

# Sistem Kendali PI Aplikasi Mini Plant Level Air Berbasis Arduino

**Yunita Happy Putri Nindyaningrum<sup>1</sup>, Edi Sulistio Budi<sup>2</sup>, Donny Radianto<sup>3</sup>**  
e-mail: [yunitahappynindyaningrum@gmail.com](mailto:yunitahappynindyaningrum@gmail.com), [edi.sulistio@polinema.ac.id](mailto:edi.sulistio@polinema.ac.id),  
[donny.radianto@polinema.ac.id](mailto:donny.radianto@polinema.ac.id)

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

## Informasi Artikel

### Riwayat Artikel

Diterima 2 Agustus 2023

Direvisi 23 Agustus 2023

Diterbitkan 30 September 2023

### Kata kunci:

Level Air

Sistem Kendali PI

Matlab

### Keywords:

Water Level

PI Control System

Matlab

## ABSTRAK

Untuk mempermudah pekerjaan manusia dibutuhkan suatu sistem kontrol. Salah satu hal yang membutuhkan sistem kontrol adalah pada pengontrolan level air yang dapat dimanfaatkan dalam rumah tangga. Dalam penggunaan rumah tangga kontrol *level* air dapat dimanfaatkan untuk mengisi tandon air dalam rumah. Hal ini dapat menguntungkan pengguna karena meminimalkan penggunaan air, biaya listrik untuk pompa air dan dapat memantau penggunaan air. Maka dari itu pengontrolan *level* air pada rumah tangga ini dapat dilakukan suatu penelitian agar keuntungan yang di dapat menjadi optimal yaitu dengan membuat *mini plant* sistem kendali untuk mengatur *level* air yang dapat di *monitoring* melalui *software* MATLAB sehingga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik PI yang memperlihatkan respon sistem dari kendali tersebut. Pada *mini plant* ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pembacaan *level* air, *driver* L298N, pompa DC, serta LCD 16x2 untuk menampilkan *set point* dan *level* air secara *real time*. Pada penelitian ini menggunakan metode *Ziegler Nichols* dan tuning manual untuk menentukan parameter  $K_p$  dan  $K_i$ . Pada metode *Ziegler Nichols* didapatkan nilai  $K_p = 1,15$  dan  $K_i = 0,01$ . Pada metode tuning manual didapatkan nilai  $K_p = 1,16$  dan  $K_i = 0,01$ . Metode *Ziegler Nichols* dan tuning manual menghasilkan *error steady state* yang sama yaitu 2,1%. Metode *Ziegler Nichols* mempunyai keunggulan dalam *delay time* ( $T_d$ ) = 41,44 s, *rise time* ( $T_r$ ) = 77,35 s, *peak time* ( $T_p$ ) = 0 s, *maximum overshoot* ( $M_p$ ) = 0%, dan *settling time* ( $T_s$ ) = 85,94 s yang lebih cepat daripada metode tuning manual.

## ABSTRACT

*To facilitate human work, a control system is needed. One of the things that require a control system is controlling the water level that can be utilized in the household. In household use, water level control can be used to fill water reservoirs in the house. This can benefit the user because it minimizes water use, and electricity costs for water pumps and can monitor water usage. Therefore, a study can be carried out to control the water level in this household so that the benefits can be optimal, namely by making a control system mini plant to regulate the water level which can be monitored through MATLAB software so that it can be displayed in the form of a PI graph showing the system response from that control. This mini plant uses an Arduino Uno microcontroller, an HC-SR04 ultrasonic sensor as a water level reading, an L298N driver, a DC pump, and a 16x2 LCD to display the set point and water level in real-time. This study uses the Ziegler Nichols method and manual tuning to determine the  $K_p$  and  $K_i$  parameters. In the Ziegler Nichols method,  $K_p = 1.15$  and  $K_i = 0.01$ . in the manual tuning method, the value of  $K_p = 1.16$  and  $K_i = 0.01$  is obtained. The Ziegler Nichols method and manual tuning produce the same steady state error of 2.1%. The Ziegler Nichols method has advantages in delay time ( $T_d$ ) = 41.44 s, rise time ( $T_r$ ) = 77.35 s, peak time ( $T_p$ ) = 0 s, maximum overshoot ( $M_p$ ) = 0%, and settling time ( $T_s$ ) = 85.94 s which is faster than the manual tuning method.*



**Penulis Korespondensi:**

Yunita Happy Putri Nindyaningrum,  
Jurusan Teknik Elektro,  
Politeknik Negeri Malang,  
Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, Kode Pos. 65141  
Email: [yunitahappynindyaningrum@gmail.com](mailto:yunitahappynindyaningrum@gmail.com)  
Nomor HP/WA aktif: +62 822-5775-6629

**1. PENDAHULUAN**

Di zaman yang berkembang ini kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi juga semakin berkembang. Adanya perkembangan teknologi ini terdapat suatu sistem kontrol yang dapat mempermudah pekerjaan manusia. Sistem kontrol merupakan kumpulan cara yang dipelajari dari kebiasaan manusia dalam bekerja. Kestabilan dan akurasi dapat dikontrol dengan adanya sistem kontrol dalam suatu proses[1]. Sistem kontrol atau sistem kendali akan mengendalikan atau mengatur sebuah masukan agar menghasilkan keluaran yang diinginkan.

Salah satu yang membutuhkan suatu sistem kendali yaitu pada pengontrolan level air. Pengontrolan level air bertujuan untuk mengontrol level air dalam suatu tempat sesuai yang diinginkan secara otomatis[2]. Dalam penggunaan rumah tangga kontrol level air dapat dimanfaatkan untuk mengisi tandon atau tangki air dalam rumah. Hal ini dapat menguntungkan pengguna karena dapat meminimalkan penggunaan air, biaya penggunaan air, biaya listrik untuk pompa air, dan dapat memantau penggunaan air.

Maka dari itu pengontrolan level air dalam rumah tangga dapat dilakukan suatu penelitian yaitu dengan membuat suatu mini *plant* sistem kendali untuk mengatur level air. Pada penelitian (Muizz, 2019) melakukan penelitian tentang pengaturan level air pada tangki agar mampu mencapai *set point* yang diinginkan dalam waktu yang cepat dan mampu menjaga tangki air pada level tertentu meski *valve output* dari tangki di buka dengan servo *valve* menggunakan kontroler PID. Kontroler PID ini dirancang untuk mengendalikan respon dari *servo valve* dalam mengisi level air dari tangki. Kendali PID mampu mengurangi *error steady state* dari respon sistem *real* yaitu sebesar 12,507% menjadi 2,715%[3]. Terdapat juga penelitian (Sukowati, dkk, 2021) yaitu sistem kendali Proporsional Integral Derivative (PID) berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) Omron CP1H pada pengukuran level air untuk pengembangan laboratorium sistem kendali di mana hasil penelitian ini pada saat nilai P diatur sebesar 3000, nilai I diatur sebesar 1000, dan nilai D diatur sebesar 0 maka grafik *output* menjadi *steady state* atau sesuai dengan *set point*[4].

Pada penelitian ini membuat mini *plant* sistem kendali untuk mengatur level air. Sistem kendali untuk mengatur level air ini menggunakan kontrol Proporsional Integral (PI). Kontrol PI akan menyebabkan pengontrol merespon dengan cara yang proporsional yang juga diikuti oleh respon integral. Kontrol integral bisa mengeliminasi kesalahan yang muncul jika hanya menggunakan kontrol proporsional saja. Semakin banyak aksi integral maka perubahan output akan semakin cepat. Berdasarkan hasil dari kontrol PI tersebut pada mini plant ini akan ditampilkan grafik respon sistem secara *real time* melalui *software* MATLAB. MATLAB merupakan suatu *software* yang dapat digunakan untuk kebutuhan komputasi matematik, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi, pemodelan, dan grafik[5]. Pembacaan maupun *feedback* level air akan dibaca oleh sensor ultrasonik HC-SR04 yang dapat mengukur jarak dari suatu objek[6]. Pada mini *plant* ini menggunakan kontroler berupa mikrokontroler Arduino Uno. Arduino Uno merupakan salah satu mikrokontroler *single-board open source* yang di program menggunakan bahasa pemrograman C/C++[3]. Dalam pengisian tangki air menggunakan pompa air DC sebagai aktuator yang diatur menggunakan *driver* L298N. *Driver* L298N menerima data dari Arduino Uno sehingga dapat mengatur kerja pompa air DC dengan data yang sudah diolah oleh Arduino Uno. Mini plant ini juga menggunakan LCD 16x2 untuk menampilkan nilai *set point* yang diatur dan level air secara *real time*.

Pada penelitian mini plant sistem kendali untuk mengatur level air menggunakan metode kontrol Proporsional Integral (PI) berbasis arduino ini bertujuan untuk, antara lain:

1. Membuat sistem kendali PI aplikasi mini plant level air berbasis arduino
2. Mengatur level air yang dapat di monitoring praktik kepada melalui komputer



### 3. Menampilkan grafik output dari respon sistem pada komputer

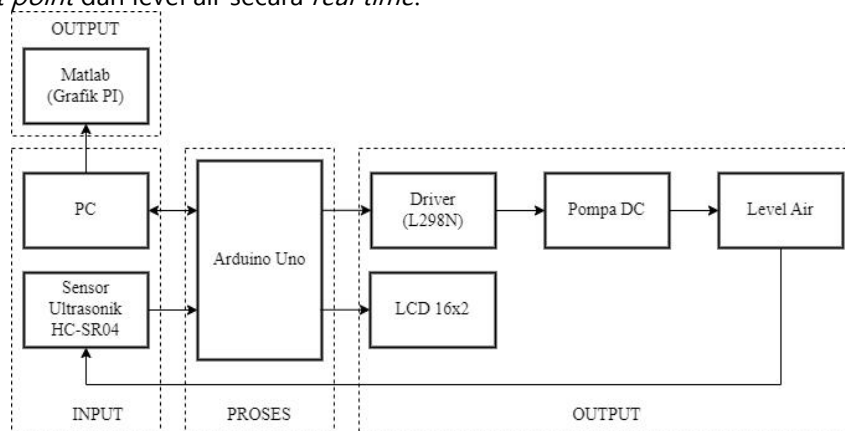
Dengan memanfaatkan sarana dan prasarana pada lingkungan perkuliahan diharapkan proses penelitian ini dapat mencapai tujuannya. Selain itu penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai bahan pembelajaran praktik pada laboratorium, ditambah dengan ilmu yang sudah diajarkan di perkuliahan penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada mahasiswa dan pengajar khususnya pada bidang elektro agar dapat menambah keterampilan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan cara kerja untuk mengumpulkan dan mengolah data sehingga menghasilkan data yang dapat memecahkan permasalahan pada penelitian ini. Jenis metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan penelitian "Sistem Kendali PI Aplikasi Mini Plant Level Air Berbasis Arduino" ini adalah metode komparatif, yaitu akan membandingkan metode Ziegler Nichols dan Tuning Manual untuk menentukan parameter  $K_p$  dan  $K_i$ .

### 2.1 Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 1 pada blok diagram bagian *input*, PC digunakan untuk memasukkan nilai *set point*,  $K_p$ , dan  $K_i$ . *Set point* akan menjadi batas level air pada tangki.  $K_p$  dan  $K_i$  menjadi parameter kontrol PI yang kemudian akan menampilkan grafik respon sistem melalui Matlab. Sensor ultrasonik HC-SR04 berfungsi membaca level air pada tangki. Kemudian pada blok diagram bagian proses terdapat Arduino Uno sebagai kontroler. Komunikasi PC dengan Arduino Uno menggunakan kabel USB type B. Arduino Uno akan mengolah data dari sensor ultrasonik HC-SR04 serta masukan *set point*,  $K_p$ , dan  $K_i$ . Setelah dari blok diagram bagian proses maka akan dilanjutkan dengan blok diagram bagian *output*. *Driver* akan menerima data dari Arduino Uno untuk menentukan aktif atau tidak aktif dari pompa DC. Apabila pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 terhadap level air belum sesuai dengan *set point* yang diatur maka pompa DC akan aktif untuk mengisi tangki sehingga level air dapat sesuai dengan *set point*. Apabila pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 sudah sesuai dengan *set point* yang diatur maka pompa DC akan mati atau mengisi air pada tangki. Matlab akan menampilkan grafik respon sistem hasil kontrol PI. LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan nilai *set point* dan level air secara *real time*.

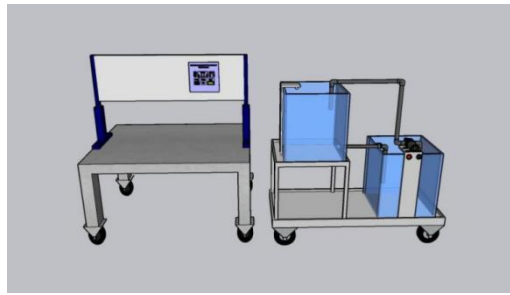


Gambar 1: Diagram Blok Sistem

### 2.2 Perancangan Hardware

Perancangan hardware seperti pada Gambar 2 terdiri dari dua buah tangki air dan satu box kontrol. Tangki air terbuat dari akrilik dengan ketebalan 5 mm. Ukuran dari masing - masing tangki air adalah dengan panjang 30 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 40 cm. Box kontrol terbuat dari akrilik dengan ketebalan 3 mm. Ukuran dari box kontrol tersebut adalah dengan panjang 30 cm, lebar 25 cm, dan tinggi 8 cm. Pada tangki atas terdapat sensor ultrasonik HC-SR04. Sedangkan pada tangki bawah terdapat pompa air untuk memompa air pada tangki bawah menuju tangki atas. Pada box kontrol terdapat beberapa komponen seperti Arduino Uno, driver L298N, power supply 12Vdc, LCD 16x2, dan I2C.

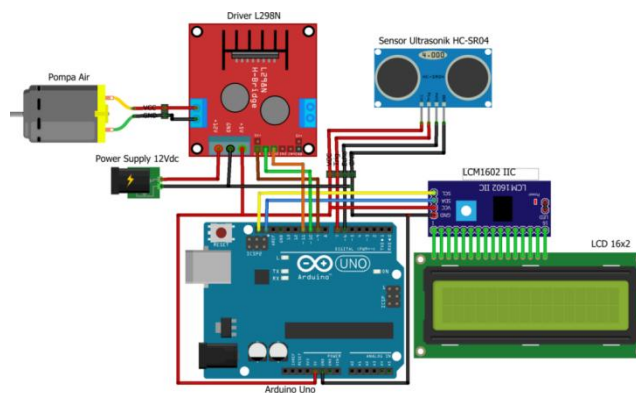




Gambar 2: Perancangan Hardware

### 2.3 Perancangan Elektronik

Pada perancangan elektronik, semua komponen yang digunakan pada alat ini sudah di rangkai dan dihubungkan termasuk komponen yang berada dalam box kontrol maupun di luar box kontrol seperti pada Gambar 3. Dalam box kontrol terdiri dari *driver* L298N, *power supply* 12 volt, Arduino Uno, I2C, dan LCD 16x2. Sedangkan pada luar box kontrol terdiri dari sensor ultrasonik HC-SR04 dan pompa air. Untuk menghubungkan komponen yang berada dalam box kontrol dengan di luar box kontrol membutuhkan *jack banana female* dan kabel *jack banana male*.



Gambar 3: Perancangan Elektronik

Sensor ultrasonik HC-SR04 pada alat ini digunakan untuk membaca level air pada tangki atas. Terdapat 4 pin pada sensor ultrasonik HC-SR04 yaitu pin VCC, Trig, Echo, dan GND. Pin VCC merupakan pin untuk sumber tegangan positif sensor. Pada pin VCC dihubungkan dengan pin 5V dari Arduino Uno. Pin Trig merupakan pin untuk *trigger* atau membangkitkan sinyal pantulan ultrasonik. Pada pin Trig dihubungkan dengan pin 7 dari Arduino Uno. Pin Echo merupakan pin untuk mendeteksi atau menerima sinyal pantulan ultrasonik. Pada pin Echo dihubungkan dengan pin 6 dari Arduino Uno. Pin GND merupakan pin untuk sumber tegangan negatif sensor. Pada pin GND dihubungkan dengan pin GND dari Arduino Uno. Keluaran pin GND, 6, 7, 5V pada Arduino Uno yang diberi nama GND, Echo, Trig, dan VCC akan dihubungkan dengan sensor ultrasonik HC-SR04 yang berada pada atas tangki atas. Maka dari itu pada box kontrol ditambahkan 4 pin *jack banana female*.

LCD 16x2 pada alat ini digunakan untuk menampilkan *set point* dan level air. *Set point* merupakan batas ketinggian air yang diinginkan. Level air merupakan pembacaan ketinggian air secara *real time*. Untuk menghubungkan LCD 16x2 ke arduino menggunakan modul I2C sebagai komunikasi karena modul I2C dapat mengurangi penggunaan pin pada arduino. Terdapat 4 pin modul I2C yang terhubung dengan arduino yaitu pin GND, VCC, SDA, dan SCL. Pada pin GND dihubungkan dengan pin GND dari Arduino Uno. Pada pin VCC dihubungkan dengan pin 5V dari Arduino Uno. Pin SDA (*Serial Data*) dan SCL (*Serial Clock*) merupakan pin untuk komunikasi I2C. Pin SDA pada LCD 16x2 dihubungkan dengan pin SDA pada Arduino Uno. Sedangkan pin SCL pada LCD 16x2 juga dihubungkan dengan pin SCL pada Arduino Uno. Untuk menghubungkan pin I2C ke Arduino menggunakan kabel jumper *male - female*.



*Driver* pada alat ini digunakan untuk mengatur pompa air. *Driver* yang digunakan adalah *driver* motor DC tipe L298N. Pada *driver* L298N terdapat IC L298. IC L298 merupakan sebuah IC tipe *H-Bridge* yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti motor DC. IC L298 dapat mengendalikan kecepatan motor DC. Pada alat ini menggunakan *mikrokontroler* Arduino Uno sehingga membutuhkan *driver* yang kompatibel dengan Arduino Uno. *Driver* motor DC tipe L298N dapat kompatibel dengan Arduino Uno. Pada *driver* L298N terdapat beberapa pin yang dihubungkan dengan Arduino Uno dan *power supply*. Pin 12 volt pada *driver* merupakan pin sumber tegangan positif motor. Pompa air yang digunakan membutuhkan sumber tegangan 12 volt, maka dari itu pin 12 volt pada *driver* dihubungkan dengan tegangan positif *power supply* sebesar 12 volt. Pin GND pada *driver* merupakan pin sumber tegangan negatif motor. Pada pin GND *driver* dihubungkan dengan pin GND pada *power supply* dan Arduino Uno. Pin 5 volt pada *driver* merupakan pin sumber tegangan IC atau tegangan operasional. Pada pin 5 volt *driver* dihubungkan pada pin 5 volt Arduino Uno. Pin ENA pada *driver* merupakan pin *enable* motor A. Pada *driver* motor L298N dapat mengatur 2 motor sekaligus, tetapi pada alat ini hanya menggunakan satu motor saja, maka dari itu pin ENA dihubungkan ke pin PWM *mikrokontroler* yaitu pin 9 Arduino Uno agar dapat mengatur kecepatan motor. Pin IN1 dan IN2 pada *driver* merupakan pin input yang menerima *logic digital HIGH* atau *LOW* untuk mengatur arah putar motor. Pompa air yang digunakan berputar searah jarum jam. Maka dari itu pin IN1 *driver* dihubungkan dengan pin 10 Arduino Uno kemudian diberi logika *HIGH*. Sedangkan pin IN2 *driver* dihubungkan dengan pin 11 Arduino Uno kemudian diberi logika *LOW*. Pin ENB pada *driver* dibiarkan terbuka yang mengakibatkan keluaran pin motor B tidak aktif. Untuk menghubungkan pin *driver* ke Arduino menggunakan kabel jumper *male - female*. Keluaran *driver* L298N pada box kontrol yaitu pin OUT1 dan OUT2 yang diberi nama VCC dan GND akan dihubungkan dengan pompa air yang berada pada atas tangki bawah. Maka dari itu pada box kontrol ditambahkan 2 pin *jack banana female*.

Pompa air pada alat ini digunakan untuk memompa air dari tangki bawah menuju tangki atas. Pompa air akan mengisi air pada tangki atas sesuai *set point* yang diinginkan. Terdapat 2 pin pada pompa air yaitu pin VCC dan GND. Pin VCC merupakan pin untuk sumber tegangan positif pompa air. Pada pin VCC dihubungkan dengan pin VCC OUT1 dari *driver* L298N. Pin GND merupakan pin untuk sumber tegangan negatif pompa air. Pada pin GND dihubungkan dengan pin GND OUT2 dari *driver* L298N.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan untuk mengetahui bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 dapat membaca ketinggian air pada tangki yang ditampilkan di serial monitor Arduino IDE. Pada Tabel I akan diuraikan hasil pengukuran, hasil pengujian, dan persentase error-nya.

Tabel I: DATA PENGUJIAN SENSOR ULTRASONIK HC-SR04

| Jarak Hasil Pengukuran              | Jarak Hasil Pengujian | Persentase Error |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------|
| 0 cm                                | 0,13 cm               | 0 %              |
| 2,5 cm                              | 2,5 cm                | 0 %              |
| 5 cm                                | 5,08 cm               | 1,6 %            |
| 7,5 cm                              | 7,49 cm               | 0,13 %           |
| 10 cm                               | 10,01 cm              | 0,1 %            |
| 12,5 cm                             | 12,51 cm              | 0,08 %           |
| 15 cm                               | 15,13 cm              | 0,86 %           |
| 17,5 cm                             | 17,32 cm              | 1 %              |
| 20 cm                               | 19,95 cm              | 0,25 %           |
| 22,5 cm                             | 22,51 cm              | 0,04 %           |
| 25 cm                               | 24,99 cm              | 0,04 %           |
| 27,5 cm                             | 27,32 cm              | 0,65 %           |
| 30 cm                               | 29,81 cm              | 0,63 %           |
| <b>Rata - Rata Persentase Error</b> |                       | <b>0,41 %</b>    |



Dari hasil pengukuran dan pengujian pada Tabel I didapatkan nilai error pada masing - masing pengukuran dan pengujian. Pada Tabel I dilakukan pengambilan dari ketinggian air 0 cm sampai dengan 30 cm dengan mendapatkan rata rata persentase error sebesar 0,41 %. hal ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 dapat membaca ketinggian air pada tangki.

### 3.2 Pengujian Driver Motor DC

Pengujian driver motor DC dilakukan untuk mengetahui bahwa driver motor DC dapat bekerja sesuai nilai PWM dan tegangannya. Pada pengujian ini menggunakan lampu sebagai indikator pengujian driver motor DC. Pada Tabel II akan diuraikan hasil pengujian berupa PWM, tegangan, dan keterangan lampu.

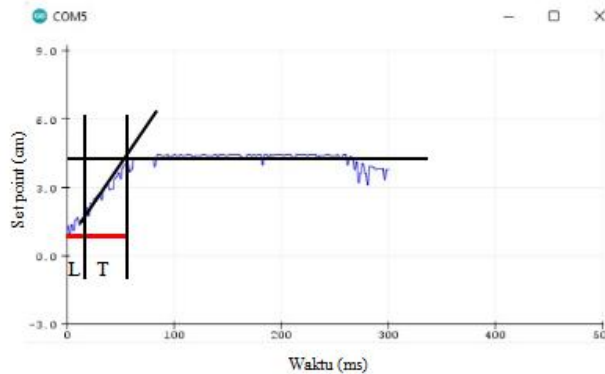
Tabel II : DATA PENGUJIAN DRIVER MOTOR DC

| PWM | Tegangan Output (Pengukuran) | Tegangan Output (Perhitungan) | Persentase Error | Keterangan         |
|-----|------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------|
| 0   | 0 volt                       | 0 volt                        | 0 %              | Lampu mati         |
| 125 | 5,57 volt                    | 5,88 volt                     | 5,2 %            | Lampu nyala redup  |
| 255 | 11,84 volt                   | 12 volt                       | 1,3 %            | Lampu nyala terang |

Dari hasil pengukuran dan pengujian driver motor seperti pada Tabel II driver motor DC dapat bekerja apabila nilai PWM diubah - ubah. Semakin besar nilai PWM maka tegangan output juga akan semakin besar sehingga lampu juga akan nyala semakin terang.

### 3.3 Pengujian Parameter Kontrol PI dengan Metode Ziegler Nichols

Pengujian parameter kontrol PI dengan metode Ziegler Nichols dilakukan untuk mengetahui nilai parameter kontrol PI yang cocok dengan sistem dengan melihat grafik respon sistem pada Matlab dengan menggunakan metode Ziegler Nichols. Pada pengujian ini menggunakan metode Ziegler Nichols 1 karena pada saat percobaan secara eksperimen menimbulkan kurva berbentuk S. Kurva berbentuk S mempunyai karakteristik dengan memiliki 2 parameter, yaitu waktu tunda (L) dan konstanta waktu (T). Untuk memudahkan menampilkan grafik pada pengujian parameter kontrol PI dengan metode Ziegler Nichols ini menggunakan serial plotter pada software Arduino IDE.



Gambar 4: Pengujian Parameter Kontrol PI pada Serial Plotter Arduino IDE

Dari Gambar 4 dihasilkan nilai T sebesar 31,97 s dan nilai L sebesar 24,93 s. kemudian untuk menentukan nilai Kp dan Ti, maka :

$$K_p = \left[ 0.9 \times \frac{T}{L} \right] = \left[ 0.9 \times \frac{31.97}{24.93} \right] = 1.15 \tag{1}$$

$$T_i = \left[ \frac{L}{0.3} \right] = \left[ \frac{24.93}{0.3} \right] = 83.1 \tag{2}$$

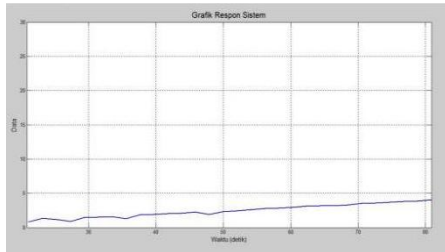
Setelah diketahui nilai Kp (1) dan Ti (2), maka untuk mencari nilai Ki yaitu:



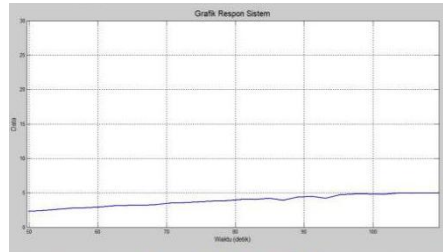


$$K_i = \left[ \frac{K_p}{T_i} \right] = \left[ \frac{1.15}{83.1} \right] = 0.01 \quad (3)$$

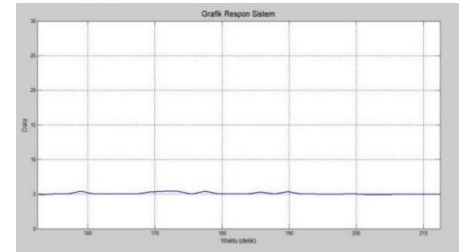
Jadi, dari hasil metode Ziegler Nichols 1 diketahui parameter Kp sebesar 1,15 (1) dan Ki sebesar 0,01 (3). Kemudian pada saat hasil parameter Kp dan Ki menggunakan Ziegler Nichols 1 diuji pada alat dengan setpoint sebesar 5 cm menghasilkan error steady state sebesar 2 %, delay time (Td) sebesar 34.67 s, rise time (Tr) sebesar 65.05 s, peak time (Tp) sebesar 0 s, maximum overshoot sebesar 0%, dan settling time (Ts) 72.28 s. Pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7 akan menunjukkan hasil grafik respon sistem dari metode Ziegler Nichols.



Gambar 5: Grafik Respon Sistem dari Metode Ziegler Nichols 1 Saat Menuju Steady State



Gambar 6: Grafik Respon Sistem dari Metode Ziegler Nichols 1 Saat Mencapai Steady State

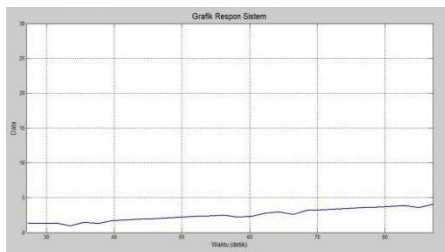


Gambar 7: Grafik Respon Sistem dari Metode Ziegler Nichols 1 Saat Steady State

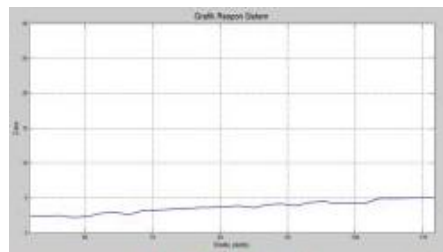
### 3.4 Pengujian Parameter Kontrol PI dengan Metode Tuning Manual

Pengujian parameter kontrol PI dengan metode tuning manual dilakukan untuk mengetahui nilai parameter kontrol PI yang cocok dengan sistem dengan melihat grafik respon sistem pada Matlab dengan menggunakan metode tuning manual. Pada metode tuning manual untuk mencari nilai Kp dan Ki menggunakan percobaan nilai Kp dan Ki secara acak dengan nilai setpoint yang sama sampai menemukan grafik respon sistem yang baik. Pada pengujian ini menggunakan set point 5 cm.

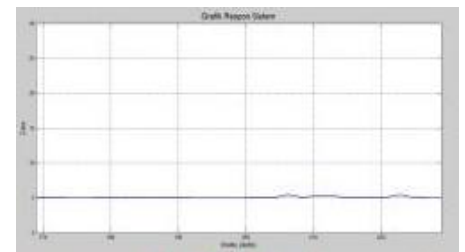
Dari hasil pengujian parameter kontrol PI menggunakan metode tuning manual untuk mencari parameter Kp dan Ki yang menghasilkan grafik respon sistem yang baik adalah pada saat nilai Kp sebesar 1,16 dan Ki sebesar 0,011 dengan menghasilkan error steady state sebesar 0%, delay time (Td) sebesar 33,13 s, rise time (Tr) sebesar 63.41 s, peak time (Tp) sebesar 0 s, maximum overshoot sebesar 0%, dan settling time (Ts) 72.28 s. Pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10 akan menunjukkan hasil grafik respon sistem dari metode tuning manual.



Gambar 8: Grafik Respon Sistem dari Metode Tuning Manual Saat Menuju Steady State



Gambar 9: Grafik Respon Sistem dari Metode Tuning Manual Saat Mencapai Steady State

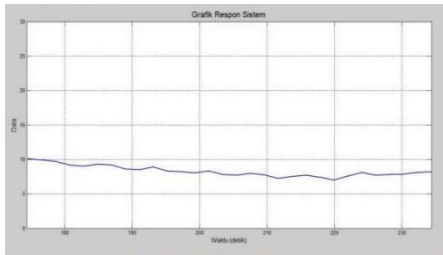


Gambar 10: Grafik Respon Sistem dari Metode Tuning Manual Saat Steady State

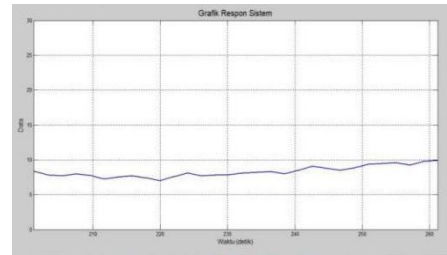
### 3.5 Pengujian Sistem dengan Gangguan

Pengujian sistem dengan gangguan dilakukan untuk mengetahui sistem apabila sistem diberi gangguan sistem dapat berjalan untuk kembali dalam kondisi steady state. Gangguan yang digunakan berupa pengeluaran air dalam tangki sehingga level air dalam tangki dapat berkurang. Pada Gambar 11 dan Gambar 12 akan menunjukkan hasil grafik respon sistem apabila diberi gangguan.





Gambar 11: Grafik Respon Sistem Menurun dari kondisi Steady State Saat Diberi Gangguan



Gambar 12: Grafik Respon Sistem Kembali Naik Menuju Steady State Saat Diberi Gangguan

Dari hasil pengujian seperti pada Gambar 11 dan Gambar 12, terlihat pada grafik respon sistem yang sebelumnya dalam kondisi steady state grafik bergerak menurun karena air dalam tangki di keluarkan sehingga tidak memenuhi set point. Apabila sudah tidak ada gangguan sistem akan kembali bekerja agar dapat memenuhi set point atau kembali naik agar dapat kembali dalam kondisi steady state. Hal ini menunjukkan bahwa apabila sistem diberi gangguan sistem dapat berjalan untuk kembali dalam kondisi steady state.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa sistem yang dirancang untuk mengontrol level air dapat berfungsi sesuai dengan perancangan dan modul dapat digunakan untuk menguji sistem kontrol level air terutama yang diperuntukkan untuk pembelajaran. Berikut ini kesimpulan yang di dapat dari pengujian yang telah dilakukan, antara lain:

1. Dalam menentukan parameter  $K_p$  dan  $K_i$  dapat menggunakan metode Ziegler Nichols dan Tuning Manual.
2. Dengan menggunakan metode Ziegler Nichols didapatkan nilai  $K_p$  sebesar 1,15 dan nilai  $K_i$  sebesar 0,01 menghasilkan error steady state sebesar 2 %, delay time ( $T_d$ ) sebesar 34.67 s, rise time ( $T_r$ ) sebesar 65.05 s, peak time ( $T_p$ ) sebesar 0 s, maximum overshoot sebesar 0%, dan settling time ( $T_s$ ) 72.28 s.
3. Dengan menggunakan metode Tuning Manual didapatkan nilai  $K_p$  sebesar 1,16 dan nilai  $K_i$  sebesar 0,011 menghasilkan error steady state sebesar 0%, delay time ( $T_d$ ) sebesar 33,13 s, rise time ( $T_r$ ) sebesar 63.41 s, peak time ( $T_p$ ) sebesar 0 s, maximum overshoot sebesar 0%, dan settling time ( $T_s$ ) 72.28 s.
4. Saat sistem diberi gangguan sistem dapat berjalan untuk kembali dalam kondisi steady state.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Almanda S.P, Susanto Erwin, dan Wibowo A.S. (2016). *Desain dan Implementasi Kontrol Ketinggian Air Menggunakan Kontrol PID Adaptif*. e-Proceeding of Engineering. Vol.3, No.3 Desember 2016. Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom
- [2] Simanullang S.A, Rudati P.S, dan Feriyonika. (2017). *Sistem PID Pengendali Level Ketinggian Air Berbasis Modbus/TCP dan Industrial Field Control Node-RTU*. Industrial Research Workshop and National Seminar 26-27 July 2017. Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung
- [3] Muizz, M.N.F. (2019). *Rancang Bangun Pengendalian Level Air Otomatis pada Tangki dengan Servo Valve Berbasis PID Controller*. Jurnal. Teknik Elektro. Vol.8 No.1, 2019. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya
- [4] Sukowati, A.D & Nindyaningrum, Y.H.P. (2021). *Sistem Kendali Proporsional Integral Derivative (PID) Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) Omron CP1H pada Pengukuran Level Air untuk Pengembangan Labratorium Sistem Kendali*. Laporan Tugas Akhir 2021. Malang: Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang
- [5] Wahyono H, (2019). *Rancang Bangun Sistem Kontrol Ketinggian Air Bendungan Menggunakan Metode PID*. Jurnal Teknik Elektro. Volume 08 Nomer 02 Tahun 2019. S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
- [6] Puspasari F, Fahrurrozi, dkk. (2019). *Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due untuk Sistem Monitoring Ketinggian*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya. Volume 15, Nomer 2, 2019. Departemen Teknik Elektro dan Informatika Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada
- [7] Birdayansyah, R. Sudjarwanto, N. & Zebua, O. (2015). *Pengendalian Kecepatan Motor Dc Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino*. Jurnal. Rekayasa dan Teknologi Elektro, Vol.9 No.2, 2015. Bandar Lampung: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung
- [8] Hadi, A. (2016). *Perbandingan Tuning Parameter Kontroler PD Menggunakan Metode Trial and Error dengan Analisa Gain pada Motor Servo AC*. Jurnal. Inovtek. Vol.6 No.1. Riau: Politeknik Negeri Riau
- [9] Jamal, Z. (2015). *Implementasi Kendali PID Penalaan Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler*. Jurnal Informatika. Vol.15, No.1. 2015. Bandar Lampung: Fakultas Ilmu Komputer, Informatics & Business Institute Darmajaya
- [10] Pujiati, T. & Risfendra. (2021). *Penerapan Kontroler PID pada Sistem Kendali Level Cairan dengan Metode Ziegler - Nichols Berbasis Arduino*. JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia, Vol.2 No.1, 2021. Padang: Teknik Elektro, Universitas Negeri Padang

