level Tank System, Manisa Celal Bayar University, Manisa, TURKEY
- [8] Irmawati, 2019. Model Matematika Waktu Pengosongan Tangki Air. Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta
- [9] Kevin Rosada, 2017. Sistem Kontrol Pompa Air Menggunakan Kontroler PID Berbasis Raspberry Pi. Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [10] Lubis, Z., Saputra, L.A., Winata, H.N., 2019. Kontrol Mesin Air Otomatis Berbasis Arduino Dengan Smartphone. *Jurnal UISU, Universitas Islam Sumatera Utara, Vol 14, pp 155-159.*
- [11] Muhammad Agung, 2019. Teori Dan Praktik Plumbing. Universitas Negeri JakartaJl. Rawamangun Muka, RT.11/RW.14, Rawamangun, Kec. Pulo Gadung, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13220.
- [12] Muhammad Syafaat, 2021. Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi pada PDAM Kota Makassar berbasis IoT. *Institut Teknologi dan Bisnis Kalla. Vol 5, pp 54-69.*
- [13] Rahmanto, Y., Burlian, A., Samsugi, S., 2021. Sistem Kendali Otomatis Pada Akuaponik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam, Universitas Teknokrat Indonesia.*
- [14] Risa Aulia Pasaribu, 2021. Perancangan Dan Pembuatan Alat Peringatan Jarak Aman Pada Kendaraan Bermotor Menggunakan Sensor Ultrasonik (HC-SR04) Berbasis Mikrokontroler

- Arduino. Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
- [15] Romi Shaputra, 2019. Kran Air Otomatis Pada Tempat Berwudhu Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan Batam.
- [16] X.Zhang, 2020. An Optimal Regulation Method for Parallel Water-Intake Pump Group of Drinking Water Treatment Process. IEEE Access.
- [17] Yogi Della, 2021. Rancang Bangun Alat Pengukur Sifat Fisis Air Berbasis Arduino. Universitas Andi Djemma palopo JL. Tandipau, Tomarundung, Wara Barat, palopo, Sulawesi Selatan.
- [18] Yuri Rahmanto, 2020. Sistem Monitoring Ph Air Pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia Jl. ZA. Pagar Alam No.9 -11, Labuhan Ratu, Bandar Lampung, Indonesia 35132.