

# PERANCANGAN SISTEM *MONITORING* DAN KENDALI DERAJAT KEASAMAN (PH) PADA TANAMAN HIDROPONIK SISTEM *NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT) MENGGUNAKAN METODE KONTROL PID

Marvin Natanael Simanjuntak <sup>\*)</sup>, Trias Andromeda dan Yosua Alvin A.S

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup> E-mail: [marvinnatanaels@gmail.com](mailto:marvinnatanaels@gmail.com)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang sistem *monitoring* dan pengendalian derajat keasaman tanaman hidroponik menggunakan objek tanaman selada. Sistem kerja alat yaitu *monitoring* derajat keasaman hidroponik melalui LCD 16x2 dan pengontrolan nilai *setpoint* yang baik menggunakan cairan *buffer pH Up* dan *Down*. Alat ini terdiri dari tiga proses utama, yaitu input, proses dan output. Input menggunakan sensor pH-4502C. Data dari sensor pH-4502C diproses oleh Arduino Uno untuk mengontrol nilai pH menggunakan kontrol PID penalaan Ziegler Nichols dan dikirim ke *Driver Motor L298N* untuk mengaktifkan pompa motor DC. Output dari alat ini, yaitu *monitoring* melalui LCD 16x2 dan *feedback* nilai dari pembacaan sensor. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan, tingkat kelayakan implementasi alat ditinjau dari hasil untuk kerja yang diperoleh pada pengujian sensor pH-4502C terdapat rata – rata *error* sebesar 0.305%. Pengujian kontrol PID yang diterapkan dengan menetapkan *error* berada di atas *setpoint* didapatkan nilai *error setpoint* berada di bawah nilai 0.5%. Pengujian kontrol PID dengan menetapkan *error* berada di bawah *setpoint* didapatkan nilai *error setpoint* berada di bawah nilai 1%. Aktuator menyala sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan untuk tanaman selada pada nilai 5.5-6.5 pH. Sistem pengendalian derajat keasaman pada hidroponik ini diharapkan dapat membantu petani dalam perawatan tanaman dan *monitoring* setiap saat.

*Kata kunci: Hidroponik, pH-4502C, Kontrol PID*

## Abstract

*This final project research aims to design monitoring system and control degree of acidity in hydroponic plants using lettuce plants. Working system tool, monitoring the degree of hydroponic acidity via 16x2 LCD and controlling value of setpoint using pH Up and Down buffer fluid. Tools consists of three main processes input, process and output. Input using pH-4502C sensor. Data from pH-4502C sensor will be processed by Arduino Uno to control pH value using PID control Ziegler Nichols tuning and sent to L298N Motor Driver to activate DC motor pump. Output is monitoring via 16x2 LCD and as feedback from sensor readings. Test results obtained, feasibility level of implementing tool in terms of results for the work obtained in testing the pH-4502C sensor has average error of 0.305%. PID control test which is applied by setting error above setpoint, error value is below the value of 0.5%. PID test by setting error below setpoint, error value is below value of 1%. Actuator will light up according to setpoint that has been determined for lettuce at value 5.5-6.5 pH. Control system the degree of acidity hydroponics hoped can help farmers in plant care and monitoring at anytime.*

*Keywords: Hidroponik, pH-4502C, PID Control*

## 1. Pendahuluan

Hidroponik adalah teknik budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah. Hidroponik memiliki dua jenis sistem berdasarkan jenis medianya, yaitu hidroponik kultur air dan substrat. Media tanam air digunakan untuk sistem hidroponik kultur air, sedangkan media inert yang berupa pasir, rockwool, kerikil, dan sebagainya digunakan pada sistem hidroponik substrat. Pada sistem hidroponik substrat, sistem pengairan yang digunakan bersifat terbuka,

sehingga larutan dan air yang dialirkan bersamaan ke tanaman dapat langsung diserap akar tanaman [1].

Penggunaan sistem budidaya tanaman hidroponik dapat dilakukan secara fleksibel, dikarenakan tidak membutuhkan lahan yang luas tidak mengenal musim, dan juga pemeliharaan yang lebih mudah karena tempat budidayanya relatif bersih, media tanam steril, tanaman terlindung dari terpaan hujan, serangan hama dan penyakit relatif kecil, serta tanaman lebih sehat dan produktivitasnya lebih tinggi [2]. Dari beberapa sistem hidroponik yang ada, hidroponik Nutrient Film Technique

(NFT) lebih dipilih dalam pertanian konvensional. Nutrient Film Technique (NFT) merupakan model budidaya dengan meletakkan akar tanaman pada lapisan air yang dangkal. Air tersebut tersirkulasi dan mengandung nutrisi sesuai kebutuhan tanaman.

Faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman hidroponik, diantaranya kualitas air yang digunakan, cahaya, oksigen, nutrisi, suhu dan pH. Seluruh faktor utama tersebut perlu dilakukan proses pemantauan. Namun dengan kesibukan orang perkotaan yang tidak dapat selalu memantau langsung kondisi tanaman di greenhouse, pemilik disulitkan dalam pemantauan kondisi tanaman hidroponik jika mengalami kondisi ketidaksesuaian pH, suhu, kelembaban dan kepekatan nutrisi. Tanaman selada merupakan salah satu tanaman yang cocok ditanam untuk hidroponik. Tanaman selada secara ilmiah memiliki nama (*Lactuca sativa* L). Benih selada akan berkecambah dalam kurun waktu empat hari, bahkan untuk benih yang viabel dapat berkecambah dalam waktu satu hari pada suhu 15-25°C [3].

Pengaturan pH pada saat ini masih tergolong manual atau dengan cara konvensional, yang mengharuskan petani untuk selalu memantau dan menjaga keadaan pH air nutrisi secara berkala agar derajat pH untuk selada berada kisaran pH 5,5 sampai dengan pH 6,5. Maka dilakukan penelitian pengendalian pH yang dapat secara otomatis mengatur kondisi pH air sesuai dengan batas yang dibutuhkan tanaman dengan menggunakan cairan buffer up (KOH) dan cairan buffer down ( $H_3PO_4$ ). Tanaman yang diatur pada sistem kendali pH adalah tanaman selada yang berada pada kisaran pH 5,5 sampai dengan pH 6,5 maka harus diupayakan untuk tetap berada pada kisaran angka tersebut, maka dengan adanya penelitian ini diharapkan alat yang dirancang dapat menstabilkan pH, sehingga mendapatkan hasil tanam secara optima [4].

Hidroponik merupakan teknik budidaya tanaman dengan media tanam yang menggantikan tanah sebagai media utamanya. Hidroponik memiliki dua jenis sistem berdasarkan jenis medianya, yaitu hidroponik kultur air dan substrat. Media tanam air digunakan untuk sistem hidroponik kultur air, sedangkan media inert yang berupa pasir, rockwool, kerikil, dan sebagainya digunakan pada sistem hidroponik substrat. Pada sistem hidroponik substrat, sistem pengairan yang digunakan bersifat terbuka, sehingga larutan dan air yang dialirkan bersamaan ke tanaman dapat langsung diserap akar tanaman [5].

Maka dari itu penulis akan membuat sebuah alat atau sistem yakni Perancangan sistem monitoring dan kendali derajat keasaman (pH) tanaman hidroponik sistem nutrient film technique (nft) menggunakan metode kontrol PID. Penelitian ini dibatasi dengan menggunakan sensor pH-4502C. Metode mencari nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  menggunakan metode Ziegler Nichols, nilai pH yang akan

diatur dibatasi yaitu sebesar 5,5-6,5 derajat keasaman. Diharapkan alat ini dapat membantu dan mengurangi kerja para petani hidroponik khususnya selada.

## **2. Metode**

### **2.1. Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique (NFT)**

Kultur hidroponik memiliki beberapa sistem antara lain sistem substrat, Nutrient Film Technique (NFT), Floating Raft ydroponic atau Hidroponik Rakit Apung, kombinasi NFT-Rakit Apung, Aeroponik dan kombinasi Aeroponik-Rakit Apung. Indonesia memiliki beberapa model dasar hidroponik yang biasa dikembangkan yaitu : Sistem sumbu (Wick System), Kultur air (Water Culture), Pasang surut (Ebb and Flow), Irigasi tetes (Drips System), NFT ( Nutrient Film Technique), DFT (Deep Flow Technique), Rakit apung (Floating) dan Kultur udara/ kabut (Aeroponic)[6].

NFT sistem merupakan teknik hidroponik yang mempunyai aliran air yang mengandung nutrisi dan dialirkan secara tipis untuk pertumbuhan tanaman, larutan nutrisi mengalir melalui saluran ke arah air seperti pipa paralon atau gips trapesium, secara sirkulasi aliran larutan nutrisi yang tipis. NFT dirancang secara miring dengan kemiringan saluran air, panjang saluran air dan laju aliran yang tepat. Sistem NFT pada budidaya hidroponik adalah akar tanaman akan terkena cukup larutan nutrisi, oksigen dan air. Sirkulasi pada sistem NFT menggunakan nutrisi yang disirkulasi secara berulang-ulang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Akar tanaman akan tumbuh tumbuh diatas larutan nutrisi dan sebagian terendam didalam. Sistem NFT dapat menghasilkan pertumbuhan tanaman lebih baik pada keadaan sedikit ruang, air, dan sedikit nutrisi [7].

Penelitian ini menggunakan sistem hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) karena penggunaan sistem ini banyak digunakan dengan kemiringan hidroponik NFT adalah 9% [8]. Sistem hidroponik NFT menggunakan teknik akar tanaman yang terendam dan dialiri dengan nutrisi yang dangkal dan disirkulasi secara terus menerus.

### **2.2. Nutrisi Hidroponik**

Nutrisi hidroponik merupakan senyawa kimia yang telah diformulasi berdasarkan persentase masing-masing unsur yang ditemukan pada biomassa tanaman. Beberapa formulatur nutrisi hidroponik menggunakan rasio antara unsur makro dengan N total. Istilah N total digunakan karena dalam nutrisi hidroponik sumber N yang diberikan pada tanaman berasal dari ion nitrat ( $NO_3^-$ ) dan amonium ( $NH_4^+$ ). rasio nitrat:amonium yang terbaik meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah 75:25. Rasio nitrat-amonium bervariasi antara satu 5 tanaman dengan tanaman lainnya namun umumnya amonium tidak melebihi 25% dari N total [9].

### **2.3. Pengaturan pH Nutrisi**

Nutrisi yang diberikan pada tanaman erat kaitannya dengan derajat keasaman (pH) air. Parameter pH sebagai nutrisi hidroponik sangat penting karena mempengaruhi ketersediaan dan penyerapan beberapa unsur atom 16 yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Penyerapan maksimum elemen ini ditemukan pada pembacaan pH 5,5 – 6,5 [10]. Ketersediaan unsur makro berkurang yang dapat menyebabkan penyerapan nutrisi mikro dapat mencapai tingkat beracun, ketika nilai pH turun. Penurunan pH larutan nutrisi dapat dilakukan melalui penambahan asam ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  atau  $\text{H}_2(\text{SO}_4)$ ), sedangkan peningkatan pH larutan dapat dengan penambahan basa (KOH) ke larutan nutrisi

### **2.4. Tanaman Hidroponik Sayur Selada**

Tanaman selada merupakan komoditas pertanian yang umumnya dikonsumsi dalam bentuk segar sehingga kehegienesan tanaman selada dari residu pestisida dan mikroorganisme yang berbahaya bagi kesehatan manusia merupakan prioritas utama. Pemanfaatan teknologi hidroponik untuk produksi tanaman selada merupakan solusi untuk menghasilkan komoditas yang bebas residu pestisida, bebas mikroorganisme berbahaya dan kualitas produk yang dihasilkan lebih beragam. Pedoman budidaya tanaman selada hidroponik mengacu pada budidaya tanaman sayuran daun lainnya. Karakteristik tanaman selada dapat mengakumulasi nitrat pada biomassa tanaman, yang dapat mengganggu kesehatan [10].

### **2.5. Arduino Uno**

Arduino UNO merupakan sebuah board mikrokontroler ATmega328 (datasheet) sebagai dasar. Arduino UNO memiliki jumlah 14 pin digital input sebagai output dengan 6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM, 6 input analog, Kristal 16 MHz, port USB sebagai sumber, power jack, ICSP header, dan tombol reset. Arduino UNO dapat memuat semua data yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, penghubungan yang mudah ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau suplai daya menggunakan adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai. Arduino Uno memiliki perbedaan dari semua board Arduino sebelumnya. Arduino UNO tidak menggunakan chip driver FTDI USB-to-serial. Fitur-fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke serial. Revisi 2 dari board Arduino Uno mempunyai sebuah resistor yang menarik garis 8U2 HWB ke ground, sehingga lebih mudah untuk diletakkan ke dalam DFU mode [11].

#### **2.5.1 Software Arduino Integrated Development Environmet (IDE)**

IDE (Integreted Development Environment) Arduino merupakan software yang disediakan pada website

arduino.cc yang bertujuan untuk perangkat pengembang sketch. IDE digunakan sebagai program pada papan Arduino. IDE berbentuk alat pengembang program terintegrasi yang digunakan untuk berbagai keperluan yang disediakan dan dinyatakan dalam bentuk antarmuka berbasis menu. Penggunaan Arduino IDE dapat sebagai penulisan sketch, pemeriksaan kesalahan atau tidak disketch dan kemudian pengunggah sketch yang sudah terkompilasi pada papan Arduino [12].

### **2.6. Driver Motor L298N**

Driver motor L298 adalah driver motor yang di dalamnya terdapat 2 rangkaian Driver H-bridge, terdapat 15 kaki diantaranya terdapat 2 kaki VCC yaitu vcc untuk motor dan vcc untuk Driver L298, terdapat 2 input PWM dan 4 input logika untuk putaran motor, terdapat 4 output untuk motor, dan 1 kaki adalah ground [13].

### **2.7. Pompa Motor DC 12V**

Pompa merupakan peralatan mekanis yang berupadan digunakan untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi atau untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran air pada suatu sistem perpipaan.

Prinsip kerja pompa adalah penekanan dan penghisapan terhadap fluida yang disambungkan atau dialiri menggunakan pompa tersebut. Pada bagian hisap pompa (suction), elemen pompa menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga memiliki perbedaan tekanan antara permukaan fluida yang dihisap dengan ruang pompa [14]. Keunggulan pompa yaitu tidak membutuhkan suplai daya listrik yang cukup besar. Penggunaan daya listrik pada pompa yaitu sekitar 12 volt ketika bekerja dan 6 volt ketika tidak digunakan. Pompa membutuhkan arus listrik sekitar 0,5 hingga 0,7 ampere ketika pompa air sedang bekerja, sedangkan saat pompa ketika tidak bekerja membutuhkan arus sebesar 0,18 ampere [15].

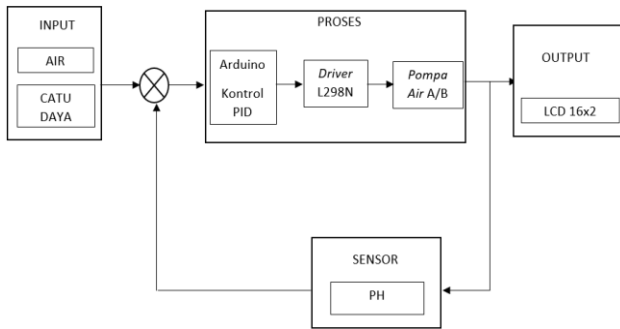
### **2.8. Sensor pH-4502C Module V1.1**

PH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Ia didefinisikan sebagai logaritma aktivitas ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut. pH adalah tingkat keasaman atau kebasaan suatu benda yang diukur dengan menggunakan skala pH antara 0 hingga 14. Sifat asam mempunyai pH antara 0 hingga 7 dan sifat basa mempunyai nilai pH 7 hingga 14 [16].

Prinsip kerja dari alat ini yaitu semakin banyak elektron pada sampel maka akan semakin bernilai asam begitu pun

sebaliknya, karena batang pada pH meter berisi larutan elektrolit lemah. Alat pH meter digunakan dalam kimia kuantitatif. Probe pH mengukur pH seperti aktifitas ion-ion hidrogen yang mengelilingi bohlam kaca ber dinding tipis pada ujungnya. (sekitar 0.06 volt per unit pH) yang diukur dan ditampilkan sebagai pembacaan nilai pH [17].

### 2.9. Perancangan Sistem



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Kontrol motor DC untuk nilai pH Hidroponik

Berdasarkan Gambar 1. Pada bagian input sistem mendapat suplai dari catu daya sehingga sistem dapat aktif secara otomatis dan air merupakan media penanaman untuk hidroponik. Input dari sistem yang dirancang merupakan sensor pH-4502C yang berfungsi sebagai nilai pembaca derajat keasaman pada air yang digunakan untuk tanaman. Kemudian pada bagian proses Pengolahan data pada sistem menggunakan Arduino UNO dan modul driver motor L298N berfungsi sebagai logika penerima data dari Arduino Uno untuk menggerakkan motor DC 12V berdasarkan PWM pada motor untuk mencapai set point pH pada tanaman hidroponik. Pompa air yang menggunakan motor DC 12V berfungsi untuk mengalirkan larutan buffer pH Up dan Down dari media penampungan cairan buffer pH ke media reservoir atau bak pencampuran sebelum dialirkan ke sistem NFT dengan bantuan selang distribusi, maka sistem akan bekerja sesuai dengan program yang telah diisikan sebelumnya, tanpa merubah nilai pH yang diinginkan dan pompa air sekaligus penyiraman serta pemukukan yang dilakukan secara terus menerus. Pada bagaian ini LCD 16x2 berfungsi untuk menampilkan output digital data mikrokontroler dari inputan sensor pH. Nilai output yang dibaca sensor pH akan diumpun balik secara closed loop sebagai input dari sistem.

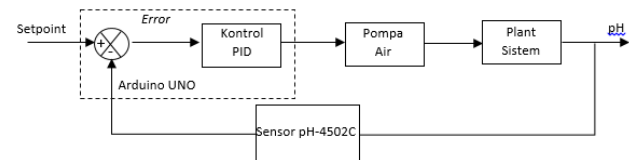
### 2.10. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras sistem kontrol hidroponik NFT menggunakan sensor pH-4502C dengan aktuator berupa pompa motor DC. Wadah pencampuran dibutuhkan untuk tanaman hidroponik yang berfungsi untuk menampung air dan cairan buffer pH tanaman hidroponik. Pada wadah pencampuran ini terdapat selang yang memiliki fungsi sebagai pengisian air dan pengisian buffer

pH untuk tanaman hidroponik, pada masing-masing selang terdapat pompa air yang berfungsi sebagai kontrol air yang keluar dari wadah cairan buffer pH menuju wadah pencampuran. Pada wadah pencampuran terdapat sensor derajat keasaman (pH-4502C) yang digunakan untuk membaca nilai derajat keasaman yang tepat untuk tanaman.

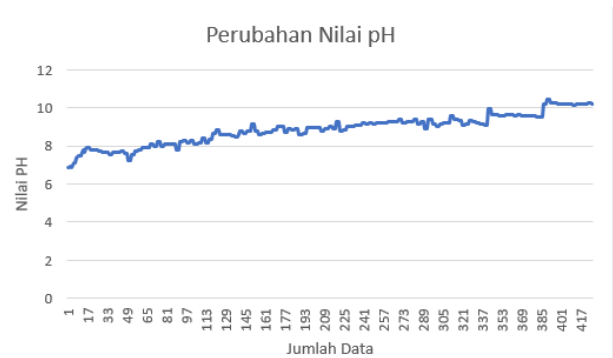
### 2.11. Perancangan Kontroler PID

Pengaplikasian Kontrol PID terdapat pada pengontrolan nilai cairan buffer pH untuk derajat keasaman tanaman pada model sistem hidroponik NFT dengan mengatur PWM motor DC untuk mengisi cairan buffer pH hingga menuju setpoint. Proses perancangan kendali logika PID dilakukan dengan menggunakan Arduino UNO. Blok diagram aplikasi pengontrolan secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Pengontrolan Model Sistem

#### 2.11.1. Pengujian Open Loop



Gambar 3. Kurva Perubahan Nilai pH Saat Diberi Buffer pH Up



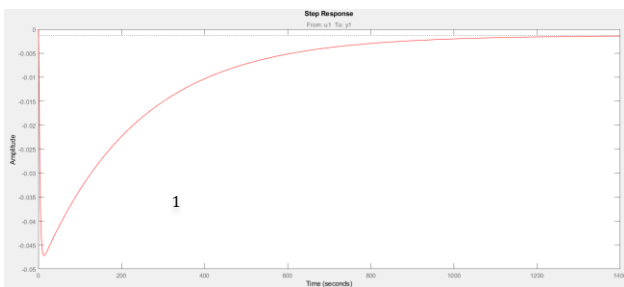
Gambar 4. Kurva Perubahan Nilai pH Saat Diberi pH Buffer Down

Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan pengujian dengan mencampur cairan buffer pH. Wadah larutan buffer pH diisi dengan buffer pH UP 2 liter dan buffer pH Down sebanyak 2 liter. Pada wadah penampungan air sebanyak 30 liter. Laju aliran pada wadah asam lemah dan tangki basa kuat sama-sama diatur dengan nilai maksimal 255 PWM. Pada wadah pencampuran diletakkan sensor pH-4502C dengan tujuan untuk mengetahui perubahan nilai derajat keasaman (pH) dan mendapat data perubahan pH setiap waktu. Hasil perubahan nilai pH ini di plot ke dalam grafik dengan bantuan perangkat lunak komputasi. Komunikasi antara sensor pH-4502C dengan pc menggunakan kabel serial to usb, sehingga pada PC dapat dilihat perubahan pH menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Berdasarkan hasil percobaan didapatkan hasil kenaikan nilai derajat keasaman dari 6,8 pH sampai 10.19 pH, dan penurunan nilai derajat keasaman dari 6 pH sampai 1.75 pH. Perubahan nilai pH ini kemudian menjadi dasar untuk melakukan pemodelan plant tangki utama. Nilai perubahan pH dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

**2.11.2. Pemodelan Sistem Plant**

Data input dan output yang didapat dari Perubahan Nilai pH Saat Diberi cairan buffer up dan buffer down digunakan untuk menentukan fungsi alih dari plant sistemnya. Fungsi alih digunakan untuk mengidentifikasi sistem dengan menentukan fungsi alih pada penelitian ini menggunakan fungsi yang telah disediakan oleh Matlab. Langkah – langkah penentuan fungsi alihnya adalah sebagai berikut

1. Data input dan output dimasukkan pada bar workspace pada Matlab
2. Data input-ouput diproses menggunakan fitur system identification pada Matlab
3. Import data menggunakan bentuk time domain data
4. Data proses yang sudah didapat akan di estimate to transfer function model, selanjutnya pilih pole dan zero yang diinginkan dalam hal ini untuk fungsi alih pertama penulis memberikan jumlah pole 2 dan jumlah zero 1
5. Estimasi data yang telah dilakukan dengan penentuan jumlah pole dan zero akan menentukan fungsi alih dari sistem dan didapat respon sistem seperti pada Gambar 5 dan Gambar 6.

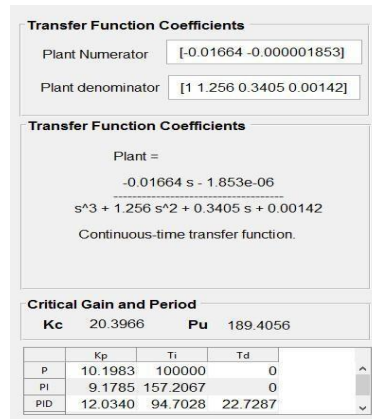


Gambar 5. Respon Sistem Fungsi Alih Saat Diberikan buffer up dan buffer down

**2.11.3. Perancangan PID dengan Ziegler-Nichols**

Penentuan parameter Kp, Ki, dan Kd dengan metode Ziegler-Nichols pada fungsi alih saat larutan diberikan cairan pH buffer up dan cairan pH buffer down. Berikut nilai fungsi alih saat larutan diberikan cairan pH buffer up dan buffer down

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{-0.01664s - 1.853 \times 10^{-6}}{s^3 + 1.256s^2 + 0.3405s + 0.00142}$$



Gambar 6. Penalaan Ziegler Nichols simulasi MATLAB

Desain persamaan kontrol PID metode Ziegler-Nichols adalah

$$G_c(s) = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i(s)} + T_d(s) \right)$$

temukan  $\omega_{cr}$  yang responsnya tidak berosilasi (undamped), kita bisa mendapatkan respon yang tidak berosilasi ketika nilai akar dari pole pada fungsi alih bernilai imajiner

$$1 + K_p G(s) = 0$$

$$1 + K_p \frac{-0.01664s - 1.853 \times 10^{-6}}{s^3 + 1.256s^2 + 0.3405s + 0.00142} = 0$$

$$s^3 + 1.256s^2 + 0.3405s + 0.00142 + K_p(-0.01664s - 1.853 \times 10^{-6}) = 0 \tag{1}$$

$s^3$	1	$0.3405 - K_p(0.01664)$
$s^2$	$1.256$	$0.00142 + K_p(1.853 \times 10^{-6})$
$s^1$	$\frac{0.426248 - K_p(2.089799 \times 10^{-3})}{0.05583}$	0
$s^0$	$0.00142 + K_p(-1.853 \times 10^{-6})$	0

Dengan menggunakan Routh-Criterion, maka kita mendapatkan nilai Kcritic

Dari persamaan Routh-Criterion diatas maka kita mendapatkan

$$0.3393694268 - 0.01664147532K_p > 0$$

$$K_p < 20.39$$

Jadi, kita mendapatkan nilai  $K_{cr} = K_p = 20.39$  maka selanjutnya kita substitusikan nilai  $K_p$  ke persamaan

$$(1) \quad s^3 + 1.256 s^2 + 0.3405s + 0.00142 + 20.39(-0.01664s - 1.853 \times 10^{-6}) = 0$$

$$S1 = -1.255912548$$

$$S2 = -4.37 \times 10^{-5} + 0.0331747i$$

$$S3 = -4.37 \times 10^{-5} - 0.0331747i$$

Jadi nilai  $\omega_{cr} = 0.0331747$

Setelah mendapatkan nilai  $\omega_{cr}$  maka kita harus mencari nilai periode isolasinya ( $P_{cr}$ )

$$P_{cr} = \frac{2\pi}{\omega_{cr}} = 185.0808$$

Setelah mendapatkan nilai  $\omega_{cr}$  dan  $P_{cr}$  maka kita dapat menentukan parameter kontrolnya

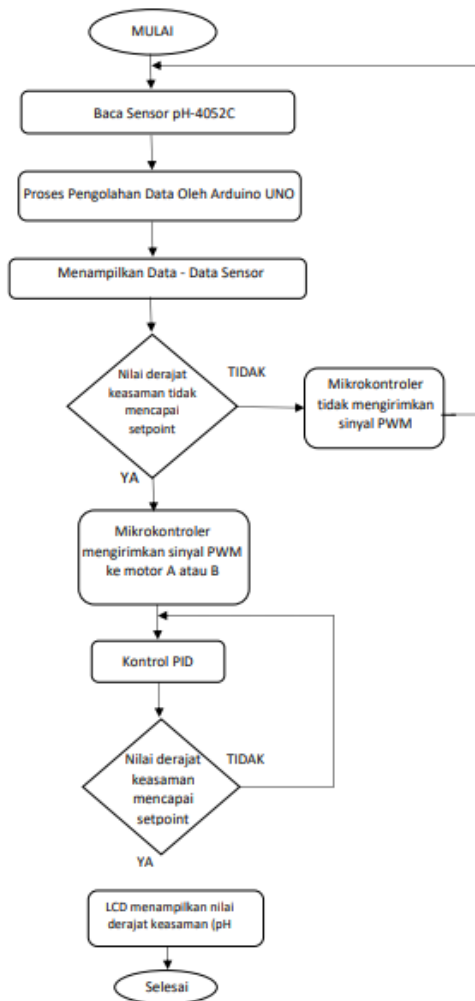
Maka didapatkan nilai  $K_p, K_i$ , dan  $K_d$

$$K_p = 0.45 \quad K_{cr} = 0.6 * 20.39 = 9.1755$$

$$T_i = \frac{1}{2} * P_{cr} = 92.5404$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{9.1755}{92.5404} = 0.09915$$

$$K_d = 0$$



Gambar 7. Flowchart sistem

## 2.12. Flowchart Cara Kerja Sistem

Perangkat lunak yang dirancang pada penelitian ini adalah perancangan senarai program yang ada pada mikrokontroler sesuai dengan algoritma yang telah ditentukan. Bahasa yang digunakan merupakan bahasa C yang diprogram menggunakan IDE Arduino. Cara kerja sistem akan dijelaskan pada Gambar 7.

## 3. Hasil dan Pembahasan

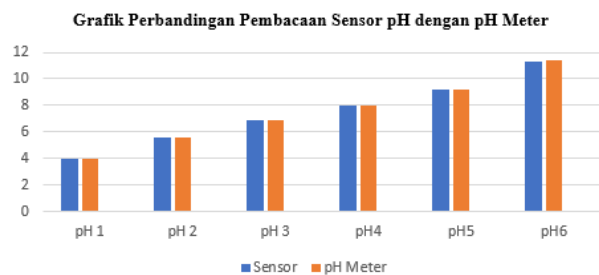
### 3.1. Pengujian Sensor LDR

Berikut Tabel 1. merupakan hasil pengujian sensor pH-4502C.

Tabel 1. Perbandingan Output Sensor pH-4502C dan pH Meter

Sampel ke-	Pembacaan Sensor (pH)	Pembacaan pH Meter (pH)	Bubuk Kalibrasi	Error (%)
1	4.008	4.01	4.01	0.002
2	5.62	5.63	-	0.01
3	6.868	6.86	6.86	0.008
4	8.032	8.004	-	0.032
5	9.208	9.18	9.18	0.028
6	11.32	11.35	-	0.03
Error (%)				0.02

Berdasarkan nilai persentase error nilai pH pada sensor pH-4502C dengan pH meter dan bubuk kalibrasi adalah 0.305%. Jadi dapat disimpulkan bahwa sensor pH ini dapat mendeteksi perubahan derajat keasaman dan bekerja dengan baik.



Gambar 8. Grafik perbandingan pembacaan sensor pH dengan pH meter

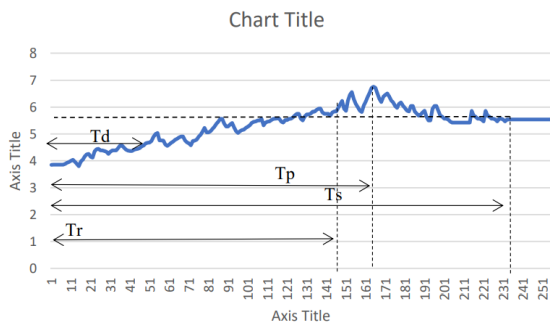
### 3.2. Pengujian Kontrol PID Sistem Hardware

Pada sistem pengontrolan nilai cairan buffer untuk tanaman hidroponik menggunakan metode kontrol PID. Kontrol PID digunakan menggerakkan motor pompa agar mengisi cairan buffer untuk mengatur nilai dari derajat keasaman yang diinginkan. Oleh karena itu dilakukanlah pengujian terhadap kontrol PID yang sudah dirancang. Pada penelitian ini dilakukan sebanyak 7 kali percobaan pengujian kontrol PID agar mengetahui keandalan sistem dalam mempertahankan nilai setpoint yang diinginkan diantaranya 3 kali percobaan saat pembacaan sensor berada di bawah setpoint yang diinginkan dan 3 kali percobaan

saat pembacaan sensor diatas nilai setpoint yang diinginkan dan sebanyak 1 kali ketika sudah mencapai setpoint diberikan gangguan pada plant sistem.

### 3.2.1. Pengujian Kontrol PID dengan error Berada di bawah setpoint

Pada pengujian sensor pH-4502C pembacaan awal derajat keasaman adalah sebesar 3.85 pH dengan setpoint yang ingin dicapai adalah 5.5 pH. Berdasarkan nilai setpoint yang diinginkan terdapat perbedaan error sebanyak 1.65 pH dari nilai pembacaan awal sensor. Nilai error tersebut akan menjadi nilai input sistem dan akan diolah oleh kontrol PID, sehingga menuju nilai setpoint. Maka dari hasil pengujian didapatkan data yang dapat dilihat pada Gambar 9.



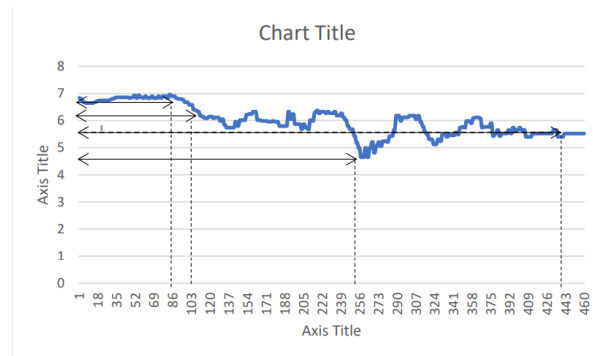
Gambar 9. Respon Pengontrolan pH saat berada di bawah setpoint

Berdasarkan Gambar 9 dapat dianalisis bahwa respon sistem kontrol pH, berdasarkan nilai waktu yang dapat dilihat adalah rise time sebesar 146 detik, delay time sebesar 51 detik, settling time sebesar 235 detik, dan peak time sebesar 162 detik. Berdasarkan karakteristik grafik sampling dari hasil pengujian menghasilkan maximum overshoot sebesar 22% dan error steady state 0.7%.

### 3.2.2. Pengujian Kontrol PID Dengan Error Berada Di Atas Setpoint

Pada pengujian sensor pH-4502C pembacaan awal derajat keasaman adalah sebesar 3.85 pH dengan setpoint yang ingin dicapai adalah 5.5 pH. Berdasarkan nilai setpoint yang diinginkan terdapat perbedaan error sebanyak 1.65 pH dari nilai pembacaan awal sensor. Nilai error tersebut akan menjadi nilai input sistem dan akan diolah oleh kontrol PID, sehingga menuju nilai setpoint. Maka dari hasil pengujian didapatkan data yang dapat dilihat pada Gambar 10.

Berdasarkan Gambar 10 dapat dianalisis bahwa respon sistem kontrol pH, berdasarkan nilai waktu yang dapat dilihat adalah rise time sebesar 146 detik, delay time sebesar 51 detik, settling time sebesar 235 detik, dan peak time sebesar 162 detik. Berdasarkan karakteristik grafik sampling dari hasil pengujian menghasilkan maximum overshoot sebesar 22% dan error steady state 0.7%.



Gambar 10. Respon Pengontrolan pH saat berada di atas setpoint

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

Telah berhasil dirancang prototype alat sistem monitoring dan pengendalian cairan buffer untuk derajat keasaman tanaman hidroponik dengan sensor pH-4502C dan kontrol PID sebagai pengendali motor DC.

Pengujian sensor pH-4502C memiliki tingkat akurasi pembacaan pH dengan rerata error sebesar 0,305%

Pengujian pompa motor DC memiliki rentang kinerja yang optimal pada rentang 90 – 240 PWM dengan kecepatan putaran motor sebesar 8560 – 14448

Pengujian respon sistem kontrol pH kondisi pH di bawah setpoint 5.5 pH terhadap waktu adalah rise time 146 detik, delay time 51 detik, settling time 235 detik, peak time sebesar 162 detik, maximum overshoot 22% dan error steady state 0.7%.

Pengujian respon sistem kontrol pH kondisi pH di atas setpoint 5.5 pH terhadap waktu adalah rise time 104 detik, delay time 97 detik, settling time (2%) 438 detik, peak time sebesar 250 detik, maximum overshoot 15.4% dan error steady state 0.3%.

Implementasi sistem monitoring dan pengendalian derajat keasaman hidroponik telah berhasil dilaksanakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring dan pengendalian derajat keasaman hidroponik lebih efektif dibandingkan dengan cara manual, karena adanya sistem ini dapat meningkatkan efektivitas waktu budidaya yang diterapkan pada tanaman selada..

## Referensi

- [1] Qurrohman, Budi F. S. T, "Bertanam Selada Hidroponik Konsep Dan Aplikasi," Bandung: Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN SGD Bandung, 2019.

- [2] Hartus, T, "Berkebun Hidroponik Secara Murah," Jakarta: Penebar swadaya, 2008.
- [3] Grubben, G. J. H. dan S. Sukprakarn., "Lactuca sativa L., In J. S. Siemonsma and K. Piluek (Eds.)," Plant Resources of South-East Asia no. 8, pp. 186-190,1994.
- [4] Fachrurrozie, A., Patria, M.P dan Widiarti, R, "Pengaruh Perbedaan Intensitas Cahaya terhadap Kelimpahan Zooxanthella pada Karang bercabang (Acropora) di Perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu," Akuatika, vol 3, no. 2, pp. 115-120, 2012.
- [5] Indriyati, D.J, "Kajian Karakteristik Termal Aliran Larutan Nutrisi Sepanjang Pipa Lateral pada Sistem Hidroponik Substrat," Jurnal Institut Pertanian Bogor, 2002.
- [6] Sutiyoso, Y, Hidroponik ala Yos, Jakarta: Penebar Swadaya, 2004.
- [7] D. Z. Vidiyanto, S. Fatimah, and C. Wasonowati, "Penerapan Panjang Talang Dan Jarak Tanam Dengan Sistem Hidroponik NFT ( Nutrient Film Technique ) Pada Tanaman Kailan ( Brassica oleraceae var . alboglabra )," Agrovivor, vol. 6, no. 2, pp. 128–135, 2006.
- [8] Handayani, Yessi, "Uji Kemiringan Talang Sistem Fertigasi Hidroponik Nft (Nutrient Film Technique) Pada Budidaya Tanaman Selada(Lactuca Sativa)," Jurnal Universitas Sumatera Utara, 2011.
- [9] Egilla, J. N., & Ikem, A. "Influence of Nutrient Source and Growing Environment on Tissue Elemental Concentration and Yield of Cos Lettuce in Hydroponic Culture," International Journal of Vegetable Science, vol. 17, no. 3, 83–103, 2010.
- [10] Qurrohman, Budi F. S. T, Bertanam Selada Hidroponik Konsep Dan Aplikasi. Bandung: Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN SGD Bandung, 2019.
- [11] Abdul Kadir, Paduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya menggunakan Arduino, Jogjakarta: Andi, 2012.
- [12] Kadir, Abdul, Buku Pintar Pemrograman Arduino, Yogyakarta: Media Kom, 2014.
- [13] Dickson N. T. H, et al. Modular Motor Driver with Torque Control for Gripping Mechanism. International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors. Procedia Engineering. 2012.
- [14] Iqtimal.Z, Sara I.D, Syahrizal, "Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air" Universitas Syiah Kuala, vol.3, no. 1, pp.1-8, 2018.
- [15] Irwansyah. Muhammad, Istardi. Didi, "Pompa Air Aquarium Menggunakan Solar Panel," Jurnal Integrasi, Vol. 5, No.1, Feb, 2013.
- [16] Wanta, Kevin Cleary, Putra, Federick Dwi, dan Susanti, Ratna Frida "Pengaruh Derajat Keasaman (pH) dalam Proses Presipitasi Hidroksida Selektif Ion Logam dari Larutan Ekstrak Spent Catalyst" Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 13, No.2.2019.
- [17] Sitorus, Baity, "Pendeteksian pH air menggunakan sensor pH meter V1.1 berbasis Arduino nano" Universitas Sumatera Utara 2017.