

**SISTEM KENDALI PID PARAMETER KELEMBAPAN DAN PH  
AKUAPONIK PADA TANAMAN KANGKUNG DAN  
IKAN MAS PADA *GREEN HOUSE***

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)



**Disusun oleh:**

**MUHAMMAD FIQRI AL FATHON**

**3332150045**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
2023**

## LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul :Sistem Kendali PID Parameter Kelembapan dan pH  
Akuaponik pada Tanaman Kangkung dan Ikan Mas pada  
*Green house*

Nama Mahasiswa :Muhammad Fiqri Al Fathon

NPM :3332150045

Fakultas/Jurusan :Fakultas Teknik/ Jurusan Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya siap bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, Oktober 2020

  
M. Fiqri  


NIM.3332150045

## LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa skripsi berikut

Judul : Sistem Kendali PID Parameter Kelembaban dan pH  
Akuaponik pada Tanaman Kangkung dan Ikan Mas pada  
*Green house*

Nama Mahasiswa : Muhammad Fiqri Al Fathon

NPM : 3332150045

Fakultas/Jurusan : Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 30 September 2022 melalui sidang  
Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan  
dinyatakan LULUS.

### Dewan Penguji

#### Tanda Tangan

Pembimbing I : Dr. Alimuddin, S.T., M.M., M.T. ....

Penguji I : Dr. Irma Saraswati, M.Sc. ....

Penguji II : Dr. Imamul Muttakin, MT. ....



**Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng.**

NIP. 198307032009121006

## PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya, sehingga saya mampu menyelesaikan skripsi ini dengan judul “sistem kendali pid parameter kelembapan dan pH aquaponik pada tanaman kangkung dan ikan mas pada *green house*”

Penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Saya menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya menyampaikan terima kasih, terutama kepada:

- (1) Keluarga yang telah memberikan dukungan moral dan materi dalam menyelesaikan skripsi ini.
- (2) Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- (3) Dr. Alimuddin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama menyelesaikan skripsi ini.
- (4) Prof. Dr. Ir. Supriyanto, ST., M.Sc., IPM. Selaku dosen pembimbing akademik.
- (5) Dan seluruh pihak yang terkait telah membantu dalam menjalankan dan menyelesaikan skripsi.

Semoga bantuan yang telah diberikan kepada penulis akan mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT.

Saya selaku penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kelemahan dan kekurangannya. Untuk itu saran beserta kritik yang membangun selalu penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis juga berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca. Terima kasih.

Cilegon, Mei 2022

Penulis

## ABSTRAK

Muhammad Fiqri Al Fathon

Teknik Elektro

### Sistem Kendali PID Parameter Kelembapan dan pH Akuaponik pada Tanaman Kangkung dan Ikan Mas Pada *Green house*

Metode tanam akuaponik merupakan salah satu sistem yang saling memanfaatkan simbiosis mutualisme antara tanaman dan juga ikan. Pada sistem akuaponik tidak memerlukan banyak lahan, sehingga menjadi salah satu solusi di bidang agrikultur untuk meningkatkan produktifitas. Ada beberapa parameter penting yang harus di kendalikan agar menghasilkan pertumbuhan yang optimal, diantaranya adalah kelembapan dan pH. Metode yang digunakan adalah kendali PID (*Proportional Integral Derivatif*) untuk mengendalikan parameter yang ditentukan untuk mencapai nilai *set point* yang diharapkan. Dengan menggunakan kendali PID untuk melakukan *monitoring* dan kendali terhadap parameter kelembapan dan pH, maka diperlukan *output* berupa pompa air, kipas, *heater*, *sprayer*. Sistem kendali yang telah dibuat sesuai dengan parameter yang telah ditentukan *set point* dari kelembapan 65%RH dan pH dengan nilai 6.5, dan respon PID yang terbaik pada kelembapan adalah *Time Delay* 154 detik, *Time rise* 308 detik, *Time peak* 380 detik, *Mp* 0 %, *error steady state* 0%, pada pH *Time Delay* 162,5 detik, *Time rise* 325 detik, *Time peak* 0 detik, *Mp* 23,7 %, *error steady state* 0 %.

Kata kunci: Akuaponik, kendali PID, kelembapan, pH, kendali.

## **ABSTRACT**

Muhammad Fiqri Al Fathon

Teknik Elektro

PID Control System Moisture Parameters and Aquaponic pH in Kale plants and Goldfish on Green house. The method of aquaponiks planting is one of the systems that mutually utilizes the symbiosis of mutualism between plants and fish. In the aquaponik's system does not require a lot of land, so it becomes one of the solutions in the field of agriculture to increase productivity. There are several important parameters that must be controlled in order to produce optimal growth, including humidity and pH. The method used is pid control to control the specified parameters to achieve the expected set point value. By using PID(Proportional Integral Derivatif) control to monitor and control the humidity and pH parameters, it requires output in the form of water pumps, fans, heaters, sprayers. The control system that has been created according to the predefined parameter set point of humidity 65%RH and pH with a value of 6.5. best respon from PID control from humidity is Time Delay:154 second, Time rise 308 second,Time peak 380 second,Mp 0 %,error steady state 0 %,for pH is Time Delay 162,5 second, Time rise 325 second,Time peak 0 second,Mp 23,7 %,error steady state 0 %.

Keywords: Aquaponic, PID control, humidity, pH, control.

## DAFTAR ISI

<b>SISTEM KENDALI PID PARAMETER KELEMBAPAN DAN PH AKUAPONIK PADA TANAMAN KANGKUNG DAN IKAN MAS PADA <i>GREEN HOUSE</i></b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	1
1.3 Manfaat Penelitian .....	1
1.4 Rumusan Masalah .....	1
1.5 Batasan Masalah .....	1
1.6 Sistematika Penulisan .....	1
<b>BAB II</b> .....	<b>2</b>
2.1 Akuaponik .....	2
2.2 <i>Green house</i> .....	2
2.3 Tanaman kangkung .....	3
2.4 Ikan mas .....	4
2.5 Faktor luar terhadap pertumbuhan tanaman dan ikan .....	4
2.6 Sistem kendali .....	5
2.7 Kendali PID .....	6
2.8 Komponen sistem akuaponik .....	8
2.8.1 Arduino Uno.....	9
2.8.2 Sensor DHT22 .....	9
2.8.3 Sensor pH 4502C .....	11

2.8.4 <i>Relay</i> .....	11
2.8.5 LCD( <i>Liquid Crystal Display</i> ).....	12
2.8.6 Pompa air.....	13
2.8.7 Kipas DC.....	13
2.8.8 <i>Power supply</i> .....	14
2.9 Matlab.....	15
2.10 Kajian pustaka.....	15
<b>BAB III</b> .....	<b>18</b>
3.1 Alur penelitian.....	18
3.2 Perancangan Akuaponik.....	19
3.3 Diagram blok pengendalian sistem pada rumah kaca.....	19
3.4 Perancangan Alat.....	21
3.5 Sistem keseluruhan rumah kaca.....	23
3.6 Perancangan <i>Software</i> .....	24
3.7 Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
3.8 Algoritma Sistem.....	24
<b>BAB IV</b> .....	<b>26</b>
4.1 Pengujian <i>Hardware</i> .....	26
4.1.1 Pengujian sensor pH 4502C.....	26
4.1.2 Pengujian Sensor DHT22.....	29
4.1.3 Pengujian LCD dan I2C.....	31
4.1.4 Pengujian Relay dengan Pompa Air.....	31
4.1.5 Pengujian <i>Relay</i> dengan Kipas DC.....	32
4.1.6 Pengujian <i>Relay</i> dengan <i>Heater</i> .....	33
4.2 Pengujian Monitoring.....	33
4.3 <i>Bump test</i> parameter PID pada Matlab.....	35
4.4 Pengujian sistem kendali PID pada pH dan kelembapan.....	35
4.4.1 Pengujian sistem kendali untuk pH pekan pertama.....	36
4.4.2 Pengujian sistem kendali untuk pH pekan kedua.....	37
4.4.3 Pengujian sistem kendali untuk pH pekan ketiga.....	38
4.4.4 Pengujian sistem kendali untuk pH pekan keempat.....	40
4.4.5 Pengujian sistem kendali untuk kelembapan pekan pertama.....	41



4.4.6 Pengujian sistem kendali untuk kelembapan pekan kedua .....	42
4.4.7 Pengujian sistem kendali untuk kelembapan pekan ketiga .....	44
4.4.8 Pengujian sistem kendali untuk kelembapan pekan keempat .....	45
4.5 Laju pertumbuhan akuaponik selama 1 bulan .....	46
<b>BAB V.....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
Lampiran A Coding Monitoring .....	A-1
Lampiran B <i>Coding Bump Test</i> .....	B-1
Lampiran C Coding PID .....	C-1
Lampiran D Coding Karakteristik Kendali PID.....	D-1
Lampiran E Gambar Komponen Akuaponik .....	E-1

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Akuaponik .....	2
Gambar 2. 2 Tanaman Kangkung. ....	3
Gambar 2.3 Ikan Mas .....	4
Gambar 2.4 Diagram Blok Kontrol PID [21].....	7
Gambar 2.5 Arduino Uno.....	9
Gambar 2.6 Sensor DHT22 .....	10
Gambar 2.7 Sensor pH 4502C.....	11
Gambar 2.8 Relay .....	12
Gambar 2.9 LCD(Liquid Crystal Display).....	12
Gambar 2.10 Pompa air. ....	13
Gambar 2.11 Kipas DC. ....	14
Gambar 2.12 Power supply. ....	15
Gambar 3. 1 Perancangan akuaponik .....	19
Gambar 3.2 Diagram blok pengendalian pH. ....	20
Gambar 3.3 Diagram blok pengendalian kelembapan. ....	20
Gambar 3.4 Diagram sistem PID penelitian. ....	21
Gambar 3. 5 Perancangan Alat .....	21
Gambar 3.6 Rangkaian sistem keseluruhan. ....	23
Gambar 3.7 Diagram alur PID .....	24
Gambar 4.1 Pengujian sensor pH.....	27
Gambar 4.2 Pengujian sensor DHT22.....	29
Gambar 4.3 Pengujian LCD .....	31
Gambar 4.4 Pengujian pompa air .....	31
Gambar 4.5 Pengujian Kipas DC .....	32
Gambar 4.6 Pengujian heater .....	33
Gambar 4.7 <i>Monitoring</i> pH.....	34
Gambar 4.8 <i>Monitoring</i> Kelembapan.....	35
Gambar 4.9 Gambar pengujian pekan pertama .....	36
Gambar 4.10 Gambar pengujian pH pekan kedua .....	37
Gambar 4.11 Gambar pengujian pH pekan ketiga .....	39
Gambar 4.12 Gambar pengujian pH pekan keempat .....	40
Gambar 4.13 Gambar pengujian kelembapan pekan pertama.....	41
Gambar 4.14 Gambar pengujian kelembapan pekan kedua.....	43
Gambar 4.15 Gambar pengujian kelembapan pekan ketiga.....	44
Gambar 4.16 Gambar pengujian kelembapan pekan keempat.....	45
Gambar 4.17 Pengukuran Ikan mas .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi DHT22 .....	10
Tabel 3.1 konfigurasi pin alat penelitian .....	22
Tabel 4.1 Perbandingan pH 6,86 antara sensor pH 4502C dan pH meter pH-00927	
Tabel 4.2 Perbandingan pH 4,01 antara sensor pH dan pH meter pH-009.....	28
Tabel 4.3 Perbandingan sensor DHT22 dan Hygrometer ThermoPro TP50 .....	30
Tabel 4. 4 Tabel data pH pekan pertama.....	37
Tabel 4.5 Tabel data pH pekan kedua.....	38
Tabel 4.6 Tabel data pH pekan ketiga.....	39
Tabel 4.7 Tabel data pH pekan keempat.....	41
Tabel 4.8 Tabel data kelembapan pekan pertama. ....	42
Tabel 4.9 Tabel data kelembapan pekan kedua.....	43
Tabel 4.10 Tabel data kelembapan pekan ketiga. ....	44
Tabel 4.11 Tabel data kelembapan pekan keempat.....	46
Tabel 4.12 Tabel data pertumbuhan ikan mas.....	46
Tabel 4.13 Tabel pengukuran tinggi tanaman kangkung .....	47

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian masih memegang peranan penting bagi perekonomian nasional. Hal tersebut dikarenakan beberapa alasan, pertama, sektor pertanian merupakan sektor yang mendasari kehidupan setiap masyarakat di Indonesia [1]. Di sisi lain, kebutuhan pangan yang semakin meningkat membuat pemerintah harus menetapkan kebijakan perlindungan lahan pertanian pangan agar tidak dialih fungsikan [2]. Pertumbuhan penduduk suatu wilayah berhubungan dengan meningkatnya alih fungsi lahan pertanian berbanding terbalik dengan semakin banyaknya pertumbuhan manusia [3],

Hal ini menjadi salah satu pendorong terjadinya alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian [4]. Akuaponik sebagai salah satu metode urban farming mampu menjadi solusi akan peningkatan kebutuhan pangan dengan keterbatasan lahan di perkotaan [5]. Akuaponik merupakan penggabungan antara sistem budidaya akuakultur dengan hidroponik [6].

Pemanfaatan lahan pertanian dengan sayuran organik yang ditanam secara akuaponik memiliki nilai estetika menghasilkan tanaman dan ikan yang aman dan ramah lingkungan untuk dikonsumsi [7]. Melalui teknik ini menjadikan adanya kombinasi antara tanaman dan budidaya ikan dalam satu wadah/tempat [8]. Sistem pertanian yang mengandalkan *green house* memiliki beberapa keuntungan, yakni tanaman yang ditanam lebih terjaga dari hama dan penyakit, lebih mudah melakukan monitor dan kendali terhadap lingkungan didalam *green house* serta pertumbuhan tanaman bisa lebih optimal [9].

Prinsip utama dari teknologi akuaponik ini adalah untuk menghemat penggunaan lahan dan air, serta meningkatkan efisiensi usaha melalui pemanfaatan nutrisi dari sisa pakan dan metabolisme ikan sebagai nutrisi untuk tanaman air serta merupakan salah satu upaya sistem budidaya yang dinilai ramah lingkungan [10].

Sistem akuaponik merupakan salah satu sistem terintegrasi antara akuakultur dengan hidroponik dimana limbah budidaya ikan berupa sisa metabolisme dan sisa pakan dijadikan sebagai pupuk untuk tanaman [11]. Tanaman ini juga berfungsi

sebagai fitoremediator yang dapat menurunkan, mengekstrak atau menghilangkan senyawa organik dan anorganik dari limbah [12].

Sistem akuaponik merupakan sistem pada teknik budidaya yang mempertahankan kualitas air selama periode tertentu tanpa mengganggu pertumbuhan ikan yang dipadukan dengan sistem tanaman akuatik[13]. Beberapa penelitian mengenai sistem akuaponik telah dilakukan. Salah satunya adalah penelitian yang memantau suhu dan kelembapan tanah serta mengendalikan pompa dan kipas untuk mengondisikan akuaponik dalam skala lab [14]. Parameter yang dipantau meliputi suhu ruangan, kelembapan, suhu akuarium, dan pH [15].

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Membuat sistem kendali kelembapan (%RH) dan *Power of Hydrogen* (pH) pada air nutrisi akuaponik menggunakan metode PID yang mampu mempertahankan *error steady state* dibawah 3%.
- b. Mengetahui bagaimana sistem kendali PID melakukan kendali terhadap parameter pH dan kelembapan yang telah di berikan pada *plant* akuaponik dengan bantuan aktuator.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan diterapkan untuk membantu aktivitas pertanian dengan metode akuaponik yang mampu dikendali dengan kendali PID(*Proportional Integral Derivative*). Penelitian ini juga dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya yang menggunakan metode kendali PID(*Proportional Integral Derivative*) dalam bidang agrikultur di lingkungan Fakultas Teknik khususnya Teknik elektro.

## 1.4 Rumusan Masalah

Ditinjau berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka perumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

- a. Berapakah *set point* terbaik yang digunakan untuk mengendalikan parameter *plant* akuaponik.
- b. Apa saja pengaruh lingkungan terhadap sistem kendali PID dalam melakukan kendali terhadap parameter yang telah ditentukan.
- c. Bagaimana Respon kerja sistem kendali PID pada parameter *humidity* (%RH) dan *Power of Hydrogen* (pH) sehingga mampu mendapatkan sistem kendali yang optimal.

### **1.5 Batasan Masalah**

Penelitian yang dikerjakan akan dibatasi ruang lingkupnya, yaitu:

- a. Sistem kendali pada penelitian ini adalah sistem kendali PID
- b. Penelitian ini hanya mengendalikan kelembapan pada udara (%RH) dan *Power of Hydrogen* (pH) air pada sistem akuaponik.
- c. Pada penelitian ini, objek yang digunakan adalah tanaman kangkung dan ikan mas.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Tahapan penulisan skripsi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan secara garis besar tentang latar belakang masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi penjelasan tentang teori-teori yang diperlukan untuk memahami permasalahan yang dibahas pada penelitian ini. Teori ini berkaitan dengan sistem kendali PID untuk melakukan *monitoring* dan kendali terhadap kelembapan dan pH untuk akuaponik pada *green house*.

#### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menjabarkan tahapan penelitian berupa analisis kebutuhan penelitian, perancangan arsitektur sistem, desain rangkaian elektronika, dan implementasi alat.

#### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang implementasi alat dan hasil implementasi dari uji coba yang telah dijabarkan pada Bab III.

#### BAB V PENUTUP

Bab ini berisi ringkasan keseluruhan penelitian, kesimpulan hasil penelitian disertai saran-saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sambenthro, Ellinda Agustien.2012 “Tata Niaga Gabah/Beras (Studi Kasus: Petani Padi Di Desa Margodadi, Kecamatan Seyegan, Kabupaten Sleman)”. S1 Skripsi, Uajy.
- [2] Kusumastutia. C., M. Kolopakingl., & Barusb. 2018. “Factors Affecting The Conversion Of Agricultural Land In Pandeglang Regency”. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 6(2). <https://doi.org/10.22500/Sodality.V6i2.23234>
- [3] Indrianawati, Nadhiya D. Mahdiyyah 2019 Dampak Pertumbuhan Penduduk Terhadap Alih Fungsi Lahan Pertanian Di Kabupaten Cirebon Tahun 2010-2016 Jurusan Teknik Geodesi Ftsp - Institut Teknologi Nasional, Bandung. *Reka Geomatika* No.1 | Vol. 2019 | 21-29 Issn 2714-7401.
- [4] Syaifuddin, Hamire A, Dahlan. 2013. Hubungan Antara Jumlah Penduduk Dengan Alih Fungsi Lahan Di Kecamatan Somba Opu Kabupaten Gowa. *Jurnal Agrisistem*. Vol. 9/2, Pp. 169-179.
- [5] Y. Wei, W. Li, D. An, D. Li, Y. Jiao, Dan Q. Wei,2019.“Equipment And Intelligent Control System In Aquaponics: A Review,” *Ieee Access*, Vol. 7, Hal. 169306–169326.
- [6] A. Z. M. H. Ambrosio Et Al., “Implementation Of A Closed Loop Control System For The Automation Of An Aquaponic System For Urban Setting,” 2019 *Ieee 11th Int. Conf. Humanoid, Nanotechnology, Inf. Technol. Commun. Control. Environ. Manag. Hnicem 2019*, 2019.
- [7] Prihatiningsih, N., Minarni, E. W., & Nurtiati, N. (2020). Sayuran Organik Sistem Vertikultur Aquaponik Sebagai Pemanfaatan Lahan Pekarangan. *Dimas Budi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Setia Budi*, 4(1), 11–19.
- [8] Lennard, W., & Goddek, S. (2019). *Aquaponics: The Basics. Aquaponics Food Production Systems*, 113–143.
- [9] Körner, Oliver & Gutzmann, E. & Kledal, Paul. (2017). A Dynamic Model Simulating The Symbiotic Effects In Aquaponic Systems. *Acta Horticulturae*. 309-316. [10.17660/Actahortic.2017.1170.37](https://doi.org/10.17660/Actahortic.2017.1170.37).
- [10] Zidni, Irfan & Iskandar, Iskandar & Rizal, Achmad & Andriani, Yuli & Ramadan, Rian. (2019). The Effectiveness Of Aquaponic Systems With Different Types Of Plants On The Water Quality Of Fish Culture Media. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*. 9. 81. [10.33512/Jpk.V9i1.7076](https://doi.org/10.33512/Jpk.V9i1.7076).
- [11] Stathopoulo P, Berillis P, Levizou E, Sakellariou-Makrantonaki M, Kormas Ak, Aggelaki A, Kapsis P, Vla Hos N, Mente E. 2018. *Aquaponics: A Mutually Beneficial Relationship Of Fish, Plants And Bacteria. Hydromedit*. 1-5.
- [12] Hadiyanto Dan Christwardana M. 2012. Aplikasi Fitoremediasi Limbah Jamu Dan Pemanfaatannya Untuk Produksi Protein. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 10(1):32-37.
- [13] Wicaksana, S., N., Hastuti, S., Arini, E. 2015. Performa Produksi Ikan Lele Domno (*Clarias Gariepinus*) Yang Dipelihara Dengan Sistem Biofilter



- Akuapomik Dan Konvensional. *Jurnal Of Aquaculture Management And Technology*, 4 (4) : 109-116.
- [14] W. Vernandhes, N.S. Salahuddin, A. Kowanda, Dan S.P. Sari, "Smart Aquaponic With Monitoring And Control System Based On Iot," *Proc. 2nd Int. Conf. Informatics Comput. Icic 2017, 2018*, Hal. 1–6.
- [15] M.F.U. Butt, R. Yaqub, M. Hammad, M. Ahsen, M. Ansir, Dan N. Zamir, "Implementation Of Aquaponics Within Iot Framework," *Proc. - Ieee Southeastcon, 2019*, Hal. 1–6.
- [16] Sukita, Yopi. 2014. Pengendali Intensitas Cahaya, Suhu, Dan Kelembapan Pada Rumah Kaca Dengan Metode Pid. Undergraduated Thesis, Universitas Bengkulu. 1–56.
- [17] Diw Satrio, Dimas, 2012. Instrumentasi Pada Miniatur Rumah Kaca Berbasis Mikrokontroler Atmega16. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- [18] Rahmadhani, L., Widuri, L., & Dewanti, P, 2020. Kualitas Mutu Sayur Kasepak (Kangkung, Selada, Dan Pakcoy) Dengan Sistem Budidaya Akuaponik Dan Hidroponik. *Jurnal Agroteknologi*, 14(01), 33-43. Doi:10.19184/J-Agt.V14i01.15481.
- [19] Mudeng, J. D., J Londong, S. N., Unsrat Manado, S. 2019. Budidaya Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*) Sistem Akuaponik Dengan Padat Penebaran Berbeda (Akuaponik Culture System Of Carp, *Cyprinus Carpio*, At Different Stocking Densities). *Program Studi Budidaya Perairan Fpik In Budidaya Perairan (Vol. 7, Issue 2)*. Bpbatjambi/6.
- [20] Ni Luh Gede Sri Yadnya Ningsih, A. Q. & I. W. F. 2021. Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu Dan Kelembapan Udara Ruang Pembibitan Tanaman Terung Ungu Berbasis Mikrokontroler. *Universitas Telkom: Jurnal Otomasi, Kendali & Instrumentasi*. 13, 1–6.
- [21] K.J. Astrom, & T. Hagglund, 2004. Revisiting The Ziegler–Nichols Step Response Method For Pid Control. *Journal Of Process Control*, 14, 635–650.
- [22] Arduino, 2020. Overview Of Arduino Uno, <https://Store.Arduino.Cc/Usa/Arduino-Uno-Rev3>, (Accessed Oct. 13, 2020).
- [23] Electronics Co., L. A, 2018. Digital-Output Relative Humidity & Temperature Sensor/Module Dht22 (Dht22 Also Named As Am2302).
- [24] Dwiky Putrat., & Aisuwaryar, 2022. Sistem Kendali Dan Monitoring Ph Serta Pemberian Pakan Ikan Otomatis Pada Aquaponik Berbasis Mikrokontroler. *Chipset*, 3(01),73-82. <https://Doi.Org/10.25077/Chipset.3.01.73-82.2022>
- [25] Saleh, M., & Haryanti, M, 2017. Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay. *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana* , 8, 181–186.
- [26] "Lcd(Liquid Crystal Diplay)", 2019. <https://Elektronika-Dasar.Web.Id/Lcd-Liquid-Cristal-Display/> (Accessed Oct. 16, 2020).
- [27] D. Indonesia, "Pengertian Pompa Air", 2018. <https://Dabindonesia.Co.Id/2018/09/30/Pengertian-Pompa-Air/> (Accessed May 20, 2021).

- [28] Feriska, A., & Triyanto, D, 2017. Rancang Bangun Penjemur Dan Pengering Pakaian Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Coding Sistem Komputer Untan*, 5, 67–76.
- [29] Suseno, Anang Ari, 2013. Pengendali Nyala Lampu Menggunakan Media Infra Merah Berbasis Mikrokontroler. Purwokerto: Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- [30] Cahyono, Budi, 2016. Penggunaan Software Matrix Laboratory (Matlab) Dalam Pembelajaran Aljabar Linier. *Phenomenon : Jurnal Pendidikan Mipa*. 3. 45.10.21580/Phen.2013.3.1.174.
- [31] Sirait, R., Botiwicaksono, C., Teknik, F., Luhur, U. B., Utara, P., & Lama, K, 2020. Sistem Kendali Kelembapan Tanah Pada Tanaman Tomat Menggunakan Pid.19(3),262-273.  
<https://doi.org/10.33633/Tc.V19i3>. 3668
- [32] Zidni, Irfan & Iskandar, Iskandar & Rizal, Achmad & Andriani, Yuli & Ramadan, Rian, 2019. The Effectiveness Of Akuaponik Systems With Different Types Of Plants On The Water Quality Of Fish Culture Media. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*. 9. 81. 10.33512/Jpk.V9i1.7076.
- [33] Aziz, F., & Suprianto, B, 2019. Rancang Bangun Sistem Pengendalian Kelembapan Pada Sistem Tanam Aeroponik Menggunakan Kendaliler Pid. *Jurnal Teknik Elektro*, 8, 595–602.
- [34] Razvarz, S., & Vargas-Jarillo, C. 2019. Flow Control Of Fluid In Pipelines Using Pid Controller. 7, 25673–25680.  
<https://doi.org/10.1109/Access.2019.2897992>
- [35] Krysando Ardilles, E., & Doni Ramdan, S. (N.D.) 2020. Robot Beroda Pemadam Api Berbasis Arduino Uno Menggunakan Pid (Vol. 2, Issue 2).
- [36] Munadi, M., Pandu, R. A., Wiradinata, R., Julianti, H. P., & Setiawan, R, 2020. Model And Prototype Of Mobile Incubator Using Pid Controller Based On Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 8(1), 69–77. <https://doi.org/10.14710/Jtsiskom.8.1.2020.69-77>.