



**SISTEM KONTROL DAN *MONITORING* pH SERTA KELEMBAPAN  
OTOMATIS PADA TANAMAN SAWI DAGING DAN IKAN NILA  
UNTUK POLA COCOK TANAM AKUAPONIK**

**SKRIPSI**

Oleh

**Ekky Wahyu Afrian  
NIM 131910201046**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**



**SISTEM KONTROL DAN *MONITORING* pH SERTA KELEMBAPAN  
OTOMATIS PADA TANAMAN SAWI DAGING DAN IKAN NILA  
UNTUK POLA COCOK TANAM AKUAPONIK**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Ekky Wahyu Afrian  
NIM 131910201046**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**

## PERSEMBAHAN

Dengan segala puja dan puji syukur kepada Allah Subhanallahu Waa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini merupakan sebuah pencapaian awal yang saya raih sebelum menuju kepada pencapaian selanjutnya. Dengan penuh rasa bahagia dan terimakasih, saya persembahkan skripsi ini kepada :

1. Kedua orang tua saya, Ayahanda Yuswohadi dan ibunda Anik Susiyanah tercinta yang telah membesarkan, mendidik, dan memberikan begitu banyak cinta dan kasih sayang, juga doa yang tak pernah putus dipanjatkan untuk saya sehingga bisa menyelesaikan skripsi dan mendapatkan gelar ini, seluruh pencapaian ini saya persembahkan untuk beliau.
2. Dosen pembimbing utama Bapak Khairul Anam S.T., M.T., Ph.D serta bapak Dosen Pembimbing Anggota Bapak Mohamad Agung Prawira Negara, S.T., M.T. atas keikhlasan dan kesabarannya dalam membimbing saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Guru-guru sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi atas ilmu yang telah diberikan.
4. Almamater fakultas Teknik Universitas Jember

## MOTTO

Kemuliaan seseorang adalah agamanya, harga diri ( kehormatan ) seseorang adalah akalnya, sedangkan ketinggian kedudukannya adalah akhlaknya  
( HR. Ahmad dan Al Hakim)\*)

“Urusan seorang mukmin patut dikagumi. Semua urusannya merupakan kebaikan bagi dirinya dan tidak terdapat kecuali pada diri seorang mukmin. Apabila memperoleh kesenangan dia bersyukur dan itu baik untuk dirinya. Dan bila ditimpa kesusahan dia bersabar dan itu baik untuk dirinya”.

(HR.Imam Muslim)\*\*)

“ Waktu itu bagaikan pedang, jika kamu tidak memanfaatkannya menggunakan untuk memotong, ia akan memotongmu (menggilasmu)”

(H.R. Muslim\*\*\*)

---

\*) HR. Ahmad dan Al Hakim

\*\*) HR.Imam Muslim

\*\*\*) H.R. Muslim

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ekky Wahyu Afrian

NIM : 131910201046

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “ Sistem Kontrol dan *Monitoring* pH Serta Kelembaban Otomatis Pada Tanaman Sawi Daging dan Ikan Nila Untuk Pola Cocok Tanam Akuaponik ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 31 Juli 2017

Yang menyatakan,

Ekky Wahyu Afrian

NIM. 131910201046

**SKRIPSI**

**SISTEM KONTROL DAN *MONITORING* pH SERTA KELEMBAPAN  
OTOMATIS PADA TANAMAN SAWI DAGING DAN IKAN NILA  
UNTUK POLA COCOK TANAM AKUAPONIK**

Oleh :

Ekky Wahyu Afrian

NIM 131910201046

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Khairul Anam S.T., M.T., Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Mohamad Agung Prawira Negara, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul Sistem Kontrol dan *Monitoring* pH Serta Kelembaban Otomatis Pada Tanaman Sawi Daging dan Ikan Nila Untuk Pola Cocok Tanam Akuaponik” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Senin, 31 Juli 2017

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Ketua,

Anggota I,

Khairul Anam, S.T., M.T., Ph.D  
NIP 197804052005011002

Mohamad Agung Prawira N., S.T.,M.T.  
NIP 198712172012121003

Anggota II,

Anggota III,

Sumardi, S.T., M.T.  
NIP 196701131998021001

RB Moch.Gozali, S.T., M.T.  
NIP 196906081999031002

Mengesahkan  
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.  
NIP 196612151995032001

## RINGKASAN

**“Sistem Kontrol dan *Monitoring* pH Serta Kelembaban Otomatis Pada Tanaman Sawi Daging dan Ikan Nila Untuk Pola Cocok Tanam Akuaponik”**; Ekky Wahyu Afrian; 131910201046; 2017;76 Halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Sistem teknologi akuaponik merupakan penggabungan antara sistem akuakultur dan sistem hidroponik, pH merupakan salah satu parameter penting pada akuaponik, sistem akuaponik menggunakan *control* PID yang berfungsi sebagai kontrol aktuator dimana yang dikendalikan laju aliran dari cairan *buffer*, menggunakan penalaan *tunning* Ziegler-Nichols metode kurva reaksi dapat menghasilkan grafik respon yang bagus dengan parameter  $K_p$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  sebagai *input* kontrol kendali dari *error* pembacaan sensor terhadap nilai *set point*, menggunakan kurva reaksi untuk menentukan parameter  $L$  (Kondisi belum bergerak) dan  $T$  (waktu transisi) sehingga didapatkan besar nilai  $L$  sebesar 46 detik dan  $T$  sebesar 116 detik, dengan menggunakan metode penalaan empiris Ziegler-Nichols dapat dihitung nilai  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  dan didapat nilai  $K_p = 3.02$ ,  $T_i = 92$  dan  $T_d = 23$ .

Dengan menggunakan parameter perhitungan Ziegler-Nichols dapat memperbaiki respon pada *plant* dalam mengatasi perubahan pH yang fluktuatif serta mempertahankan kondisi pH pada media akuarium dengan mempergunakan kontrol PID sistem mampu menuju nilai *set point* dengan cepat sebesar 55 detik dengan steady error 6%. Dengan mengontrol kelembaban tanah dan menjaga agar kondisi kelembaban 60 % pada media tanam akuaponik menjadikan kondisi tanaman selalu segar dan tumbuh dengan baik terlihat ketika dibandingkan media tanam *standart* serta dengan perlakuan yang sama pada kedua media tanam ini terdapat perbedaan dimana pada media tanam akuaponik lebih tumbuh subur dibanding dengan media tanam standart, pada usia tanam 35 hari tinggi tanaman pada akuaponik 16 cm dan 14 cm pada media tanam standart serta jumlah daun 15 buah pada sistem akuaponik dan 12 buah pada media tanam *standart*.

## SUMMARY

*“The control system and monitoring pH along with automatically humidity toward the system of Aquaponic planting through mustard greens plant and tilapia fish”*; Ekky Wahyu Afrian; 131910201046; 2017: 76 pages; Strata one (S1) Engineering, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Jember.

Aquaponic technology system is the merger between aquatics system and system hydroponics, ph is one parameter important at aquaponic, aquaponic control system use pid that serves as control actuator where controlled the rate of flow of a buffer, using penalaan tunning zigler-nichols the curve reaction can produce charts an good with the parameters  $k_p$ ,  $t_i$  and  $t_d$  as input control control of error reading censorship, value set the point used of curves reaction to determine parameter  $l$  ( conditions have not moved ) and  $t$  ( moment of transition obtained ) so much value  $l$  of 46 seconds and  $t$  worth 116 seconds, by using the method penalaan empirical ziegler-nichols can be counted  $k_p$ , value  $t_i$ ,  $t_d$  and is found value  $k_p = 3.02$ ,  $t_i = 92$  and  $t_d = 23$ .

Using parameter calculation zigler-nichols can improve response to plant in addressing changes in its ph fluctuant and protecting ph conditions in a media aquariums by whose pid able to control system to value set the point quickly of 55 seconds on steady error 6 %.With control moisture the ground and keep condition moisture 60 % in a media cropping akuaponik made the plant always fresh and growing with good looks when compared planting media standart and equal treatment on both media planting where there are differences in a media cropping akuaponik more thrives compared to grow standart, media at the age of planting 35 the tall plant in akuaponik 16 centimeters and 14 cm in a media standart and growing number of leaves 15 fruit on akuaponik system and 12 fruit on growing media standart.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah S.W.T. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “ Sistem Kontrol dan *Monitoring* pH Serta Kelembaban Otomatis Pada Tanaman Sawi Daging dan Ikan Nila Untuk Pola Cocok Tanam Akuaponik ”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
3. Bapak Bapak Khairul Anam, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Mohamad Agung Prawira Negara, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing hingga pengerjaan skripsi ini selesai;
4. Bapak Sumardi, S.T., M.T. selaku dosen penguji I;
5. Bapak RB. Moch. Gozali ST, MT. selaku dosen penguji II;
6. Seluruh Dosen Teknik Elektro yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan bimbingan selama mengikuti pendidikan di Jurusan teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;
7. Para staf karyawan dan karyawan serta teknisi Fakultas teknik Universitas jember yang telah memberikan bantuan selama mengikuti pendidikan di Fakultas teknik Universitas Jember;
8. Ayahanda Yuswohadi dan Ibunda Anik Susiyanah tercinta yang telah memberikan dorongan, semangat, kasih sayang, perhatian, kesabaran dan doa yang tak pernah putus demi mempermudah terselesaikannya skripsi ini;

9. Sahabat Femby Gita Cahyani, M.Fajar Gunawan, Arif, Intho, Mirza, Rokhim, Binawan, Iqbal yang telah memberikan dukungan, semangat, serta bantuannya.
10. Dulur-dulur INTEL (Elektro 2013) yang banyak membantu, dan memberi semangat dan dukungan sejak awal menjadi keluarga besar di teknik hari.
11. Keluarga besar Kholiq Squad yang telah memberikan waktu,dukungan serta Semangat dalam penyusunan skripsi ini.
12. Keluarga Dora KKN 114 yang telah memberikan kenangan manis selama proses 45 hari pengabdian masyarakat Harjomulyo, Kecamatan Silo, Jember, dan hari-hari setelahnya dengan komunikasi yang memberi semangat dan hiburan.
13. Konsentrasi Elektronika Elektro 2013 yang memberikan banyak ilmu dan kenangan bersama.
14. Dan seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna bagi pembaca dan bagi penulis sendiri pada khususnya semoga Allah SWT memberikan yang terbia untuk kita semua. Aamiin.

Jember, 31 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB 2. LANDASAN TEORI .....</b>	<b>4</b>
2.1 Teknologi Akuaponik.....	4
2.1.1 Kontrol Kualitas Air.....	4
2.1.2 Akuakultur .....	5
2.1.3 Hidroponik .....	6
2.1.4 Parameter Akuaponik.....	6
2.2 Tanaman Sawi ( <i>Brassica juncea</i> ).....	10
2.3 Biologi Ikan Nila.....	17
2.3.1 Kebutuhan Nutrisi Ikan Nila .....	18
2.3.2 Pertumbuhan Ikan Nila .....	19
2.3.3 Ratio Konversi Pakan .....	20
2.3.4 Kelangsungan Hidup .....	21
2.3.5 Kualitas Air Media .....	21

2.4 Arduino Mega 2560 .....	23
2.4.1 Pemetaan Pin .....	24
2.4.2 Ringkasan Spesifikasi .....	27
2.4.3 Sumber Daya .....	28
2.4.4 Memori.....	29
2.4.5 <i>Input</i> dan <i>Output</i> .....	29
2.4.6 Komunikasi .....	30
2.4.7 Pemrograman .....	31
2.4.8 <i>Reset (Software)</i> Otomatis .....	32
2.4.9 Perlindungan Beban Berlebihan pada USB .....	33
2.4.10 Karakteristik Fisik dan Kompatibilitas <i>Shield</i> .....	33
2.5 Sensor.....	33
2.5.1 Sensor pH DF Robot V1.1 .....	35
2.5.2 Sensor Kelembaban Tanah FC-28 .....	36
2.6 PID Kontrol.....	37
2.6.1 Tuning ( Penalaan ) Konstanta PID .....	37
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>40</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	40
3.2 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	40
3.3 Alat dan Bahan .....	41
3.3.1 Alat .....	41
3.3.2 Bahan .....	41
3.4 Perancangan Desain.....	42
3.5 Perancangan <i>Hardware</i> .....	43
3.6 Metode Penelitian .....	44
3.6.1 Diagram Blok Dasar Sistem Pengendali pH Air Akuarium.....	44
3.6.2 Diagram Alir .....	46
3.6.3 Pengujian.....	47
3.7 Desain Alat dan Kalibrasi Sensor.....	49
3.7.1 Kalibrasi Sensor Ph DF Robot v 1.1 .....	51
3.7.2 Penentuan Level Kondisi Kelembaban Tanah.....	51

3.7.3 Kalibrasi Pompa Injektor Asam dan Basa .....	53
<b>BAB 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>55</b>
4.1 Pengujian Sensor pH DF Robot v 1.1 .....	55
4.2 Analisa Data Sensor Kelembaban Tanah FC-28 .....	58
4.3 Pengujian Sistem Keseluruhan .....	63
4.3.1 Pengujian Respon Sistem Tanpa Kontrol .....	63
4.3.2 Pengujian Mode Manual (Kalang Terbuka).....	64
4.3.3 Pengujian Sistem Menggunakan Kendali PID.....	65
4.3.4 Perbandingan Respon Sistem Tanpa Kontrol Terhadap Kontrol PID ..	67
4.4. Analisa Pengamatan Perkembangan Tumbuhan Pada Media Tanam .....	69
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>73</b>
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran .....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>75</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>76</b>

## DAFTAR GAMBAR

2.1 Arduino Mega 2560 .....	23
2.2 Diagram Sederhana Dari <i>Feedback Controller</i> .....	37
2.3 Respon Terhadap Masukan Sinyal <i>Step</i> .....	38
2.4 Kurva Reaksi yang memiliki bentuk huruf S .....	39
3.1 Perancangan Desain .....	42
3.2 Perancangan <i>Hardware</i> Pengendali Air Aquarium .....	43
3.3 Diagram Blok Pengendali PID .....	44
3.4 Kontrol Pompa ON/OFF Kelembaban Media Tanam .....	45
3.5 Diagram Alir Program Utama .....	46
3.6 Tampak Depan dan Ukuran Sistem Akuaponik .....	50
3.7 Tampak Atas Sistem Akuaponik .....	50
4.1 Grafik Perbandingan pH Terukur dengan Nilai ADC .....	56
4.2 Grafik Linear pH Meter dengan Nilai ADC .....	57
4.3 Grafik Data Pengamatan Kelembaban Tanah Terhadap Waktu .....	62
4.4 Respon Sistem Tanpa Kendali PID <i>Set Point</i> pH 7.00 .....	64
4.5 Grafik Respon Sistem Pengujian Kalang Terbuka ( <i>bump test</i> ) .....	65
4.6 Grafik Respon Kendali PID pada <i>Set Point</i> 7.00 .....	66
4.7 Grafik Perbandingan Respon Tanpa Kontrol Terhadap Kontrol PID .....	67

**DAFTAR TABEL**

2.1 Kandungan Unsur Mineral Dalam Kesedahan Air .....	8
2.2 Kualitas Air Untuk Ikan Nila .....	22
2.3 Pemetaan Pin Atmega 2560 dengan Arduino Mega 2560 .....	24
2.4 Aturan <i>tunning Ziegler Nichols</i> Metode Kurva Reaksi.....	39
3.1 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....	40
3.2 Perubahan Nilai ADC Sensor ke Nilai Persen .....	52
3.3 Pengkategorian Kondisi Kelembaban Tanah .....	53
4.1 Hasil Pengukuran Sensor pH dan Nilai ADC .....	55
4.2 Hasil Pengukuran pH Meter dan sensor pH.....	58
4.3 Data Kalibrasi Alat Kelembaban Tanah Terhadap Sensor FC-28 .....	59
4.4 Data Pengamatan Sensor Kelembaban Tanah .....	60
4.5 Perbandingan Pertumbuhan Tanaman .....	69

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem teknologi akuaponik merupakan penggabungan antara sistem akuakultur dan sistem hidroponik. Dalam sistem akuakultur, sumber daya air merupakan hal yang sangat penting. Ketersediaan air secara kuantitatif maupun kualitatif merupakan prasyarat untuk dapat berlangsungnya kegiatan akuakultur. Berdasarkan kadar garamnya (salinitas), perairan di permukaan bumi dibagi menjadi 3 golongan, yaitu air tawar, air payau, dan air laut. Air tawar memiliki salinitas 0-5 ppt (*part per thousand*), air payau 6-29 ppt, dan air laut 30-35 ppt.

Seiring dengan makin pesatnya laju pembangunan maka salah satu konsekuensi yang harus kita hadapi adalah semakin menyusutnya sumber air, khususnya di daerah perkotaan. Padahal, air menjadi salah satu yang dapat digunakan untuk mendukung aktivitas sehari-hari manusia, di antaranya adalah untuk bidang perikanan.(Nugroho at el, 2012)

Sistem teknologi akuaponik merupakan salah satu alternatif pemecahan yang dapat diterapkan dalam rangka pemecahan keterbatasan air tersebut. Di samping itu, sistem teknologi akuaponik juga mempunyai keuntungan lainnya berupa pemasukan tambahan dari hasil tanaman yang akan memperbesar keuntungan para peternak ikan (Syafaat, 2010).

Sistem teknologi budidaya akuaponik pada prinsipnya adalah menggabungkan antara budidaya perikanan dan tanaman dalam satu wadah. Budidaya ikan merupakan sektor utama usaha agribisnis, sedangkan hasil tanaman merupakan produk sampingan yang dapat menambah keuntungan para peternak ikan. Banyak sekali inovasi di bidang akuaponik saat ini seperti halnya yang telah dibuat oleh masyarakat dan mahasiswa seperti pengembangan akuaponik sistem tanam metode *Short Massage Services (SMS)* penelitian M Reza Vahlefi Tahun 2015, serta mengatur aliran air secara otomatis, namun dengan metode-metode yang telah di lakukan masih terdapat banyak kekurangan di bidang kontrol dan *monitoring* akuaponik tersebut seperti tidak adanya kendali pH dalam sistem aquarium dan kelembapan pada media tanam, sebenarnya telah

dilakukan pengembangan monitoring dalam bidang pertanian konvensional namun dalam bidang sistem akuaponik sendiri masih terbatas terhadap kontrol dan monitoring kelembaban tersebut, sehingga dalam kesempatan kali ini saya ingin membuat inovasi dan perancangan sistem akuaponik yang lebih modern dan efisien maka saya membuat tugas akhir saya berjudul “*Sistem Kontrol dan Monitoring pH serta Kelembapan Otomatis pada Tanaman Sawi Daging dan Ikan Nila untuk Pola Cocok Tanam Akuaponik*”, sehingga dari alat tersebut dapat membuka inovasi-inovasi baru dari pihak lain untuk mengembangkan lebih jauh lagi tentang teknologi akuaponik itu sendiri.

Akuaponik memiliki beberapa keuntungan lain, selain mengoptimalkan budidaya tanaman dan ikan. Akuaponik dapat dilakukan terhadap lahan yang sempit dan dengan teknik sirkulasi air dapat mengurangi pemakaian air untuk budidaya ikan, pencemaran limbah budidaya ikan, dan memastikan ketersediaan air bersih untuk budidaya ikan. Beberapa hal juga perlu diperhatikan dalam akuaponik adalah luas lahan, jenis ikan, kepadatan ikan, jenis tanaman, media tanam, rancangan sistem akuaponik, dan parameter biotik dan lingkungan (Syafaat, 2010).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah kami paparkan diatas dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang di hadapi sebagai berikut :

1. Bagaimana perancangan sistem akuaponik dengan pengendalian pH dan kelembapan dalam pola cocok tanam aquaponik menggunakan metode PID ?
2. Bagaimana cara mengatur pH pada aquarium dan kelembapan pada bak tanam agar mendapatkan sistem yang seimbang ?

### 1.3 Batasan Masalah

Pembahasan masalah pada penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal, antara lain :

1. Sistem yang digunakan adalah akuaponik dengan kontrol dan monitoring pH serta Kelembapan.
2. Jenis ikan yang digunakan pada sistem akuaponik ini adalah ikan Nila.
3. Jenis tanaman pada sistem akuaponik ini adalah tanaman sawi daging.
4. Sistem Akuaponik menggunakan Bak Tanam Pasang surut.
5. Laju aliran yang di kendalikan adalah laju aliran asam sedangkan pada aliran basa dialirkan secara konstan

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui cara perancangan sistem akuaponik efisien sebagai inovasi di bidang pertanian modern menggunakan metode PID sebagai kontrol pH air pada akuarium.
2. Terciptanya kontrol pH pada aquarium dan kelembapan pada bak media tanam sehingga dapat menciptakan sistem yang seimbang.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Masyarakat dapat mengetahui jenis bertanam yang lebih efisien dengan menggunakan sistem akuaponik.
2. Meningkatkan dan menumbuhkan kreatifitas mahasiswa untuk menciptakan hal-hal baru dalam bidang pertanian secara modern.
3. Memberikan wawasan terhadap sistem pertanian modern dengan teknik becok tanam secara akuaponik.

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Teknologi Akuaponik

Akuaponik merupakan salah satu teknologi terapan hemat lahan dan air yang dikombinasikan dengan berbagai tanaman sayuran sehingga dapat dijadikan sebagai suatu model perikanan perkotaan, sekaligus diterapkan sebagai bagian dari tata kota pertanian dikompleks perumahan. Akuaponik yang merupakan gabungan antara pemeliharaan ikan dan sayuran ternyata memberikan keuntungan ganda bagi peternak yang menerapkannya. Kandungan racun yang sering kali dihasilkan dari suatu usaha budidaya ikan umumnya dalam bentuk amonia. Ternyata kandungan racun tersebut dapat direduksi oleh tanaman hingga 90% dari kadar yang ada sehingga air tersebut masih layak digunakan kembali sebagai media dalam pemeliharaan ikan (Puspowardoyo,1992).

Dari hasil beberapa riset mengenai penggunaan *filter* dalam sistem resirkulasi dapat diketahui bahwa *filter* yang tersusun dari zeolit dan pasir dapat memperbaiki kondisi atau kualitas air yang digunakan dibandingkan jika tidak menggunakan *filter*. Pada suhu air 25-26<sup>0</sup>C dan pH antara 6-7 yang menggunakan *filter* dapat menurunkan kadar nitrit dari 4,4 mg/l (Pinus, L, 2009).

#### 2.1.1 Kontrol Kualitas dan Kuantitas Air

Beberapa parameter yang dapat dijadikan patokan penting dalam pelaksanaan monitoring secara praktis di lapangan adalah suhu, oksigen terlarut(DO), amonia (NH<sub>3</sub>) dan pH (derajat keasaman). Dengan mengetahui kadar parameter-parameter tersebut maka berbagai kemungkinan terburuk dapat dicegah jika kandungannya sudah melewati ambang batas.

Pengukuran suhu dan DO dilakukan setiap hari, sedangkan parameter pH dan amonia dapat dimonitor setiap 3 hari sekali. Adapun batas ambang dari masing-masing parameter yang diperoleh dalam suatu budidaya adalah sebagai berikut.

- Suhu (*fluktuasi*) tidak boleh lebih dari 4<sup>0</sup>C, suhu dibawah 25<sup>0</sup>C akan lebih mudah terjadi serangan penyakit oleh bakteri Ich.

- DO minimum yang dibutuhkan untuk pertumbuhan ikan adalah 4 (mg/l).
- Amonia maksimum yang ditolerir pada budidaya ikan adalah lebih kecil dari 0,6 mg/l.
- pH diharapkan berkisar 6-8, khusus untuk ikan patin dan nila dapat bertahan pada pH yang lebih rendah (Nugroho, 2008).

### 2.1.2 Akuakultur

Sistem teknologi akuakultur didefinisikan sebagai wadah produksi beserta komponen lainnya dan teknologi yang diterapkan pada wadah tersebut serta bekerja secara sinergis dalam mencapai tujuan akuakultur. Tujuan dari akuakultur adalah memproduksi ikan dan akhirnya mendapat keuntungan.

Sistem akuakultur ini juga bisa dikelompokkan menjadi dua, yaitu sistem akuakultur berbasis daratan (*land-based aquaculture*) dan sistem akuakultur berbasis air (*water-based aquaculture*). Pada sistem akuakultur berbasis air, interaksi antara ikan kultur dengan lingkungan luar sangat kuat dan hampir tidak ada pembatasan karena pada umumnya dilakukan di perairan multifungsi milik umum. Pemanfaatan air untuk banyak kepentingan lainnya tentu akan mempengaruhi ikan kultur, demikian sebaliknya. Keberadaan unit produksi akuakultur di perairan tersebut akan berdampak terhadap lingkungan.

Kolam air tenang adalah wadah pemeliharaan ikan yang di dalamnya terdapat air bersifat menggenang (*stagnant*). Air yang masuk ke dalam kolam ini hanya untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan (*evaporasi*) atau rembesan (*infiltrasi*) sehingga tinggi permukaan air kolam dipertahankan tetap. Untuk kolam seluas 1000 m<sup>2</sup>, debit air yang dibutuhkan untuk mempertahankan ketinggian air tetap konstan adalah sekitar 0,5 – 5 l/detik, tergantung pada kondisi pencahayaan matahari dari kolam. Kolam air tenang menggunakan perairan tawar sebagai sumber airnya, yaitu sungai, saluran irigasi, mata air, hujan, sumur, waduk, danau, dan situ (Effendi, 2004).

### 2.1.3 Hidroponik

Hidroponik berarti melakukan budidaya tanaman tanpa media tanah. Dalam bahas asal yaitu Yunani, hidroponik berasal dari kata *hydro* (air) dan *ponos* (kerja) yang berarti budidaya tanaman dengan air (Lingga, 2002). Hidroponik adalah teknik budidaya tanaman yang menggunakan media tumbuh selain tanah, dengan kata lain dapat juga diartikan sebagai budidaya tanpa tanah (*soiless culture*) (Untung, 2000).

Keuntungan dari sistem hidroponik adalah kemudahan sterilisasi media, penanganan nutrisi tanaman, menghemat luasan lahan, mudah penanganan gulma dan serangan hama penyakit, kemudahan hal penyiraman, kualitas produk bagus, menghemat pupuk, dan panen lebih besar (Resh, 1981).

Media yang digunakan dapat menyerap atau menyediakan nutrisi, air, dan oksigen serta mampu mendukung akar tanaman seperti halnya fungsi tanah (Lingga, 2002).

### 2.1.4 Parameter Akuaponik

Dalam budidaya ikan (khususnya ikan air tawar), kualitas air dapat diukur dengan beberapa parameter sebagai berikut :

#### 2.1.4.1 Derajat Keasaman (pH)

Keasaman atau pH air (*pondus Hydrogenii*) adalah indikasi dari bobot hidrogen yang berada dalam air. Derajat keasaman diukur dengan skala 1-14. Angka tujuh pada derajat keasaman menandakan keasaman air bersifat netral. Sementara itu, angka satu menunjukkan air bersifat asam. Sebaliknya, angka 14 menunjukkan air bersifat sangat basa atau alkalis.

Pengukuran pH tidak harus dilakukan di laboratorium, tetapi dapat dilakukan sendiri dengan menggunakan kertas pH atau kertas lakmus (metode perbedaan warna). Bentuk kertas lakmus berupa potongan-potongan kertas berukuran kecil. Cara pengukurannya, diambil sampel air, kemudian dicelupkan kertas lakmus ke dalam air sampel selama beberapa detik hingga tidak terjadi perubahan warna. Cocokkan warna kertas lakmus dengan indikator pH yang

tertera dalam kemasan kertas lakmus. Supaya hasilnya lebih akurat, ambil dan tes 2-3 sampel air.

Selain dengan kertas lakmus, pengukuran pH juga dapat dilakukan dengan menggunakan pH meter otomatis. Cara penggunaannya cukup gampang, dicelupkan ujung detektor pH meter yang terbuat dari logam ke dalam air. Secara otomatis, skala pada pH meter menunjukkan angka yang menggambarkan kondisi pH air yang sesungguhnya. Untuk keakuratan hasil, lakukan 2-3 kali pengukuran pada tempat yang berbeda.

Besar-kecilnya angka pH sangat dipengaruhi oleh kandungan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) di dalam air. Karbondioksida adalah hasil respirasi atau pernapasan ikan yang menghasilkan kandungan  $\text{CO}_2$  berbeda di siang dan malam hari. Ketika malam hari, kadar  $\text{CO}_2$  meningkat sehingga pH air juga naik. Ketika pagi dan siang hari, kadar  $\text{CO}_2$  akan turun sehingga pH air pun ikut turun.

Faktor lain yang mempengaruhi pH air adalah sisa pakan dan kotoran ikan. Jika air jarang diganti, bekas pakan dan kotoran ikan akan semakin menumpuk. Akibatnya, pH air menjadi semakin rendah. Untuk menetralkan pH di dalam kolam, air harus dikuras terlebih dahulu kemudian dibersihkan dan dikeringkan kolamnya. (Nugroho, 2008).

#### 2.1.4.2 Kesadahan (HD)

Kesadahan air (*hardness*) menunjukkan kandungan mineral, berupa kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan seng (Zn) di dalam air. Jika kandungan unsur mineral tersebut tinggi, air dianggap bersifat *hardness* atau keras. Jika kandungan mineralnya rendah, air dianggap bersifat *softness* atau lunak. Tinggi rendahnya kesadahan air sangat dipengaruhi oleh unsur mineral dalam tanah tempat air tersebut berada.

Tabel 2.1 Kandungan Unsur Mineral dalam Kesadahan Air

No	Kesadahan	Kandungan Kalsium/CaCO <sub>3</sub> (ppm)	Kesadahan (Derajat HD)
1	Lunak	0 – 50	0 – 3,5
2	Medium	50-150	3,5 – 10,5
3	Keras	150-300	10,5 – 21
4	Sangat keras	Lebih dari 300	Lebih dari 21

(Sumber : Effendi 2004).

Kesadahan air ( Tabel 2.1 ) dan pH merupakan unsur yang berbeda, tetapi memiliki keterkaitan yang erat. Biasanya air yang ber-pH basa, kesadahan airnya tergolong tinggi. Sebaliknya, air yang ber-pH asam, kesadahannya rendah. Menurunkan kesadahan air dapat dilakukan dengan menambahkan aquades (Effendi, 2004).

#### 2.1.4.3 Oksigen Terlarut

Sebagian besar ikan membutuhkan oksigen (O<sub>2</sub>) terlarut dalam air sebanyak 3 mg/l. Idealnya, batas minimal kandungan oksigen terlarut untuk pertumbuhan ikan adalah 5 mg/l. Meskipun demikian, ikan masih dapat hidup di bawah batas minimal tersebut. Konsekuensinya nafsu makannya akan menurun dan pertumbuhannya juga terhambat.

Untuk mengatasi berkurangnya jumlah oksigen terlarut di dalam air perlu dilakukan cara-cara sebagai berikut.

- Mekanik. Menggunakan aerator atau alat sirkulasi air (pompa) yang mampu memutar oksigen dari udara ke dalam air secara cepat dan dalam jumlah besar. Intinya, *aerator* berfungsi untuk meningkatkan intensitas pertukaran air sehingga kualitas air dapat terjaga.
- Kimia. Meskipun jarang digunakan, pemberian superfosfat telah terbukti mampu merangsang pertumbuhan fitoplankton baru yang dapat membantu proses fotosintesis.

- Biologi. Cara ini dilakukan dengan menjaga keseimbangan kandungan oksigen antara tumbuhan penghasil oksigen dan organisme pengguna oksigen.

Gejala kekurangan oksigen pada ikan tampak dari gerak-geriknya yang gelisah, selalu berenang di permukaan air, dan frekuensi pernapasan yang lebih cepat (insang dan mulut membuka dan menutup lebih cepat). Kekurangan oksigen biasanya terjadi akibat beberapa faktor, antara lain kenaikan temperatur, kandungan bahan-bahan organik, kombinasi tanaman air, dan kepadatan yang terlalu tinggi ( Akbar, 2003).

#### 2.1.4.4 Karbondioksida

Gas karbondioksida adalah komponen udara yang berada di alam bebas dan di alam air. Karbondioksida juga sering disebut dengan gas asam arang, sebagai hasil respirasi makhluk hidup dan proses penguraian bahan organik. Meningkatnya konsentrasi CO<sub>2</sub> pada wadah tertutup dapat menimbulkan masalah serius pada ikan. Hal ini sering terjadi pada pengiriman ikan. Jumlah karbondioksida tergantung pada konsentrasi oksigen di dalam kolam. Jika konsentrasi oksigennya berada pada tingkat maksimal, pengaruh karbondioksida dapat diabaikan.

#### 2.1.4.5 Kandungan Nitrit

Pemberian pakan ikan secara berlebihan dapat memicu terjadinya penumpukan bahan organik yang dihasilkan dari sisa pakan, kotoran ikan, lumut, dan pembusukan daun-daunan. Bahan-bahan organik tersebut akan membentuk zat amoniak yang bersifat racun dan zat ammonium yang tidak bersifat racun. Kedua kadar zat tersebut dipengaruhi oleh pH air. Pada air ber-pH rendah (dibawah 7,2), kandungan ammonium yang terbentuk lebih banyak dibandingkan dengan amoniak. Sebaliknya, air yang ber-pH tinggi (di atas 7,2) lebih banyak mengandung amoniak yang kadarnya melebihi batas 1 mg/l.

Amoniak akan berubah menjadi nitrit apabila ada kehadiran bakteri *Nitrisomonas*. Nitrit adalah unsur kimia yang tidak terlalu berbahaya. Namun, jika terjadi sekresi dan pembusukan bahan organik, sifatnya akan berubah menjadi sangat berbahaya. Tingginya kadar nitrit di dalam air dapat dilihat secara kasat

mata. Indikatornya, warna air berubah menjadi keruh, cara berenang ikan tidak terarah, pakan yang diberikan tidak disantap karena nafsu makan hilang, dan pertumbuhan ikan menjadi terhambat (Soeseno, 1987).

#### 2.1.4.6 Temperatur

Kondisi temperatur harus dijaga agar tetap konstan. Temperatur yang berubah-ubah dapat menyebabkan stres pada ikan. Pada temperatur yang terlalu tinggi, ikan akan mengalami kekurangan oksigen dan sistem enzim yang membantu metabolisme tubuh tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Pada kondisi seperti ini, penyakit dapat menyerang dengan cepat. Untuk mengatasinya perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut.

- Dipasang *aerator* atau dikurangi populasi ikan dan tanaman air jika sebagian besar ikan tampak berenang di permukaan air, supaya sirkulasi udaranya lancar.
- Air diganti secepatnya jika tiba-tiba air menjadi keruh dan ikan mati secara serentak.
- Jangan dibiarkan kolam berbau busuk. Biasanya, bau busuk disebabkan oleh konsentrasi senyawa asam sulfida yang berlebihan, pembusukan ikan mati, dan penumpukan alga di dasar kolam.
- Dalam kondisi kekurangan oksigen, dilakukan penggantian air.
- Jika di permukaan kolam dan di dasar kolam dijumpai banyak ikan yang mati, ada kemungkinan ikan terkontaminasi oleh bahan beracun yang berasal dari insektisida atau pestisida. Jika hal ini terjadi, kolam harus segera diganti airnya dan dibersihkan (Widyanto S, 2010).

## 2.2 Tanaman Sawi (*Brassica juncea*)

Di Indonesia ini memungkinkan dikembangkan tanaman sayur-sayuran yang banyak bermanfaat bagi pertumbuhan dan perkembangan bagi manusia. Sehingga ditinjau dari aspek klimatologis Indonesia sangat tepat untuk dikembangkan untuk bisnis sayuran. Di antara tanaman sayur-sayuran yang mudah dibudidayakan adalah *caisim*. Karena *caisim* ini sangat mudah dikembangkan dan banyak kalangan yang menyukai dan memanfaatkannya. Selain itu juga sangat potensial untuk komersial dan prospek sangat baik.

Ditinjau dari aspek klimatologis, aspek teknis, aspek ekonomis dan aspek sosialnya sangat mendukung, sehingga memiliki kelayakan untuk diusahakan di Indonesia. Sebutan sawi orang asing adalah mustard. Perdagangan internasional dengan sebutan *green mustard*, *chinese mustard*, *indian mustard* ataupun *sarepta mustard*. Orang Jawa, Madura menyebutnya dengan sawi, sedang orang Sunda menyebutnya dengan sawi (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998).

#### 1. Klasifikasi botani

Divisi	: <i>Spermatophyta</i> .
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i> .
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i> .
Ordo	: <i>Rhoeadales (Brassicales)</i> .
Famili	: <i>Cruciferae (Brassicaceae)</i> .
Genus	: <i>Brassica</i> .
Spesies	: <i>Brassica Juncea</i>

Secara umum tanaman sawi biasanya mempunyai daun panjang, halus, tidak berbulu, dan tidak berkrop (Heru dan Yovita, 2003).

#### 2. Jenis-jenis sawi

Menurut Haryanto (1995) jenis-jenis tanaman sawi diantaranya adalah :

##### a. Sawi putih (*Brassica rugosa*)

Sawi putih (*Brassica rapa convar. pekinensis*; suku sawi-sawian atau *Brassicaceae* ) dikenal sebagai sayuran olahan dalam masakan Tionghoa; karena itu disebut juga sawi cina. Disebut sawi putih karena daunnya yang cenderung kuning pucat dan tangkai daunnya putih. Sawi putih dapat dilihat penggunaannya pada asinan (diawetkan dalam cairan gula dan garam), pada capcay, atau pada sup bening. Sawi putih beraroma khas namun netral.

##### b. Sawi hijau (*Brassica juncea*)

Varietas berdaun besar dan hidup di tanah kering dari tanaman yang sama ini rasanya lebih tajam. Biasanya sawi hijau banyak dijadikan asinan untuk konsumsi penduduk golongan Cina.

##### c. Sawi huma (*Brassica juncea*)

Ini adalah suatu varietas berbatang panjang dan berdaun sempit. Tanaman ini tak tahan terhadap hujan, tak mudah diserang oleh ulat. Sawi ini berbulu dan rasanya tajam. Biasanya banyak ditemukan di sawah-sawah dan hanya dimakan di pedalaman.

### 3. Syarat-syarat tumbuh

Sawi bukan tanaman asli Indonesia, menurut asalnya di Asia. Karena Indonesia mempunyai kecocokan terhadap iklim, cuaca dan tanahnya sehingga dikembangkan di Indonesia ini (Haryanto *dkk*, 2003).

#### a. Iklim

Tanaman sawi dapat tumbuh baik di tempat yang berhawa panas maupun berhawa dingin, sehingga dapat diusahakan dari dataran rendah maupun dataran tinggi. Meskipun demikian pada kenyataannya hasil yang diperoleh lebih baik di dataran tinggi (Cahyono, 2003).

#### b. Daerah

Daerah penanaman yang cocok adalah mulai dari ketinggian 5 meter sampai dengan 1.200 meter di atas permukaan laut. Namun biasanya dibudidayakan pada daerah yang mempunyai ketinggian 100 meter sampai 500 meter dpl (Harjadi, 1996).

#### c. Tanah

Tanah yang cocok untuk ditanami sawi adalah tanah yang gembur, banyak mengandung humus, subur, serta memiliki pembuangan air yang baik. Derajat kemasaman (pH) tanah yang optimum untuk pertumbuhan tanaman sawi adalah antara pH 6 – 7 (Haryanto *dkk*, 2006).

#### d. Cuaca

Tanaman sawi tahan terhadap air hujan, sehingga dapat di tanam sepanjang tahun. Pada musim kemarau yang perlu diperhatikan adalah penyiraman secara teratur. Berhubung dalam pertumbuhannya tanaman ini membutuhkan hawa yang sejuk. lebih cepat tumbuh apabila ditanam dalam suasana lembab. Akan tetapi tanaman ini juga tidak senang pada air yang menggenang. Dengan demikian, tanaman ini cocok bila di tanam pada akhir musim penghujan.

#### 4. Bercocok tanam

Cara bertanam sawi sesungguhnya tak berbeda jauh dengan budidaya sayuran pada umumnya. Budidaya konvensional di lahan meliputi proses pengolahan lahan, penyiapan benih, teknik penanaman, penyediaan pupuk dan pestisida, serta pemeliharaan tanaman. Sawi dapat ditanam secara monokultur maupun tumpang sari. Tanaman yang dapat ditumpangsarikan antara lain : bawang, wortel, bayam, kangkung darat. Sedangkan menanam benih sawi ada yang secara langsung tetapi ada juga melalui pembibitan terlebih dahulu. Berikut ini akan dibahas mengenai teknik budidaya sawi secara konvensional di lahan.

##### a. Benih.

Benih merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan usaha tani. Benih yang baik akan menghasilkan tanaman yang tumbuh dengan bagus. Kebutuhan benih sawi untuk setiap hektar lahan tanam sebesar 750 gram. Benih sawi berbentuk bulat, kecil-kecil. Permukaannya licin mengkilap dan agak keras. Warna kulit benih coklat kehitaman. Benih yang akan kita gunakan harus mempunyai kualitas yang baik, seandainya beli harus kita perhatikan lama penyimpanan, varietas, kadar air, suhu dan tempat menyimpannya. Selain itu juga harus memperhatikan kemasan benih harus utuh. Kemasan yang baik adalah dengan aluminium foil. Apabila benih yang kita gunakan dari hasil pananaman kita harus memperhatikan kualitas benih itu, misalnya tanaman yang akan diambil sebagai benih harus berumur lebih dari 70 hari. Dan penanaman sawi yang akan dijadikan benih terpisah dari tanaman sawi yang lain. Juga memperhatikan proses yang akan dilakukan misalnya dengan dianginkan, tempat penyimpanan dan diharapkan lama penggunaan (AAK,1992).

##### b. Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah secara umum melakukan pengemburan dan pembuatan bedengan. Tahap-tahap pengemburan yaitu pencangkulan untuk memperbaiki struktur tanah dan sirkulasi udara dan pemberian pupuk dasar untuk memperbaiki fisik serta kimia tanah yang akan menambah kesuburan lahan yang akan kita gunakan.

Tanah yang hendak digemburkan harus dibersihkan dari bebatuan, rerumputan, semak atau pepohonan yang tumbuh. Dan bebas dari daerah ternaungi, karena tanaman sawi suka pada cahaya matahari secara langsung. Sedangkan kedalaman tanah yang dicangkul sedalam 20 sampai 40 cm. Pemberian pupuk organik sangat baik untuk penyiapan tanah. Sebagai contoh pemberian pupuk kandang yang baik yaitu 10 ton/ha. Pupuk kandang diberikan saat pengemburan agar cepat merata dan bercampur dengan tanah yang akan kita gunakan.

Bila daerah yang mempunyai pH terlalu rendah (asam) sebaiknya dilakukan pengapuran. Pengapuran ini bertujuan untuk menaikkan derajat keasam tanah, pengapuran ini dilakukan jauh-jauh sebelum penanaman benih, yaitu kira-kira 2 - 4 minggu sebelumnya. Sehingga waktu yang baik dalam melakukan pengemburan tanah yaitu 2 - 4 minggu sebelum lahan hendak ditanam. Jenis kapur yang digunakan adalah kapur kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) atau *dolomit* ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) (Sunaryono dan Rismunandar, 1984).

#### c. Pembibitan

Pembibitan dapat dilakukan bersamaan dengan pengolahan tanah untuk penanaman. Karena lebih efisien dan benih akan lebih cepat beradaptasi terhadap lingkungannya. Sedang ukuran bedengan pembibitan yaitu lebar 80 - 120 cm dan panjangnya 1 - 3 meter. Curah hujan lebih dari 200 mm/bulan, tinggi bedengan 20 - 30 cm. Dua minggu sebelum di tabur benih, bedengan pembibitan ditaburi dengan pupuk kandang lalu di tambah 20 gram urea, 10 gram TSP, dan 7,5 gram KCl.

Cara melakukan pembibitan ialah sebagai berikut : benih ditabur, lalu ditutupi tanah setebal 1 - 2 cm, lalu disiram dengan *sprayer*, kemudian diamati 3 - 5 hari benih akan tumbuh setelah berumur 3 - 4 minggu sejak disemaikan tanaman dipindahkan ke bedengan (Eko Margiyanto, 2007).

#### d. Penanaman

Bedengan dengan ukuran lebar 120 cm dan panjang sesuai dengan ukuran petak tanah. Tinggi bedeng 20 - 30 cm dengan jarak antar bedeng 30 cm, seminggu sebelum penanaman dilakukan pemupukan terlebih dahulu yaitu pupuk

kandang 10 ton/ha, TSP 100 kg/ha, KCl 75 kg/ha. Sedang jarak tanam dalam bedengan 40 x 40 cm, 30 x 30 dan 20 x 20 cm. Pilihlah bibit yang baik, pindahkan bibit dengan hati-hati, lalu membuat lubang dengan ukuran 4 – 8 x 6 – 10 cm (Rismunandar, 1983).

#### e. Pemeliharaan

Pemeliharaan adalah hal yang penting. Sehingga akan sangat berpengaruh terhadap hasil yang akan didapat. Pertama-tama yang perlu diperhatikan adalah penyiraman, penyiraman ini tergantung pada musim, bila musim penghujan dirasa berlebih maka kita perlu melakukan pengurangan air yang ada, tetapi sebaliknya bila musim kemarau tiba kita harus menambah air demi kecukupan tanaman sawi yang kita tanam. Bila tidak terlalu panas penyiraman dilakukan sehari cukup sekali sore atau pagi hari. Tahap selanjutnya yaitu penjarangan, penjarangan dilakukan 2 minggu setelah penanaman. Caranya dengan mencabut tanaman yang tumbuh terlalu rapat (Haryanto *et al.*, 1995).

Selanjutnya tahap yang dilakukan adalah penyulaman, penyulaman ialah tindakan penggantian tanaman ini dengan tanaman baru. Caranya sangat mudah yaitu tanaman yang mati atau terserang hama dan penyakit diganti dengan tanaman yang baru. Penyulaman biasanya dilakukan 2 – 4 kali selama masa pertanaman sawi, disesuaikan dengan kondisi keberadaan gulma pada bedeng penanaman. Biasanya penyulaman dilakukan 1 atau 2 minggu setelah penanaman. Apabila perlu dilakukan penggemburan dan pengguludan bersamaan dengan penyulaman.

Pemupukan tambahan diberikan setelah 3 minggu tanam, yaitu dengan urea 50 kg/ha. Dapat juga dengan satu sendok teh sekitar 25 gram dilarutkan dalam 25 liter air dapat disiramkan untuk 5 m bedengan benih tidak lebih dari 3 tahun (Nazaruddin, 1999).

#### f. Panen dan Penanganan Pasca Panen

Dalam hal pemanenan penting sekali diperhatikan umur panen dan cara panennya. Umur panen sawi paling lama 70 hari. Paling pendek umur 40 hari. Terlebih dahulu melihat fisik tanaman seperti warna, bentuk dan ukuran daun. Cara panen ada 2 macam yaitu mencabut seluruh tanaman beserta akarnya dan

dengan memotong bagian pangkal batang yang berada di atas tanah dengan pisau tajam. Pascapanen sawi yang perlu diperhatikan adalah pencucian dan pembuangan kotoran, sortasi, pengemasan, penyimpanan dan pengolahan.

#### 5. Hama dan Penyakit

Hama pada tanaman sawi:

- a. Ulat titik tumbuh (*Crocidolomia binotalis* Zell.).
- b. Ulat tritip (*Plutella maculipennis*).
- c. Siput (*Agriolimas* sp.).
- d. Ulat *Thepa javanica*.
- e. Cacing bulu (*cut worm*).

Penyakit pada tanaman:

- a. Penyakit akar pekuk.
- b. Bercak daun *alternaria*.
- c. Busuk basah (*soft root*).
- d. Penyakit embun tepung (*downy mildew*).
- e. Penyakit rebah semai (*dumping off*).
- f. Busuk daun.
- g. Busuk *Rhizoctonia* (*bottom root*).
- h. Bercak daun.
- i. *Virus mosaik*.

#### 6. Manfaat Sawi

- a. Biasanya menjadi sayuran pendamping mie atau pangsit
- b. Mampu menangkal hipertensi, penyakit jantung, dan berbagai jenis kanker.
- c. Menghindarkan ibu hamil dari anemia.
- d. Dapat menurunkan risiko penyakit *kardiovaskular* seperti stroke, dan jantung koroner.
- e. Sawi sangat baik untuk menghilangkan rasa gatal di tenggorokan pada penderita batuk.
- f. Penyembuh penyakit kepala, bahan pembersih darah.
- g. Memperbaiki fungsi ginjal, serta memperbaiki dan memperlancar pencernaan.( Anonim, 2007).

### 2.3 Biologi Ikan Nila

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan ikan air tawar yang termasuk dalam famili Cichlidae dan merupakan ikan asal Afrika (Boyd, 2004). Ikan ini merupakan jenis ikan yang di introduksi dari luar negeri, ikan tersebut berasal dari Afrika bagian Timur di sungai Nil, danau Tangayika, dan Kenya lalu dibawa ke Eropa, Amerika, Negara Timur Tengah dan Asia. Di Indonesia benih ikan nila secara resmi didatangkan dari Taiwan oleh Balai Penelitian Perikanan Air Tawar pada tahun 1969. Ikan ini merupakan spesies ikan yang berukuran besar antara 200 - 400 gram, sifat omnivora sehingga bisa mengkonsumsi makanan berupa hewan dan tumbuhan (Amri dan Khairuman, 2003).

Nila dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada lingkungan perairan dengan kadar *Dissolved Oxygen* (DO) antara 2,0 - 2,5 mg/l. Secara umum nilai pH air pada budidaya ikan nila antara 5 sampai 10 tetapi nilai pH optimum adalah berkisar 6 - 9. Ikan nila umumnya hidup di perairan tawar, seperti sungai, danau, waduk, rawa, sawah dan saluran irigasi, memiliki toleransi terhadap salinitas sehingga ikan nila dapat hidup dan berkembang biak di perairan payau dengan salinitas 20 - 25‰ (Setyo, 2006).

Adapun klasifikasi ikan nila (Sugiarto, 1988) adalah sebagai berikut

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Phylum	: <i>Chordata</i>
Class	: <i>Osteichthyes</i>
Sub Class	: <i>Acanthoptherigii</i>
Ordo	: <i>Percomorphi</i>
Sub Order	: <i>Percoidea</i>
Family	: <i>Cichlidae</i>
Genus	: <i>Oreochromis</i>
Species	: <i>Oreochromis niloticus</i>

Berdasarkan morfologinya, kelompok ikan *Oreochromis* memang berbeda dengan kelompok tilapia. Secara umum, bentuk tubuh nila memanjang dan ramping, dengan sisik berukuran besar. Bentuk matanya besar dan menonjol dengan tepi berwarna putih. Gurat sisi (*linea lateralis*) terputus di bagian tengah

tubuh, kemudian berlanjut lagi, tetapi letaknya lebih ke bawah dibandingkan dengan letak garis yang memanjang di atas sirip dada. jumlah sisik pada gurat sisi 34 buah. Sirip punggung, sirip perut, dan sirip duburnya memiliki jari-jari D.XVII.13; V.15; P.15; A.III.10; dan C.18. Sirip punggung dan sirip dada berwarna hitam. Pinggir sirip punggung berwarna abu-abu atau hitam.

Nila memiliki lima sirip, yaitu satu sirip punggung (*dorsal fin*), sepasang sirip dada (*pectoral fin*), sepasang sirip perut (*ventral fin*), sepasang sirip anal (*anal fin*), dan satu sirip ekor (*caudal fin*). Sirip punggungnya memanjang dari bagian atas tutup insang sampai bagian atas sirip ekor. Terdapat juga sepasang sirip dada dan sirip perut yang berukuran kecil dan sirip anus yang hanya satu buah berbentuk agak panjang. Sementara itu, jumlah sirip ekornya hanya satu buah dengan bentuk bulat.

Ikan nila bersifat *omnivora* yang cenderung *herbivora* sehingga lebih mudah beradaptasi dengan jenis pakan seperti plankton hewani, plankton nabati, dan daun tumbuhan yang halus. Selain itu ikan nila dapat diberi pakan buatan seperti pellet dan pakan tambahan seperti dedak halus, tepung bungkil sawit, dan ampas kelapa (Sayed, 1999). Untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan serta kelangsungan hidupnya ikan memerlukan pakan yang cukup dari segi kualitas dan kuantitas. Pakan yang bermutu baik, salah satunya ditentukan oleh kandungan gizi (protein, karbohidrat, lemak, vitamin dan mineral) dalam komposisi yang tepat.

### 2.3.1 Kebutuhan Nutrisi Ikan Nila

Kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan oleh ikan nila yaitu protein, karbohidrat, dan lemak. Kandungan nutrisi yang tidak tepat dapat mempengaruhi pertumbuhan seperti kurangnya protein yang menyebabkan ikan hanya menggunakan sumber protein untuk kebutuhan dasar dan kekurangan untuk pertumbuhan. Kandungan protein yang berlebih, menyebabkan protein akan terbuang dan menyebabkan bertambahnya kandungan amoniak dalam perairan. Kebutuhan nutrisi ikan akan terpenuhi dengan adanya protein dalam pakan. Protein merupakan kompleks yang terdiri dari asam amino esensial yang

merupakan senyawa molekul mengandung gugus fungsional amino (-NH<sub>2</sub>) maupun karboksil (-CO<sub>2</sub>H) dan non esensial (NRC, 1993).

Kandungan karbohidrat merupakan kelompok organik terbesar yang terdapat pada tumbuhan, terdiri dari unsur C<sub>n</sub> (H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> dan karbohidrat salah satu komponen yang berperan sebagai sumber energi bagi ikan serta bersifat *sparing effect* bagi protein. Karbohidrat lebih mudah larut dalam air dan dapat digunakan sebagai perekat untuk memperbaiki stabilitas pakan. Kekurangan karbohidrat dan lemak dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat karena ikan menggunakan protein sebagai sumber energi lemak dan karbohidrat yang seharusnya sebagai sumber energi. Kebutuhan karbohidrat yang memiliki pencernaan tinggi dan aktifitas enzim amilase pada ikan nila akan mempengaruhi daya cerna karbohidrat yang meningkat (Pascual, 2009).

Kandungan lemak merupakan senyawa organik yang mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) sebagai unsur utama. Beberapa di antaranya ada yang mengandung nitrogen dan fosfor. Lemak berguna sebagai sumber energi dalam beraktifitas dan membantu penyerapan mineral tertentu. Lemak juga berperan dalam menjaga keseimbangan dan daya apung pakan dalam air. Kandungan lemak pakan yang dibutuhkan ikan nila antara 3 - 6% dengan energi dapat dicerna 85 - 95% (Mahyuddin, 2008).

### 2.3.2 Pertumbuhan Ikan Nila

Proses pertumbuhan pada budidaya ikan secara umum dipengaruhi oleh jumlah pakan yang diberikan. Namun tidak semua energi pakan akan digunakan untuk pertumbuhan. Pertambahan berat terjadi ketika ada kelebihan *Input* energi dan asam amino setelah kebutuhan dasar ikan dari pakan tersebut terpenuhi. Kebutuhan dasar tersebut antara lain adalah untuk metabolisme, bergerak, perkembangan organ seksual, dan perawatan sel tubuh untuk mengganti sel-sel yang tua atau rusak. Adapun faktor-faktor yang menyebabkan tidak maksimalnya pertumbuhan ikan budidaya yaitu faktor pakan yang diberikan, dan factor lingkungan yang mendukung seperti media tempat dan kualitas air.

Pakan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan ikan. Pemberian pakan yang kurang menyebabkan ikan mudah terserang penyakit dan bahkan tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan dasar ikan itu sendiri seperti untuk metabolisme, akibatnya pertumbuhan terhambat dan bahkan bisa menyebabkan penurunan pertumbuhan dan kematian. Pemberian pakan yang berlebihan akan menyebabkan perairan menjadi kotor dan mengurangi nafsu makan ikan itu sendiri sehingga pertumbuhan menjadi terhambat. Dalam hal kegiatan pemeliharaan dan pemberian pakan yang tercampur dengan enzim akan dapat dicerna dengan baik dan yang tidak dicerna akan dikeluarkan bersama kotoran.

Pakan yang diproses dalam tubuh ikan dan unsur-unsur nutrisi atau gizinya akan diserap oleh tubuh ikan untuk membangun jaringan dan daging sehingga pertumbuhan ikan akan terjamin. Laju pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh jenis dan kualitas pakan yang diberikan berkualitas baik, jumlahnya mencukupi, kondisi lingkungan mendukung, dan dapat dipastikan laju pertumbuhan ikan nila akan menjadi cepat sesuai dengan yang diharapkan (Khairuman dan Amri, 2003).

Kemampuan mengkonsumsi pakan buatan juga dapat mempengaruhi laju pertumbuhan. Dengan adaptasi terhadap pakan buatan dengan kandungan nutrisi yang tinggi akan mengakibatkan laju pertumbuhannya semakin cepat dan ukuran maksimum bertambah (Effendi, 2004).

### **2.3.3 Rasio Konversi Pakan**

Untuk memperoleh rasio konversi pakan lebih rendah harus disesuaikan dengan cara atau kebiasaan makan pada jenis ikan dan bentuk pakan. Rasio konversi pakan adalah jumlah berat makanan yang dibutuhkan oleh ikan sebanyak 20 - 25% yang digunakan untuk tumbuh atau menambah bobot tubuh, selebihnya digunakan untuk energi dan sebagian yang tidak dapat dicerna oleh ikan. Makanan nabati faktor konversinya lebih besar dari pada makanan hewani. Ini berarti untuk menambah berat 1 kg daging ikan dibutuhkan makanan nabati lebih banyak dari pada makanan hewani. Konversi makanan dipengaruhi oleh jumlah gizi dan cara pemberian makanan serta bobot dan umur ikan (Mujiman, 2004).

Pascual (2009), menjelaskan bahwa semakin rendah nilai konversi pakan, semakin baik karena jumlah pakan yang dihabiskan untuk menghasilkan berat tertentu adalah sedikit. Tinggi rendahnya nilai rasio konversi pakan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor terutama kualitas dan jumlah pakan, spesies ikan, ukuran ikan dan kualitas air.

#### **2.3.4 Kelangsungan Hidup**

Tingkat kelangsungan hidup akan menentukan produksi ikan yang dipanen dan erat kaitannya dengan ukuran ikan yang dipelihara. Kelangsungan hidup benih ikan nila ditentukan oleh kualitas induk, kualitas telur, kualitas air maupun perbandingan antara jumlah pakan dan kepadatannya (Effendi, 2004).

Menurut Kafuku (1983), padat tebar yang tinggi dapat menjadi salah satu penyebab rendahnya tingkat kelangsungan hidup suatu *organisme*. Hal ini mengakibatkan adanya persaingan ruang gerak, oksigen dan makanan sehingga akan mengalami *mortalitas* (kematian). Nilai tingkat kelangsungan hidup ikan rata-rata yang baik berkisar antara 73,5 - 86,0 %. Kelangsungan hidup ikan ditentukan beberapa faktor, diantaranya kualitas air meliputi suhu, oksigen terlarut (DO), dan tingkat keasaman (pH) perairan.

#### **2.3.5 Kualitas Air Media**

Kualitas air merupakan salah satu faktor yang mendukung keberhasilan budidaya ikan nila. Penurunan kualitas air akan menyebabkan timbulnya penyakit, gangguan reproduksi pada ikan, pertumbuhan ikan terhambat, pengurangan rasio konversi pakan bahkan dapat menyebabkan kematian. Adapun parameter kualitas air yang biasa diamati yaitu kandungan oksigen terlarut, tingkat keasaman, suhu, dan amoniak.

Kuantitas air merupakan jumlah air yang tersedia dari sumber air seperti : sungai, saluran irigasi, bendungan, dan sumur bor untuk mengairi kolam. Sementara itu, kualitas air meliputi sifat fisika, kimia dan biologi air. Sifat fisika meliputi suhu, kecerahan air, kekeruhan, dan warna air. Sifat kimia air meliputi derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (O<sub>2</sub>), karbondioksida, amoniak, dan

alkalinitas. Sedangkan sifat biologi air meliputi plankton, *benthos*, dan tanaman air. Variabel dalam kualitas air tersebut akan mempengaruhi pengelolaan, kelangsungan hidup, dan perkembangbiakan ikan.

Ikan nila tidak terlalu membutuhkan debit air yang besar, seperti halnya ikan mas dan ikan tawes. Sumber air untuk usaha pembenihan harus bersih dan jernih. Biasanya air tersebut berasal dari air sumur baik dari sumur bor dengan menggunakan pompa hisap maupun sumur galian biasa. Air yang tidak memenuhi syarat dari segi kualitas air akan berakibat buruk terhadap kelangsungan hidup ikan yang dibudidayakan. Adapun kualitas air yang dianggap baik untuk kehidupan nila dapat dilihat di Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kualitas air untuk ikan nila

No	Parameter	Kandungan air yang dianjurkan
1	Suhu	25-30 °C
2	pH	6,5-8,5
3	Oksigen terlarut (O <sub>2</sub> )	> 3 mg/l
4	Amonia total	maksimum 1 (mg/l total amonia)
5	Kekeruhan	maksimum 50 NTU maksimum 11 (mg/l) minimum
6	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	0,1 (mg/l) minimum 20 (mg/l CaCO <sub>3</sub> ) minimum 20

( Sumber : Sunarso, 2008)

Kualitas air untuk pemeliharaan ikan nila harus bersih, tidak terlalu keruh dan tidak tercemar bahan-bahan kimia beracun, dan minyak atau limbah pabrik. Kekeruhan air yang disebabkan oleh pelumpuran akan memperlambat pertumbuhan ikan. Lain halnya bila kekeruhan air disebabkan oleh adanya fitoplankton. Air yang kaya fitoplankton dapat berwarna hijau kekuningan dan hijau kecokelatan. Sedangkan fitoplankton dari jenis alga biru (*blue green algae*) kurang baik untuk pertumbuhan ikan. Tingkat kecerahan air karena fitoplankton harus dikendalikan dan dapat diukur dengan alat yang disebut *secchi disc*. Kecerahan air yang baik untuk kolam ataupun tambak adalah antara 20 - 35 cm dari permukaan. Nilai tingkat keasaman (pH) air tempat hidup ikan nila berkisar antara 6 - 8,5. Suhu air yang optimal berkisar antara 25 - 30 °C.

Sementara itu, kualitas air meliputi sifat fisika, kimia dan biologi air. Sifat fisika meliputi suhu, kecerahan air, kekeruhan, dan warna air. Sifat kimia air meliputi derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (O<sub>2</sub>), karbondioksida, amoniak, dan alkalinitas. Sedangkan sifat biologi air meliputi plankton, benthos, dan tanaman air. Variabel dalam kualitas air tersebut akan mempengaruhi pengelolaan, kelangsungan hidup, dan perkembangbiakan ikan. Kelangsungan hidup ikan ditentukan beberapa faktor, diantaranya kualitas air meliputi suhu, oksigen terlarut (DO), dan tingkat keasaman (pH) perairan (Lestari, 1992).

#### 2.4 Arduino MEGA 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan *mikrokontroler* berbasis ATmega 2560 (*datasheet* ATmega 2560). Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin *Digital Input/output*, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *Input* analog, dan 4 pin sebagai UART (*Port serial hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack *power*, *header* ICSP, dan tombol *reset*. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung *mikrokontroler*. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau *power* dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya.

Arduino Mega 2560 kompatibel dengan sebagian besar *shield* yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega 2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega, pemetaan pin dapat dilihat pada tabel 2.3.



Gambar 2.1 Arduino Mega 2560

(www.academia.edu, 2016)

### 2.4.1 Pemetaan Pin

Berikut adalah pemetaan pin ATmega 2560 dengan Arduino Mega 2560 pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pemetaan pin ATmega 2560 dengan Arduino Mega 2560

No. Pin	Nama Pin	Peta Nama Pin
1	PG5 (OC0B)	Digital pin 4 (PWM)
2	PE0 (RXD0/PCINT8)	Digital pin 0 (RX0)
3	PE1 (TXD0)	Digital pin 1 (TX0)
4	PE2 (XCK0/AIN0)	
5	PE3 (OC3A/AIN1)	Digital pin 5 (PWM)
6	PE4 (OC3B/INT4)	Digital pin 2 (PWM)
7	PE5 (OC3C/INT5)	Digital pin 3 (PWM)
8	PE6 (T3/INT6)	
9	PE7 (CLKO/ICP3/INT7)	
10	VCC	VCC
11	GND	GND
12	PH0 (RXD2)	Digital pin 17 (RX2)
13	PH1 (TXD2)	Digital pin 16 (TX2)
14	PH2 (XCK2)	
15	PH3 (OC4A)	Digital pin 6 (PWM)
16	PH4 (OC4B)	Digital pin 7 (PWM)
17	PH5 (OC4C)	Digital pin 8 (PWM)
18	PH6 (OC2B)	Digital pin 9 (PWM)
19	PB0 (SS/PCINT0)	Digital pin 53 (SS)
20	PB1 (SCK/PCINT1)	Digital pin 52 (SCK)
21	PB2 (MOSI/PCINT2)	Digital pin 51 (MOSI)
22	PB3 (MISO/PCINT3)	Digital pin 50 (MISO)
23	PB4 (OC2A/PCINT4)	Digital pin 10 (PWM)
24	PB5 (OC1A/PCINT5)	Digital pin 11 (PWM)
25	PB6 (OC1B/PCINT6)	Digital pin 12 (PWM)

26	PB7 (OC0A/OC1C/PCINT7)	<i>Digital pin 13 (PWM)</i>
27	PH7 (T4 )	
28	PG3 (TOSC2)	
29	PG4 (TOSC1)	
30	<i>RESET</i>	<i>RESET</i>
31	VCC	VCC
32	GND	GND
33	XTAL2	XTAL2
34	XTAL1	XTAL1
35	PL0 (ICP4)	<i>Digital pin 49</i>
36	PL1 (ICP5)	<i>Digital pin 48</i>
37	PL2 (T5 )	<i>Digital pin 47</i>
38	PL3 (OC5A)	<i>Digital pin 46 (PWM)</i>
39	PL4 (OC5B)	<i>Digital pin 45 (PWM)</i>
40	PL5 (OC5C)	<i>Digital pin 44 (PWM)</i>
41	PL6	<i>Digital pin 43</i>
42	PL7	<i>Digital pin 42</i>
43	PD0 (SCL/INT0)	<i>Digital pin 21 (SCL)</i>
44	PD1 (SDA/INT1)	<i>Digital pin 20 (SDA)</i>
45	PD2 (RXDI/INT2)	<i>Digital pin 19 (RX1)</i>
46	PD3 (TXD1/INT3)	<i>Digital pin 18 (TX1)</i>
47	PD4 (ICP1)	
48	PD5 (XCK1)	
49	PD6 (T1)	
50	PD7 (T0)	<i>Digital pin 38</i>
51	PG0 (WR)	<i>Digital pin 41</i>
52	PG1 (RD)	<i>Digital pin 40</i>
53	PC0 (A8)	<i>Digital pin 37</i>
54	PC1 (A9)	<i>Digital pin 36</i>

55	PC2 (A10)	<i>Digital pin 35</i>
56	PC3 (A11)	<i>Digital pin 34</i>
57	PC4 (A12)	<i>Digital pin 33</i>
58	PC5 (A13)	<i>Digital pin 32</i>
59	PC6 (A14)	<i>Digital pin 31</i>
60	PC7 (A15)	<i>Digital pin 30</i>
61	VCC	VCC
62	GND	GND
63	PJ0 (RXD3/PCINT9)	<i>Digital pin 15 (RX3)</i>
64	PJ1 (TXD3/PCINT10)	<i>Digital pin 14 (TX3)</i>
65	PJ2 (XCK3/PCINT11)	
66	PJ3 (PCINT12)	
67	PJ4 (PCINT13)	
68	PJ5 (PCINT14)	
69	PJ6 (PCINT 15)	
70	PG2 (ALE)	<i>Digital pin 39</i>
71	PA7 (AD7)	<i>Digital pin 29</i>
72	PA6 (AD6)	<i>Digital pin 28</i>
73	PA5 (AD5)	<i>Digital pin 27</i>
74	PA4 (AD4)	<i>Digital pin 26</i>
75	PA3 (AD3)	<i>Digital pin 25</i>
76	PA2 (AD2)	<i>Digital pin 24</i>
77	PA1 (AD1)	<i>Digital pin 23</i>
78	PA0 (AD0)	<i>Digital pin 22</i>
79	PJ7	
80	VCC	VCC
81	GND	GND
82	PK7 (ADC15/PCINT23)	Analog pin 15
83	PK6 (ADC14/PCINT22)	Analog pin 14
84	PK5 (ADC13/PCINT21)	Analog pin 13

85	PK4 (ADC12/PCINT20)	Analog pin 12
86	PK3 (ADC11/PCINT19)	Analog pin 11
87	PK2 (ADC10/PCINT18)	Analog pin 10
88	PK1 (ADC9/PCINT17)	Analog pin 9
89	PK0 (ADC8/PCINT16)	Analog pin 8
90	PF7 (ADC7)	Analog pin 7
91	PF6 (ADC6)	Analog pin 6
92	PF5 (ADC5/TMS)	Analog pin 5
93	PF4 (ADC4/TMK)	Analog pin 4
94	PF3 (ADC3)	Analog pin 3
95	PF2 (ADC2)	Analog pin 2
96	PF1 (ADC1)	Analog pin 1
97	PF0 (ADC0)	Analog pin 0
98	AREF	Analog Reference
99	GND	GND
100	AVCC	VCC

(Sumber : Atmel Corporation, 2014)

#### 2.4.2 Ringkasan Spesifikasi

Dibawah ini adalah spesifikasi sederhana dari Arduino Mega 2560 :

<i>Mikrokontroler</i>	: ATMega 2560
Tegangan Operasi	: 5V
<i>Input Voltage</i> (disarankan)	: 7-12V
<i>Input Voltage</i> (limit)	: 6-20V
Pin Digital I/O	: 54 (yang 15 pin digunakan sebagai <i>output PWM</i> )
Pins <i>Input</i> Analog	: 16
Arus DC per pin I/O	: 40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	: 50 mA

<i>Flash Memory</i>	: 256 KB (8 KB digunakan untuk <i>bootloader</i> )
SRAM	: 8 KB
EEPROM	: 4 KB
<i>Clock Speed</i>	: 16 Hz

### 2.4.3 Sumber Daya

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan menghubungkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke ke jack sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai dapat langsung dihubungkan melalui *header* pin Gnd dan pin Vin dari konektor *power*.

Papan Arduino ATMega 2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka, pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt (Heri Santoso,2013).

Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

- VIN : Adalah Input tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai 'saingan' tegangan 5 Volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-regulator lainnya). Anda dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika memasok tegangan untuk papan melalui jack *power*, kita bisa mengakses/mengambil tegangan melalui pin ini.
- 5V : Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulator) dari regulator yang tersedia (built-in) pada papan. Arduino dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari jack *power* DC (7-12 Volt), konektor USB (5 Volt), atau pin VIN pada *board* (7-12

- Volt). Memberikan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V secara langsung tanpa melewati regulator dapat merusak papan Arduino.
- 3V3 : Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (*on-board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
  - GND : Pin *Ground* atau Massa.
  - IOREF : Pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada *mikrokontroler*. Sebuah perisai (*shield*) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (*Voltage translator*) pada *output* untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.

#### 2.4.4 Memori

Arduino ATmega 2560 memiliki 256 KB *flash memory* untuk menyimpan kode (yang 8 KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM) (Heri Santoso,2013).

#### 2.4.5 Input dan Output

Masing-masing dari 54 *Digital* pin pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai *Input* atau *output*, menggunakan fungsi `pinMode()` , `DigitalWrite()` , dan `DigitalRead()`. Arduino Mega beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal (yang terputus secara *default*) sebesar 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain:

- Serial : 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1 : 19 (RX) dan 18 (TX); Serial 2 : 17 (RX) dan 16 (TX); Serial 3 : 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pins 0 dan 1 juga terhubung ke pin *chip* ATmega16U2 Serial USB-to-TTL.
- Eksternal Interupsi : Pin 2 (*interrupt* 0), pin 3 (*interrupt* 1), pin 18 (*interrupt* 5), pin 19 (*interrupt* 4), pin 20 (*interrupt* 3), dan pin 21 (*interrupt* 2). Pin ini dapat

- dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubah nilai.
- SPI : Pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI juga terhubung dengan *header* ICSP, yang secara fisik kompatibel dengan Arduino Uno, Arduino Duemilanove dan Arduino Diecimila.
  - LED : Pin 13. Tersedia secara built-in pada papan Arduino ATmega 2560. LED terhubung ke pin Digital 13. Ketika pin diset bernilai HIGH, maka LED menyala (ON), dan ketika pin diset bernilai LOW, maka LED padam (OFF).
  - TWI : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL). Yang mendukung komunikasi TWI menggunakan perpustakaan Wire. Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama dengan pin TWI pada Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila.

Arduino Mega 2560 memiliki 16 pin sebagai analog *Input*, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default pin ini dapat diukur/diatur dari mulai *Ground* sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference()* (Heri Santoso,2013).

Ada beberapa pin lainnya yang tersedia, antara lain:

- AREF : Referensi tegangan untuk Input analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference()*.
- RESET : Jalur LOW ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) *mikrokontroler*. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada *shield* yang menghalangi papan utama Arduino.

#### 2.4.6 Komunikasi

Arduino Mega 2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, dengan Arduino lain, atau dengan *mikrokontroler* lainnya. Arduino ATmega328 menyediakan 4 *hardware* komunikasi *serial* UART TTL (5 Volt). Sebuah chip ATmega16U2 (ATmega8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi *serial* melalui

USB dan muncul sebagai COM *Port* Virtual (pada *Device* komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer, untuk sistem operasi Windows masih tetap memerlukan file *inf*, tetapi untuk sistem operasi OS X dan Linux akan mengenali papan sebagai *Port* COM secara otomatis. Perangkat lunak Arduino termasuk didalamnya *serial* monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan Arduino. LED RX dan TX yang tersedia pada papan akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip USB-to-*serial* yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak untuk komunikasi *serial* seperti pada pin 0 dan 1).

Sebuah perpustakaan *SoftwareSerial* memungkinkan untuk komunikasi *serial* pada salah satu pin *Digital* Mega 2560. ATmega 2560 juga mendukung komunikasi TWI dan SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan *Wire* digunakan untuk menyederhanakan penggunaan bus TWI. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI (Heri Santoso,2013).

#### 2.4.7 Pemrograman

Arduino Mega dapat diprogram dengan *software* Arduino (Unduh perangkat lunak Arduino). (Mengenai pemahasan lebih rinci tentang perangkat lunak Arduino akan dibahas pada artikel terpisah). yang memungkinkan Anda untuk meng-upload kode baru tanpa menggunakan programmer *hardware* eksternal. Hal ini karena komunikasi yang terjadi menggunakan protokol asli STK500. Anda juga dapat melewati (*bypass*) *bootloader* dan program *mikrokontroler* melalui pin *header* ICSP (In-Circuit *Serial Programming*).

Chip ATmega16U2 (atau 8U2 pada board Rev. 1 dan Rev. 2) *source code* *firmware* tersedia pada repositori Arduino. ATmega16U2/8U2 dapat dimuat dengan *bootloader* DFU, yang dapat diaktifkan melalui:

- **Pada papan Revisi 1** : Menghubungkan jumper solder di bagian belakang papan (dekat dengan peta Italia) dan kemudian akan me-*reset* 8U2.
- **Pada papan Revisi 2** : Ada resistor yang menghubungkan jalur HWB 8U2/16U2 ke *ground*, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU.

Kemudian Anda dapat menggunakan Atmel FLIP *software* (sistem operasi Windows) atau DFU *programmer* (sistem operasi Mac OS X dan Linux) untuk memuat firmware baru. Atau Anda dapat menggunakan pin *header* ISP dengan programmer eksternal (*overWrite DFU bootloader*) (Heri Santoso,2013).

#### 2.4.8 *Reset (Software) Otomatis*

Daripada menekan tombol *reset* sebelum upload, Arduino Mega 2560 didesain dengan cara yang memungkinkan Anda untuk *me-reset* melalui perangkat lunak yang berjalan pada komputer yang terhubung. Salah satu jalur kontrol *hardware* (DTR) mengalir dari ATmega8U2/16U2 dan terhubung ke jalur *reset* dari ATmega 2560 melalui kapasitor 100 nanofarad. Bila jalur ini di-set rendah/*low*, jalur *reset* drop cukup lama untuk *me-reset* chip. Perangkat lunak Arduino menggunakan kemampuan ini untuk memungkinkan Anda meng-upload kode dengan hanya menekan tombol upload pada perangkat lunak Arduino. Ini berarti bahwa *bootloader* memiliki rentang waktu yang lebih pendek, seperti menurunkan DTR dapat terkoordinasi (berjalan beriringan) dengan dimulainya upload.

Pengaturan ini juga memiliki implikasi lain. Ketika Mega 2560 terhubung dengan komputer yang menggunakan sistem operasi Mac OS X atau Linux, papan Arduino akan di-*reset* setiap kali dihubungkan dengan *software* komputer (melalui USB). Dan setengah detik kemudian atau lebih, *bootloader* berjalan pada papan Mega 2560. Proses *reset* melalui program ini digunakan untuk mengabaikan data yang cacat (yaitu apapun selain meng-upload kode baru), ia akan memotong dan membuang beberapa *byte* pertama dari data yang dikirim ke papan setelah sambungan dibuka. Jika sebuah sketsa dijalankan pada papan untuk menerima satu kali konfigurasi atau menerima data lain ketika pertama kali dijalankan, pastikan bahwa perangkat lunak diberikan waktu untuk berkomunikasi dengan menunggu satu detik setelah terkoneksi dan sebelum mengirim data.

Mega 2560 memiliki trek jalur yang dapat dipotong untuk menonaktifkan fungsi *auto-reset*. Pad di kedua sisi jalur dapat dihubungkan dengan disolder untuk mengaktifkan kembali fungsi *auto-reset*. Pad berlabel “*RESET-EN*”. Anda juga

dapat menonaktifkan *auto-reset* dengan menghubungkan resistor 110 ohm dari 5V ke jalur *reset* (Heri Santoso,2013).

#### 2.4.9 Perlindungan Beban Berlebih pada USB

Arduino Mega 2560 memiliki *polyfuse reset* yang melindungi *Port* USB komputer Anda dari hubungan singkat dan arus lebih. Meskipun pada dasarnya komputer telah memiliki perlindungan internal pada *Port* USB mereka sendiri, sekring memberikan lapisan perlindungan tambahan. Jika arus lebih dari 500 mA dihubungkan ke *Port* USB, sekring secara otomatis akan memutuskan sambungan sampai hubungan singkat atau *overload* dihapus/dibuang ( O'Reilly. 2008 ).

#### 2.4.10 Karakteristik Fisik dan Kompatibilitas *Shield*

Maksimum panjang dan lebar PCB Mega 2560 adalah 4 x 2.1 inch (10,16 x 5,3 cm), dengan konektor USB dan *jack power* menonjol melampaui batas dimensi. Empat lubang sekrup memungkinkan papan terpasang pada suatu permukaan atau wadah. Perhatikan bahwa jarak antara pin *Digital* 7 dan 8 adalah 160 mil (0.16"), tidak seperti pin lainnya dengan kelipatan genap berjarak 100 mil.

Arduino Mega 2560 dirancang agar kompatibel dengan sebagian *shield* yang dirancang untuk Arduino Uno, Arduino Diecimila atau Arduino Duemilanove. Pin *Digital* 0-13 (pin AREF berdekatan dan pin GND), *Input* analog 0 sampai 5, *header power*, dan *header ICSP* berada di lokasi yang ekuivalen. Selanjutnya UART utama (*Port serial*) terletak di pin yang sama (0 dan 1), seperti pin interupsi eksternal 0 dan 1 (masing-masing pada pin 2 dan 3). SPI di kedua *header ICSP* yaitu Mega 2560 dan Duemilanove/Diecimila. Harap dicatat bahwa pin I2C tidak terletak pada pin yang sama pada Mega pin (20 dan pin 21) seperti halnya Duemilanove/Diecimila (*Input* analog pin 4 dan pin 5) ( O'Reilly. 2008 ).

### 2.5 Sensor

Sensor adalah komponen yang dapat digunakan untuk mengkonversi suatu besaran tertentu menjadi satuan analog sehingga dapat dibaca oleh suatu

rangkaian elektronik. Sensor merupakan komponen utama dari suatu transduser, sedangkan transduser merupakan sistem yang melengkapi agar sensor tersebut mempunyai keluaran sesuai yang kita inginkan dan dapat langsung dibaca pada keluarannya.

Sensor adalah jenis transduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengukuran atau pengendalian. Sensor adalah alat untuk mendeteksi/mengukur sesuatu, yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya (Petruzella, 2001).

Sensor dalam teknik pengukuran dan pengaturan secara elektronik berfungsi mengubah tegangan fisika (misalnya: temperatur, cahaya, gaya, kecepatan putaran) menjadi besaran listrik yang proposional. Sensor dalam teknik pengukuran dan pengaturan ini harus memenuhi persyaratan-persyaratan kualitas yakni :

a. Linieritas

Konversi harus benar-benar proposional, jadi karakteristik konversi harus linier.

b. Tidak tergantung temperatur

Keluaran *inverter* tidak boleh tergantung pada temperatur disekelilingnya, kecuali sensor suhu.

c. Kepekaan

Kepekaan sensor harus dipilih sedemikian, sehingga pada nilai-nilai masukan yang ada dapat diperoleh tegangan listrik keluaran yang cukup besar.

d. Waktu tanggapan

Waktu tanggapan adalah waktu yang diperlukan keluaran sensor untuk mencapai nilai akhirnya pada nilai masukan yang berubah secara mendadak.

Sensor harus dapat berubah cepat bila nilai masukan pada sistem tempat sensor tersebut berubah (Arifur Anwar, 2015)

### 2.5.1. Sensor pH DF Robot V 1.1

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Ia didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala *absolut*. Ia bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional+) yang terlarut (Sururi, 1998)

Selama dua dekade terakhir, pengembangan serta aplikasi sensor kimia dan biosensor tumbuh dengan pesat. Di antara semua sensor, sensor pH telah mendapatkan banyak perhatian, karena pentingnya pengukuran pH di berbagai bidang penelitian dan aplikasi praktis. Sensor pH berbasis serat optik kini menjadi alternatif selain elektroda didalam penggunaannya untuk pengukuran pH dan menawarkan berbagai kelebihan seperti kekebalan dari gangguan listrik, keakuratan yang lebih baik dan kemungkinan untuk aplikasi penginderaan jauh (Adil, 2006).

Pada prinsipnya pengukuran suatu pH adalah didasarkan pada potensial elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat didalam elektroda gelas (membrane gelas) yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat diluar elektroda gelas yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hidrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif, elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektrokimia dari ion hidrogen atau diistilahkan dengan potential dari hidrogen. Untuk melengkapi sirkuit elektrik dibutuhkan suatu elektroda pembanding. Sebagai catatan, alat tersebut tidak mengukur arus tetapi hanya mengukur tegangan (Purba, 1995).

Sensor yang biasa digunakan untuk mengukur pH adalah elektroda yang sensitif terhadap ion atau disebut juga elektroda gelas. Elektroda ini tersusun

dari batang elektroda (terbuat dari gelas yang terisolasi dengan baik) dan membran gelas (yang berding tipis dan sensitif terhadap ion  $H^+$  ). Elemen sensor pengukur pH terdapat di tengah-tengah, dilingkupi oleh larutan perak-perak klorida ( $Ag-AgCl$ ). Bagian bawah dari elemen sensor ini berhubungan dengan membran gelas dan berisi larutan perak- perak klorida. Kontak ionik dari larutan perak-perak klorida terhadap sampel terjadi melalui penghubung keramik. Penghubung ini bertindak sebagai suatu membran selektif yang hanya meloloskan arus-arus ionik tertentu, Secara alami, impedansi keluaran elektroda gelas sangat besar (karena proses kimia yang terjadi pada permukaan *elektroda*), besarnya antara 50-500  $M\Omega$  sehingga pada alat pengukur diperlukan impedansi masukan yang sangat besar (Coughlin, 1994).

### 2.5.2 Sensor Kelembaban Tanah FC-28

*Soil Moisture* sensor adalah sensor yang dapat mendeteksi kelembaban tanah. Ini versi terbarunya. Sensor ini sangat sederhana, tetapi sangat ideal untuk memantau kelembaban taman kota, atau tingkat air pada tanaman pekarangan rumah Anda. Sensor ini terdiri dua *probe* untuk melewati arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan tingkat kelembaban. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar). Sensor ini sangat membantu Anda untuk menginformasikan tingkat kelembaban pada tanaman Anda atau memantau kelembaban tanah di kebun Anda. *Expansion Shield* adalah shield yang sempurna untuk menghubungkan Sensor dengan Arduino.

#### 2.5.2.1 Spesifikasi

1. *Power supply*: 3.3v or 5v
2. *Output voltage signal*: 0~4.2v
3. *Current*: 35mA
4. *Pin definition*.
5. *Analog output (Blue wire)*
6. *GND(Black wire)*

7. Power (Red wire)
8. Size: 60x20x5 mm

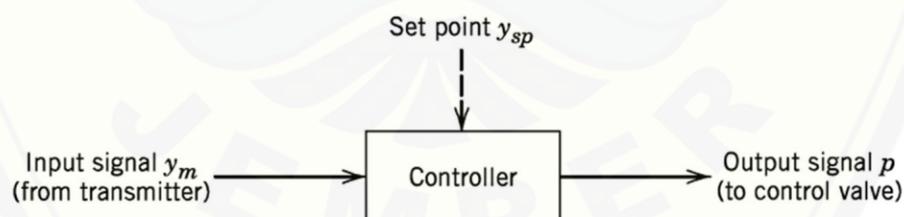
#### 2.5.2.2 Pinout

1. Merah - VCC (5v)
2. Hitam- Ground (GND)
3. Kuning - Signal (Data)

## 2.6 PID Kontrol

Pada sistem kontrol *Digital*, *set point* dimasukkan oleh operator melalui HMI (*Human Machine Interface*) di komputer *server*. *Set point* tersebut akan dibandingkan dengan *Input* signal. Selisihnya merupakan *error* yang menjadi masukan bagi controller. Melalui nilai *error* ini controller menentukan sinyal keluaran yang dapat mengurangi atau mereduksi nilai *error* selanjutnya.

PID merupakan controller yang paling umum digunakan dalam dunia industri. Sistem PID biasanya digunakan dalam suatu sistem kontrol yang memiliki umpan balik (*feedback*). *Controller* ini terdiri dari 3 elemen konstanta yaitu *Proportional*, *Integratif* dan *Derivatif*. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu *plant*. (Ogata Katsuhiko, 2010)



Gambar 2.2 Diagram sederhana dari *feedback controller*

(Sumber : Seborg, 2011)

### 2.6.1 *tuning* (Penalaan) Konstanta PID

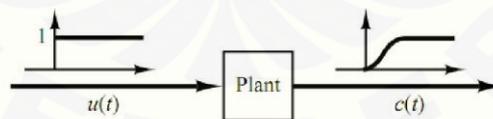
Untuk mendapatkan aksi kontrol yang baik diperlukan langkah *tuning* untuk menentukan nilai  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  seperti yang diinginkan. Berikut adalah salah satu contoh tahap yang yang dapat dilakukan :

1. Memahami cara kerja sistem.
2. Mencari model sistem dinamik dalam persamaan *differensial*.
3. Mendapatkan fungsi transfer sistem dengan *Transformasi Laplace*.
4. Menggabungkan fungsi *transfer* yang sudah didapatkan dengan jenis aksi pengontrolan.
5. Menentukan konstanta  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$ .
6. Menguji sistem dengan sinyal masukan seperti fungsi *step* dan *ramp* dalam fungsi transfer yang baru.
7. Mengetahui karakteristik tanggapan sistem dalam kawasan waktu.

Dalam melakukan *tuning* nilai konstanta PID terdapat *metode* seperti Ziegler-Nichols. *tuning* pertama yang diperkenalkan oleh Ziegler-Nichols pada tahun 1942 merupakan *tuning* yang paling umum dan sederhana untuk digunakan dan disajikan melalui dua buah pilihan metode sesuai dengan karakteristik yang dimiliki oleh plant.

#### 1. Metode Kurva Reaksi

Metode ini digunakan apabila kurva sistem sebagai unit-step response menghasilkan bentuk seperti huruf S seperti pada Gambar 2.3 . Bentuk S dari kurva tersebut dibentuk dari dua konstanta yaitu *delay time*  $L$  dan *time constant*  $T$ . Konstanta tersebut dapat diketahui melalui garis singgung yang dibuat pada titik perubahan dari kurva, selengkapnya disajikan melalui Gambar 2.3

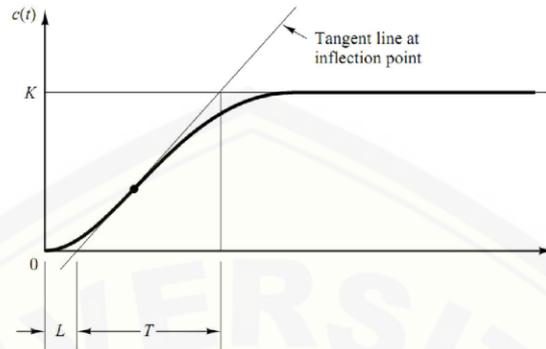


Gambar 2.3 Respon terhadap masukan sinyal *step*

(Sumber : Ogata Katsuhiko, 2010)

Dari Gambar 2.4 Diperlihatkan bahwa kurva reaksi berubah naik, setelah selang waktu  $L$ . Sedangkan waktu tunda menggambarkan perubahan kurva setelah mencapai 66% dari keadaan mantapnya. Pada kurva dibuat suatu garis yang bersinggungan dengan garis kurva. Garis singgung itu akan memotong dengan sumbu absis dan garis maksimum. Perpotongan garis singgung dengan

sumbu absis merupakan ukuran waktu mati, dan perpotongan dengan garis maksimum merupakan waktu tunda yang diukur dari titik waktu L.



Gambar 2.4 Kurva reaksi yang memiliki bentuk huruf S

(Sumber : Ogata Katsuhiko, 2010)

Untuk selanjutnya penalaan parameter PID dapat dilakukan dengan mensubstitusikan nilai kedua konstanta ini melalui tabel aturan Ziegler – Nichols dibawah ini :

Tabel 2.5 Aturan *tuning* Ziegler – Nichols metode kurva reaksi

Type Controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$\frac{T}{L}$	$\infty$	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5L$

(Sumber : Ogata Katsuhiko, 2010).

### BAB III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Adapun tempat dan waktu penelitian, pengujian dan analisis dilakukan secara umum di lakukan di :

Tempat : - Lab. Elektronika Terapan Fakultas Teknik Universitas Jember

- Kontrakan Kaliurang

Alamat : - Jl. Slamet Riyadi No. 62, Patrang, Kabupaten Jember

- Jl.Kaliurang, Perumahan Kaliurang Puncak

Waktu : Januari 2017 – Juni 2017

#### 3.2 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Tabel 3.1 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan															
		Maret				April				Mei				Juni			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan	■	■														
2	Studi Literatur		■	■	■												
3	Pembuatan Desain Akuaponik				■	■	■	■									
4	Pembelian Alat dan Bahan		■	■	■	■	■										
5	Pembuatan/Perakitan Akuaponik					■	■	■	■	■	■	■					
6	Melakukan Pengujian Alat											■	■	■	■		
7	Analisa Data												■	■	■	■	
8	Penulisan Laporan dan Kesimpulan													■	■	■	■

### 3.3 Alat dan bahan

#### 3.3.1 Alat

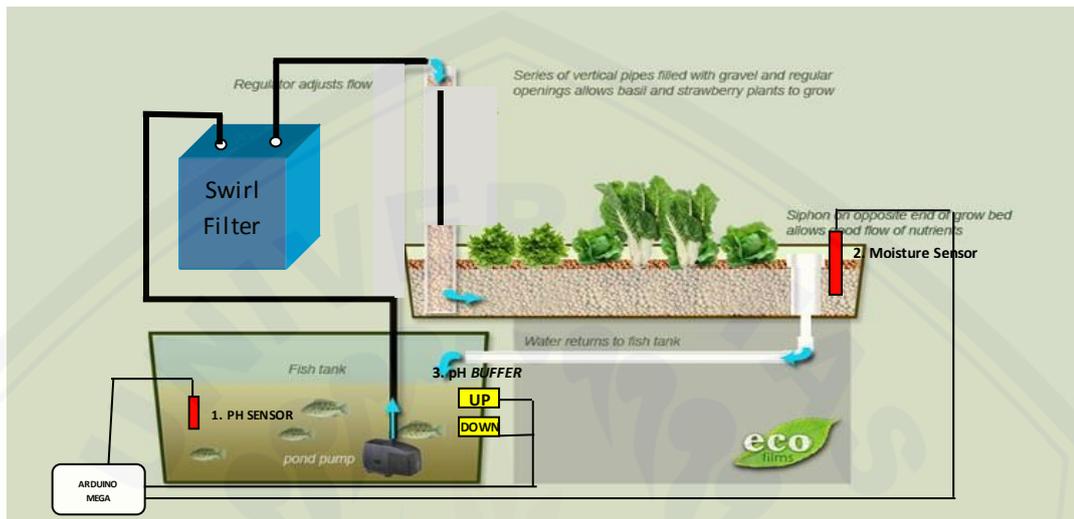
1. Arduino Mega 2560
2. *Probe* pH Sensor DF Robot V 1.1
3. *Moisture* Sensor FC-28
4. *Liquid Crystal Display*
5. Pompa aquarium
6. RTC DS3231

#### 3.3.2 Bahan

1. Bak Tanam ( *Grow Bed* )
2. Aquarium
3. Pipa paralon
4. Bak *Filter*
5. Ikan Nila
6. *Buffer* Ph Asam *Phosporic Acid* (  $H_3O_4P$  )
7. *Buffer* Ph Basa *Natrium Hidroksida* ( NaOH )

### 3.4 Perancangan Desain

Perancangan akuaponik meliputi tangki ikan, Media Tanam ( *growbed* ), *filter nitrifikasi*, Sensor pH dan *Moisture* sensor seperti yang terdapat pada gambar di bawah ini :



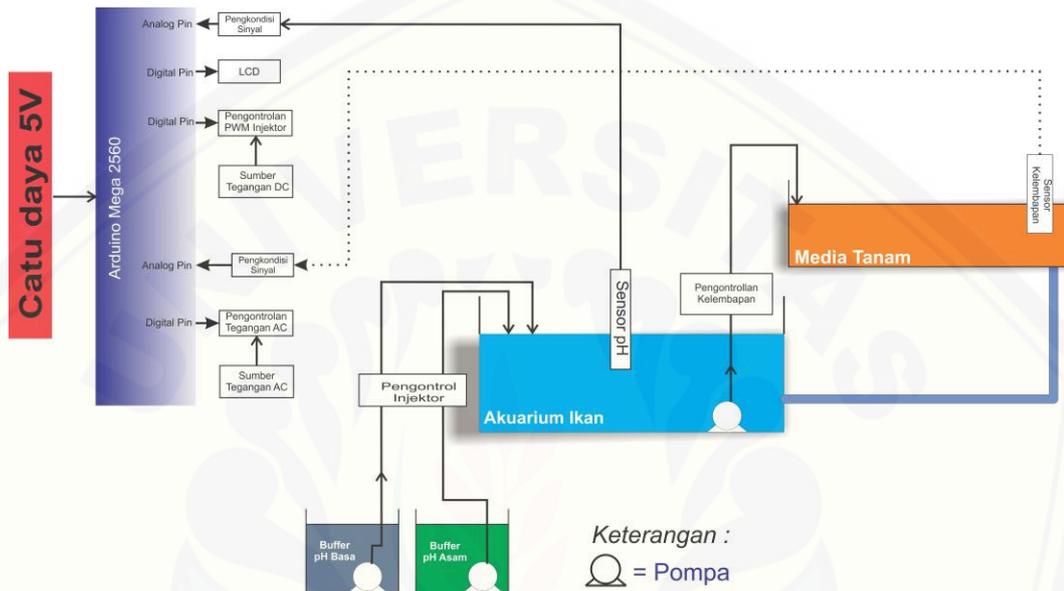
Gambar 3.1 Perancangan Desain

Penjelasan pada gambar 3.1 diatas adalah sistem aquaponic yang terdiri dari beberapa komponen diantaranya adalah sensor pH, sensor *moisture* (kelembapan), Pompa kolam dan diantaranya ada 2 *filter* yaitu *Swirl Filter* serta ada *Bio Filter*. Dalam gambar 3.1 diatas pompa air mengalir sistem tersebut secara berkala dimana sensor pH mengambil data pH dalam aquarium yang kemudian diproses apakah pH dalam aquarium dalam keadaan basa ataupun asam, mikrokontroller akan menghidupkan pompa *buffer* pH sampai kondisi pH dalam aquarium stabil, selanjutnya sensor *moisture* mengambil data kelembapan pada media tanam dimana sensor tersebut memiliki fungsi sangat penting terhadap *plant* karena apabila *plant* dalam keadaan kering atau kelembapan kurang dari set point maka mikrokontroller memberikan perintah untuk menghidupkan pompa dan menjalankan sistem sampai kelembapan dan sistem berjalan dengan seimbang.

Fungsi dari *filter* ini berfungsi menyaring sisa sisa kotoran yang terbawa oleh air dari media tanam agar nantinya didapatkan air yang masuk kembali kedalam aquarium benar-benar bersih, dimana *Swirl Filter* sendiri memiliki

fungsi untuk proses *nitrifikasi* yaitu proses pengendapan air dari aquarium sebelum memasuki media tanam sehingga air yang masuk kedalam *plant* mengandung nutrisi yang baik untuk tanaman.

### 3.5 Perancangan *Hardware*



Gambar 3.2 Perancangan *hardware* pengendali air akuarium

Dari diagram blok di atas pada gambar 3.2 menjelaskan tentang bagian bagian dari rangkaian yang tersusun menjadi satu sistem alat dengan sistem minimum mikrokontroler Arduino Mega

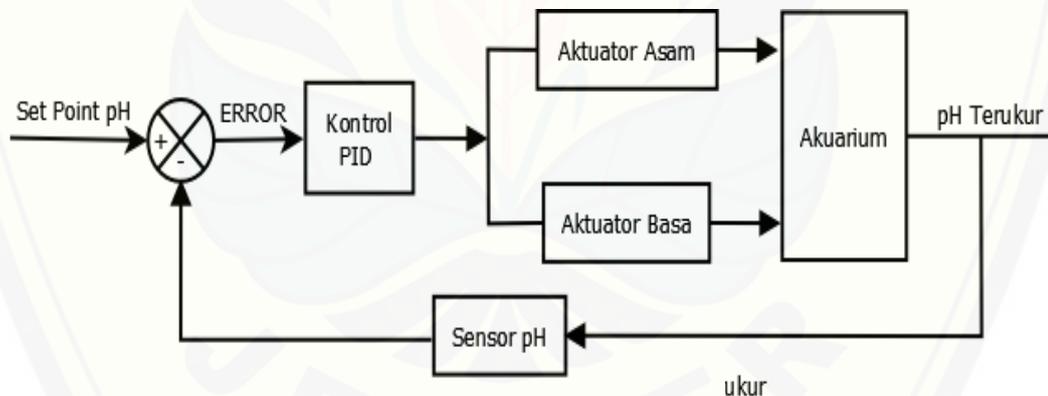
Bagian masukan dari blok diagram diatas terdiri dari sensor pH dan Sensor kelembapan yang datanya didapat dari sensor di olah oleh *mikrokontroler* Arduino Mega 2560, Sensor pH memiliki peran penting terhadap besar pH yang terdapat pada air akuarium dimana sensor mengambil data pH yang kemudian diolah oleh arduino untuk menganalisis data, apabila sensor pH mendapat data pengukuran pH dibawah nilai 7 ( *Netral* ) maka mikrokontroler memberikan perintah untuk mengaktifkan pompa basa yang berfungsi sebagai *buffer* larutan untuk mendapatkan besar yang seimbang pada aquarium ikan, namun apabila sensor membaca besar pH pada kolam di atas 7 maka *mikrokontroler* memberikan perintah untuk mengaktifkan pompa asam yang berguna sebagai

*buffer* larutan basa untuk mendapatkan nilai pH yang seimbang pada aquarium. Setelah itu sensor kelembapan yang di kontrol menggunakan Arduino Mega yang berfungsi sebagai sensor untuk membaca kelembapan pada media tanam dimana sensor *moisture* berfungsi mengambil data kelembapan yang selanjutnya diolah hasil data oleh Arduino Mega 2560 yang nantinya memberikan perintah untuk mengaktifkan *relay plant* pompa, kontrol kelembapan hanya memberi perintah mengaktifkan relay pompa dalam keadaan ON / OFF.

### 3.6 Metode penelitian

PID diaplikasikan untuk mengontrol pH air pada aquarium, blok diagram aplikasi pengontrolan secara umum dapat dilihat pada gambar 3.3 tentang diagram blok dasar pengendali pH air pada aquarium.

#### 3.6.1 Diagram Blok Dasar Sistem Pengendali pH Air Aquarium

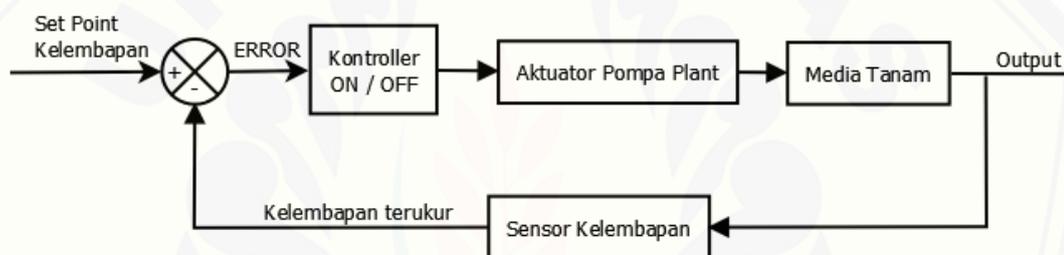


Gambar 3.3 Diagram blok pengendali PID

Penjelasan dari gambar 3.3 adalah kontrol PID diaplikasikan untuk mengontrol pH air agar keluaran dari sistem kontrol menghasilkan nilai pH yang konstan sesuai dengan nilai *set point*, masukan dari kontrol PID adalah nilai *error* pH air dimana nilai *error* didapatkan dari *feedback* keluaran sistem yang dikurangi dengan nilai *set poin*, dalam gambar 3.3 di atas terdapat kontrol PID dimana kontrol tersebut mengontrol *aktuator* basa dan asam yang nantinya akan masuk ke dalam aquarium, dalam blok diagram diatas dapat kita hitung *output*

dari sistem yang nantinya di kurangkan dengan nilai *set point* di situlah sistem mendapatkan nilai *error* yang di gunakan untuk masukan kontrol PID mengolah data masukan dan menghasilkan sinyal keluaran untuk memberikan *input* bagi aktuator basa dan asam untuk menginjeksikan jumlah larutan *buffer* kedalam akuarium .

Pengendali parameter PID menggunakan metode Ziegler Nichols dimana metode tersebut sudah di jelaskan dalam bab 2 tinjauan pustaka tentang pembahasan *Tunning* ( penalaan ) konstanta PID pada bagian 2.6.1 di sana sudah di jelaskan mengenai PID dengan metode Ziegler Nichols yang nantinya metode tersebut diterapkan pada pengendalian pH air pada akuarium.

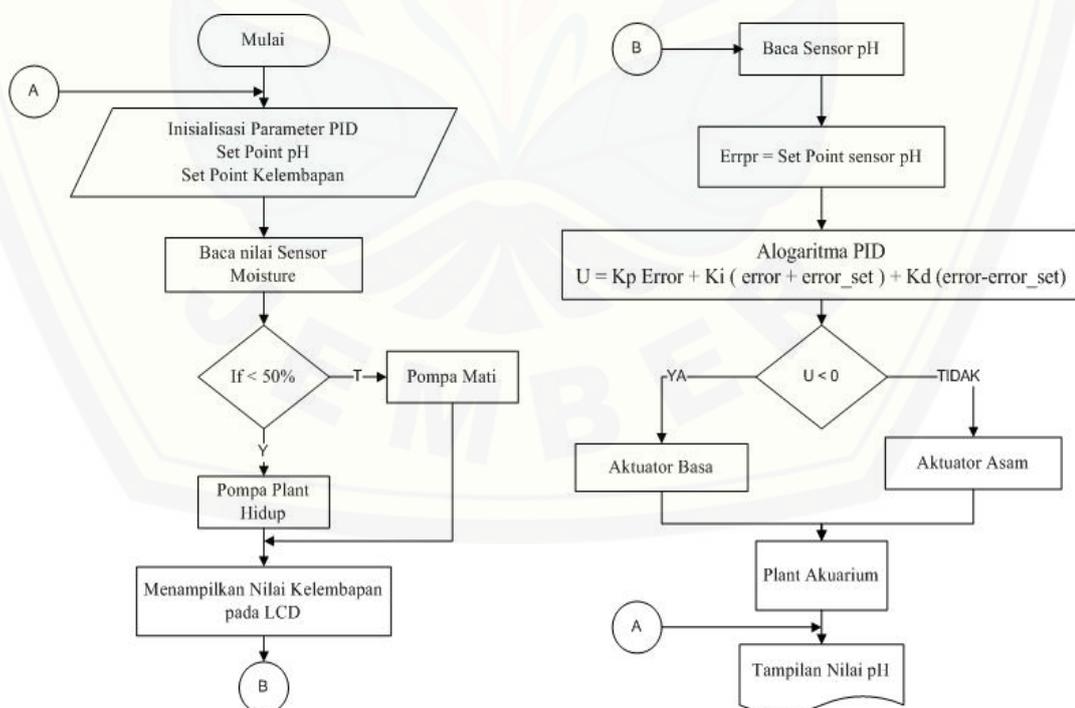


Gambar 3.4 Kontrol pompa ON / OFF kelembapan media tanam

Terlihat pada gambar 3.4 adalah blok diagram pengendali kelembapan pada media tanam. Terlihat dalam blok diagram diatas terdapat *set point* sebagai masukan sistem setelah itu masuk kedalam kontroler on / off. Dalam tahap ini data masukan diolah oleh *microkontroller* untuk menentukan apakah data sensor kelembapan di atas nilai *set point* atau dibawah nilai *set point*, apabila data masukan di bawah nilai *set point* maka sistem mengaktifkan pompa *plant* selanjutnya sistem mendapatkan *feedback* terhadap keluaran sistem. Selanjutnya sistem mengolah data dari *feedback* apakah keluaran sesuai dengan nilai *set point* atau tidak dan apabila di atas *set point* maka sistem tidak mengaktifkan pompa *plant* untuk mengalir media tanam.

### 3.6.2 Diagram Alir

Penjelasan tentang diagram alir pada gambar 3.5, sistem kontrol pH *aquaponik* menggunakan metode PID ,pada sistem kontrol pH sendiri pertama sistem membaca nilai sensor *moisture* jika kelembapan kurang dari 40 % maka sistem menyalakan pompa untuk *plant* namun ketika kelembapan nilainya lebih dari 40 % maka pompa dalam keadaan mati dan selanjutnya sensor pH membaca nilai pH dari kolam ikan dan *program* membaca apakah pH kurang atau lebih dari nilai *set point*, program menginisialisai dari nilai *error* dimana nilai error didapatkan dari hasil pengurangan set point dengan output dari sistem berupa nilai pH yang selanjutnya sinyal keluaran masuk kedalam alogaritma PID, dalam alogaritma tersebut sistem diolah lagi dengan menyesuaikan nilai  $k_p$ ,  $k_i$  dan  $k_d$  yang nantinya keluaran tersebut berfungsi untuk memberi masukan pada *actuator* untuk menstimulasi besaran larutan kedalam akuarium sampai mendapatkan nilai set point yang stabil pada akuarium, selanjutnya sistem menampilkan nilai pH yang terukur kedalam LCD.



Gambar 3.5 Diagram alir program utama

### 3.6.3 Pengujian

#### A. Pengujian *Hardware*

Dalam tahap pengujian *hardware* semua sensor dan aktuatuatur kalibrasi terlebih dahulu agar nantinya pada saat perakitan sistem tidak terjadi kendala yang di akibatkan karena *hardware* dalam keadaan tidak normal, pengujian terhadap sensor pH sebagai sensor ukur nilai parameter pH dilakukan dengan menggunakan 3 jenis larutan standart yang dikenal dengan larutan *buffer* yaitu dengan nilai pH 4.01, pH 7.01, pH 10.1. Hasil kalibrasi nanti dapat diketahui tegangan output dari sensor pH dalam satuan *volt*, selanjutnya mengkalibrasi dengan larutan asam kuat dan basa kuat hal ini menstimulasi larutan sedikit demi sedikit menggunakan larutan *buffer* sehingga di dapatkan nilai ADC dari sensor tersebut setelah melakukan kalibrasi terhadap sensor pH kemudian mengkalibrasi sensor kelembapan yang berfungsi sebagai sensor kelembapan tanah pada media tanam dengan mengukur tegangan *output* dari sensor pada saat kalibrasi pada tanah kering , tanah setengah lembab dan tanah basah hal ini berguna agar parameter kelembapan dapat ditentukan selanjutnya mengkalibrasi aktuator dimana aktuator dalam bentuk pompa diuji menggunakan tegangan sehingga dapat diketahui pompa dalam keadaan kerja yang normal.

#### B. Pengujian Kontrol Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui karakteristik *software* dalam proses sistem pengendalian. Pengujian terdiri dari pengujian menggunakan penalaan PID dengan *tuning* Ziegler-Nichols, Alogaritma Kendali PID, dan respon alogaritma PID terhadap adanya gangguan.

##### 1. Kontrol pH

Dalam pengujian kontrol sistem pH setelah melakukan kalibrasi *hardware* terlebih dahulu dimana dalam kalibrasi tersebut didapatkan nilai keluaran berupa tegangan dan nilai ADC, sehingga data yang didapat dapat digunakan untuk mencari persamaan matematis untuk mendapatkan pendekatan nilai pH yang sebenarnya, persamaan *linear* ini yang nantinya akan digunakan untuk sub rutin pembacaan ADC *internal*, dengan menggunakan metode penalaan tuning PID

Ziegler-Nichols data ADC dari sensor diolah untuk sinyal masukan untuk aktuator pompa injeksi.

## 2. Kelembaban Tanah

Dalam pengontrolan kelembaban tanah pada media tanam sistem menerima sinyal masukan dari sensor kelembaban yang ditempatkan pada bak media tanam sinyal yang diolah berupa nilai ADC sehingga dari hasil kalibrasi tersebut sistem dapat mengetahui kondisi tanah apakah dalam keadaan kering atau basah. Kontrol kelembaban tersebut berfungsi mengaktifkan relay pompa untuk mengaktifkan pompa untuk mengaliri air pada media tanam.

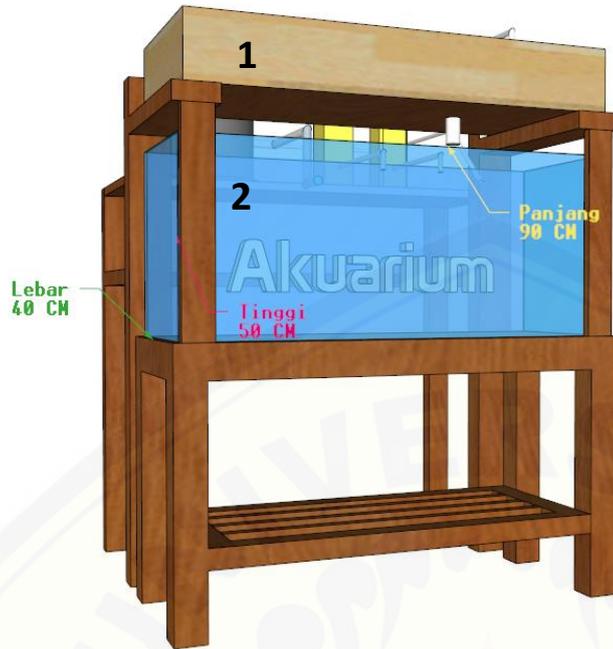
### C. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian tahap terakhir adalah yaitu mencoba sistem secara keseluruhan, bahwa dalam tahap ini sistem dapat diketahui apakah kontrol sesuai dengan apa yang diharapkan dengan kata lain pH dan kelembaban sudah dapat terkontrol sesuai dengan *set point*, dalam tahap pengujian keseluruhan dilakukan pengambilan data dari sistem setelah tanaman telah dipindahkan ke media tanam yaitu sekitar umur 10 hst, diperkirakan pengambilan data dilakukan sampai tanaman berumur kurang lebih 35 hari atau masa panen, sedangkan pada ikan saat pertama pengontrolan pH pada akuarium ikan sudah berumur 2 bulan dari pertama pembibitan. Pengujian dilakukan untuk mengkaji data dalam sistem tersebut, dalam pengujian keseluruhan dapat dilihat apakah sistem berjalan seimbang atau ada kendala dibagian tertentu, dengan didapatannya data dari hasil pengujian kita dapat menyimpulkan bahwa sistem dalam keadaan normal atau tidak.

### 3.7 Desain Alat dan Kalibrasi Sensor

Dalam penelitian skripsi ini setelah melakukan perancangan desain dimana dalam perancangan desain tersebut meliputi alat bahan, gambar desain alat serta metode penelitian yang nantinya sebagai acuan dalam pembuatan *prototype* akuaponik sesungguhnya agar nantinya alat yang kita buat sesuai dengan perancangan yang telah di rencanakan sebelumnya.

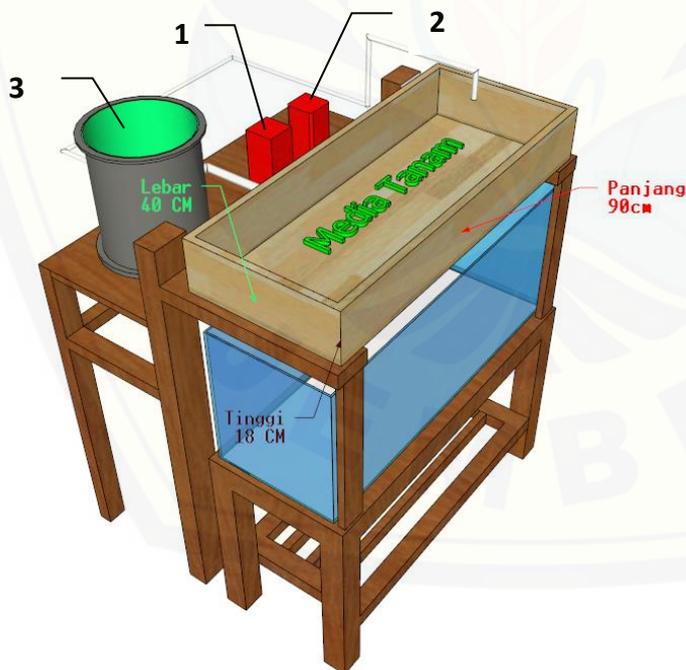
Adapun implementasi *prototype* akuaponik yang telah di buat meliputi ukuran *prototype* dan besar dimensi, dimana untuk media akuarium menggunakan akuarium yang terbuat dari kaca dengan ukuran panjang 90 cm, lebar 40 cm dan tinggi 50 cm, seperti yang terlihat pada gambar 3.6 serta untuk ukuran media tanam dengan panjang 90 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 18 cm seperti yang terlihat pada gambar 3.7 , pada pembahasan sebelumnya *prototype* akuaponik terdiri dari media tanam serta akuarium yang digunakan untuk menampung atau pemijahan ikan, tidak ada perubahan terhadap *prototype* akuaponik terhadap perancangan desain dengan kata lain apa yang telah direncanakan dan di realisasikan sesuai dengan perancangan sebelumnya. Kekurangan dalam sistem ini untuk skala akuarium terbatas hanya untuk maksimal 20 ikan nila sampai ukuran standart panen dan pada bak media tanam menggunakan campuran dari tanah kompos serta batuan kecil kecil (Batu *Sprite* ), dari ukuran yang dibuat dapat menampung sampai dengan 6 buah sayuran sawi daging ukuran siap panen dengan jarak antar tanaman sebesar 15 cm, dengan jarak tersebut tanaman mampu tumbuh dengan baik dari perkembangan daun yang semakin besar dan data hasil pengamatan dapat di lihat dalam hasil dan pembasan.



Keterangan

1. *Plant Media Tanam*
2. *Akuarium*

Gambar 3.6 Tampak depan dan Ukuran sistem Akuaponik



Keterangan :

1. *Pompa Buffer Asam*
2. *Pompa Buffer Basa*
3. *Swirl Filter*

Gambar 3.7 Tampak atas sistem akuaponik

### 3.7.1 Kalibrasi Sensor pH DF Robot V 1.1

Dalam tahap ini dilakukan proses pengambilan data kalibrasi dari sensor pH gunanya agar data yang dihasilkan oleh sensor pH sesuai dengan pembacaan pH meter konvensional. Data yang diperoleh Sensor pH adalah nilai ADC yang berhasil dibaca oleh sensor dengan menggunakan larutan yang memiliki nilai pH yang bervariasi, sensor pH yang digunakan adalah sensor pH DFRobot versi 1.1 dimana dalam sensor tersebut terdapat *signal conditioning* yang berfungsi untuk mengubah nilai tegangan menjadi nilai ADC yang dapat dibaca oleh Arduino dengan menggunakan *library* sensor pH. Dalam pengambilan data ini nilai ADC dari larutan dibandingkan dengan pH yang terukur oleh pH meter yang telah dikalibrasi. Dalam proses kalibrasi yang dilakukan dengan mengubah konsentrasi larutan sehingga mendapatkan nilai pH yang berbeda-beda agar nantinya nilai ADC dan pH meter dapat dibandingkan untuk mendapatkan grafik linear yang berfungsi untuk sebagai hasil nilai kalibrasi. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada analisis pembahasan.

### 3.7.2 Kalibrasi Sensor Kelembaban Tanah FC-28

Pada bagian ini akan dilakukan analisis awal mengenai penentuan level kondisi kelembaban tanah pada media tanam, dalam pengambilan data sensor kelembaban tanah meliputi kondisi tanah media tanam yang kering, kondisi tanah media tanam yang lembab dan kondisi tanah media tanam yang kering. Berdasarkan pembacaan nilai data sensor kelembaban tanah, besar nilai *range* pembacaan sensor yaitu 0 – 1023 bit yang menunjukkan kondisi kelembaban tanah dimana data yang diambil berupa nilai ADC dari sensor *moisture* dengan kondisi tanah yang berbeda-beda, dalam pembacaan sensor ketika nilai sensor bernilai besar menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi kering namun ketika nilai ADC bernilai rendah maka kondisi tanah semakin lembab ataupun basah.

Dari data ADC yang diperoleh agar memudahkan penelitian dirubah menjadi bentuk nilai persen (%), mengacu pada perhitungan manual untuk menentukan kelembaban tanah menjadi nilai kondisi tanah kering, tanah basah dan tanah lembab oleh alat, dengan menggunakan rumus matematis untuk

mengubah nilai sensor menjadi nilai dalam bentuk persen menggunakan persamaan (3.1).

$$\text{Nilai persen} = \frac{1023 - \text{nilai ADC sensor}}{1023} \times 100 \% \quad (3.1)$$

Dalam persamaan matematis (3.1) diatas menjelaskan bahwa nilai sensor yang didapatkan sebagai factor pengurang dari nilai 1023 yang nantinya dikalikan dengan 100 %, sehingga didapatkan nilai sebesar 1,023 ntuk setiap 0,01 nilai persen, dalam perubahan tersebut berguna agar alat dapat langsung mendeteksi perubahan nilai / persentase kelembapan tanah dan juga dapat diartikan bahwa semakin besar persentase yang di deteksi oleh alat maka dapat di artikan bahwa tanah dalam kondisi basah dan ketika nilai persentase semakin rendah maka alat mendeteksi bahwa kondisi tanah kering, dari percobaan kalibrasi hasil dari perubahan nilai sensor ke nilai persen (%) ditunjukkan dengan tabel 3.2

Tabel 3.2 Perubahan nilai ADC sensor ke nilai persen (%)

No	Nilai ADC Sensor	Persentase (%)
1	1023	0 %
2	1022,9	0,01 %
3	1013	1 %
4	921	10 %
5	818	20 %
6	716	30 %
7	614	40 %
8	515	50 %
9	409	60 %
10	308	70 %
11	205	80 %
12	103	90 %
13	0	100 %

Data yang diperoleh dapat dilihat perubahan nilai yang bervariasi seperti yang dapat dilihat ketika kondisi nilai sensor ADC bernilai 0 nilai *persentase* yang

didapat adalah 100 % namun ketika kondisi ADC sensor bernilai 1023 nilai presentase 0 % dapat disimpulkan bahwa kondisi antara nilai ADC sensor berbanding terbalik dengan persentase seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.3. Adapun representasi perubahan nilai ADC dengan persentase dapat dilihat dalam bentuk grafik pada gambar 3.2. Dari perubahan nilai tersebut dapat dikategori kondisi kelembaban tanah, adapun beberapa kategori yang menunjukkan kondisi kelembaban tanah yang ditunjukkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Tabel pengkategorian kondisi kelembaban tanah

No	Kelembapan Tanah		Kategori Kondisi Kelembaban tanah
	Sensor	Nilai Persen	
1	516 – 1023	0 % - 50 %	Kering
2	0 - 501	51 % - 100 %	Lembab

### 3.7.3 Kalibrasi Pompa Injektor Asam dan Basa

Dalam pengontrolan pH pada plant akuarium dibutuhkan larutan *buffer* dimana larutan tersebut adalah larutan kimia berupa basa kuat dan asam kuat dimana masing masing larutan memiliki senyawa yang berbeda, pada *buffer* ph jenis senyawa yang digunakan adalah senyawa Kalium Hidroksida pekat yang sudah di lemahkan menggunakan cairan akuades sama seperti halnya juga larutan *buffer* asam dimana senyawa yang di gunakan asam fosfat kuat yang sudah di lemahkan konsentrasinya, kedua senyawa memiliki fungsi masing masing yaitu sebagai pengontrol pH dalam plant akuarium dimana *buffer* pH asam berfungsi ketika kondisi plant dalam keadaan basa sedangkan *buffer* basa berfungsi ketika kondisi plant dalam kondisi asam.

Dalam proses *buffering* jumlah larutan yang digunakan harus sesuai agar kebutuhan pH yang diharapkan sesuai karena apabila dalam pencampuran komposisinya terlalu banyak dapat berakibat pada kelangsungan hidup ikan yang berada di dalam plant , dalam keadaan ini alat dalam penelitian membutuhkan actuator yang berfungsi untuk menginjeksikan larutan kedalam plant, kebutuhan larutan berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan untuk mengembalikan kondisi Ph

dalam akuarium dalam keadaan stabil, untuk injector menggunakan mini pompa yang terdiri dari 2 buah tangki larutan asam dan basa. Dalam proses penginjeksian larutan Ph pompa terlebih dahulu dikalibrasi dengan menggunakan proses *timming* yaitu kemampuan pompa dalam mengalirkan larutan dalam satuan waktu, proses kalibrasi dilakukan dengan memberi timer pada pompa dan larutan yang di keluarkan dari selang pompa di masukkan kedalam gelas ukur agar di ketahui kemampuan pompa dalam mengalirkan larutan dalam beberapa detik.



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengendalian kelembaban tanah dengan menggunakan sensor FC-28 mendapatkan kondisi yang sesuai dengan kondisi tanah yang terukur terbukti dengan proses pengkalibrasian menggunakan alat tester kelembaban tanah konvensional didapat *error* persen tertinggi sebesar 6,1 % pada saat kondisi pembacaan sensor 26 dan sensor dapat mendeteksi dengan baik kondisi tanah pada media tanam selama penelitian dilakukan serta sensor pH yang berfungsi untuk mendeteksi kondisi keasaman pada *plant* akuarium telah terkalibrasi sempurna dengan memanfaatkan selisih nilai ADC sebagai acuan terhadap nilai pH dan mendapat kurva linearitas antara nilai ADC dengan nilai pH sebesar  $0.0167x - 0.2483$ , dengan nilai *error* persen pembacaan sensor pH sebesar 1,248 % pada kondisi pH 8.11 .
2. Kontrol menggunakan metode *tunning* PID *Ziegler-Nichols* dapat memperbaiki respon *plant* terhadap perubahan nilai pH yang cepat menuju set poin serta memperkecil nilai *overshot* terbukti ketika menggunakan nilai parameter  $K_p = 3.02$ ,  $T_i = 92$ ,  $T_d = 23$ , *plant* dapat segera mengatasi kondisi pada saat pH 8.02 menuju set point 7.00 membutuhkan waktu 55 detik dengan *steady error* sebesar 3% dan mempertahankan kondisi *plant* pada *set point*, namun ketika dibandingkan respon sistem tanpa menggunakan kontrol dibutuhkan waktu sebesar 102 dari kondisi pH 8.02 menuju nilai *set point* pH 7.00 dengan nilai osilasi yang sangat besar sehingga menyebabkan sistem tidak seimbang dengan nilai *overshot* terbesar pada saat detik ke 78 dan kondisi pH sebesar 6,59

## 5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, maka adapun beberapa saran-saran sebagai berikut :

1. Perlu diperhatikan larutan *buffer* asam kuat  $H_3O_4P$  yang digunakan untuk menurunkan kondisi pH karena sifat *Phosphoric Acid* yang susah untuk di kendalikan dan perlunya untuk melemahkan konsentrasinya terlebih dahulu.
2. Untuk mendapatkan respon sistem yang maksimal dan lebih baik lagi sebaiknya menggunakan sensor pH yang lebih akurat dan stabil karena sangat berpengaruh terhadap pembacaan nilai pH pada *plant*.
3. Pengendalian pH air pada sistem akuaponik dapat dikembangkan lagi menggunakan metode kontrol *Fuzzy Adaptive*, *Fuzzy-PID* dan *Self Tunning PID*.

LAMPIRAN

A. DOKUMENTASI



Gambar 1 Desain alat secara keseluruhan



Gambar 2. Bak tanam sawi



Gambar 3. Posisi sensor kelembaban tanah FC-28



Gambar 4. Mikrokontroler Akuaponik



Gambar 5 Pompa *Buffer* Asam dan Basa



Gambar 6 Proses kalibrasi sensor PH DF Robot v 1.1



Gambar 7 Selenoid valve media tanam

**B. Data Pengujian**

**1. Tabel Respon Sistem Pengujian Open Loop ( Bump Test )**

No	pH	ph. Awal	Set Point	Waktu					
1	7.94	7.94	7.00	0	48	7.91	7.94	7.00	47
2	7.94	7.94	7.00	1	49	7.91	7.94	7.00	48
3	7.94	7.94	7.00	2	50	7.91	7.94	7.00	49
4	7.94	7.94	7.00	3	51	7.91	7.94	7.00	50
5	7.94	7.94	7.00	4	52	7.91	7.94	7.00	51
6	7.94	7.94	7.00	5	53	7.91	7.94	7.00	52
7	7.94	7.94	7.00	6	54	7.91	7.94	7.00	53
8	7.94	7.94	7.00	7	55	7.90	7.94	7.00	54
9	7.94	7.94	7.00	8	56	7.90	7.94	7.00	55
10	7.93	7.94	7.00	9	57	7.90	7.94	7.00	56
11	7.93	7.94	7.00	10	58	7.90	7.94	7.00	57
12	7.93	7.94	7.00	11	59	7.89	7.94	7.00	58
13	7.93	7.94	7.00	12	60	7.90	7.94	7.00	59
14	7.93	7.94	7.00	13	61	7.90	7.94	7.00	60
15	7.93	7.94	7.00	14	62	7.89	7.94	7.00	61
16	7.93	7.94	7.00	15	63	7.87	7.94	7.00	62
17	7.93	7.94	7.00	16	64	7.87	7.94	7.00	63
18	7.93	7.94	7.00	17	65	7.87	7.94	7.00	64
19	7.93	7.94	7.00	18	66	7.87	7.94	7.00	65
20	7.93	7.94	7.00	19	67	7.88	7.94	7.00	66
21	7.93	7.94	7.00	20	68	7.88	7.94	7.00	67
22	7.93	7.94	7.00	21	69	7.87	7.94	7.00	68
23	7.93	7.94	7.00	22	70	7.86	7.94	7.00	69
24	7.93	7.94	7.00	23	71	7.86	7.94	7.00	70
25	7.93	7.94	7.00	24	72	7.86	7.94	7.00	71
26	7.93	7.94	7.00	25	73	7.85	7.94	7.00	72
27	7.93	7.94	7.00	26	74	7.86	7.94	7.00	73
28	7.92	7.94	7.00	27	75	7.86	7.94	7.00	74
29	7.92	7.94	7.00	28	76	7.85	7.94	7.00	75
30	7.91	7.94	7.00	29	77	7.84	7.94	7.00	76
31	7.91	7.94	7.00	30	78	7.83	7.94	7.00	77
32	7.92	7.94	7.00	31	79	7.82	7.94	7.00	78
33	7.91	7.94	7.00	32	80	7.82	7.94	7.00	79
34	7.91	7.94	7.00	33	81	7.82	7.94	7.00	80
35	7.91	7.94	7.00	34	82	7.81	7.94	7.00	81
36	7.92	7.94	7.00	35	83	7.81	7.94	7.00	82
37	7.91	7.94	7.00	36	84	7.81	7.94	7.00	83
38	7.91	7.94	7.00	37	85	7.81	7.94	7.00	84
39	7.91	7.94	7.00	38	86	7.81	7.94	7.00	85
40	7.91	7.94	7.00	39	87	7.81	7.94	7.00	86
41	7.91	7.94	7.00	40	88	7.81	7.94	7.00	87
42	7.91	7.94	7.00	41	89	7.80	7.94	7.00	88
43	7.92	7.94	7.00	42	90	7.80	7.94	7.00	89
44	7.91	7.94	7.00	43	91	7.80	7.94	7.00	90
45	7.91	7.94	7.00	44	92	7.79	7.94	7.00	91
46	7.91	7.94	7.00	45	93	7.79	7.94	7.00	92
47	7.91	7.94	7.00	46	94	7.77	7.94	7.00	93
					95	7.74	7.94	7.00	94
					96	7.75	7.94	7.00	95

# Digital Repository Universitas Jember

97	7.75	7.94	7.00	96	149	7.26	7.94	7.00	148
98	7.75	7.94	7.00	97	150	7.25	7.94	7.00	149
99	7.75	7.94	7.00	98	151	7.24	7.94	7.00	150
100	7.72	7.94	7.00	99	152	7.20	7.94	7.00	151
101	7.70	7.94	7.00	100	153	7.17	7.94	7.00	152
102	7.70	7.94	7.00	101	154	7.16	7.94	7.00	153
103	7.68	7.94	7.00	102	155	7.18	7.94	7.00	154
104	7.66	7.94	7.00	103	156	7.16	7.94	7.00	155
105	7.69	7.94	7.00	104	157	7.19	7.94	7.00	156
106	7.68	7.94	7.00	105	158	7.21	7.94	7.00	157
107	7.67	7.94	7.00	106	159	7.19	7.94	7.00	158
108	7.68	7.94	7.00	107	160	7.17	7.94	7.00	159
109	7.65	7.94	7.00	108	161	7.16	7.94	7.00	160
110	7.66	7.94	7.00	109	162	7.13	7.94	7.00	161
111	7.63	7.94	7.00	110	163	7.12	7.94	7.00	162
112	7.61	7.94	7.00	111	164	7.13	7.94	7.00	163
113	7.59	7.94	7.00	112	165	7.11	7.94	7.00	164
114	7.57	7.94	7.00	113	166	7.10	7.94	7.00	165
115	7.56	7.94	7.00	114	167	7.08	7.94	7.00	166
116	7.53	7.94	7.00	115	168	7.08	7.94	7.00	167
117	7.50	7.94	7.00	116	169	7.07	7.94	7.00	168
118	7.47	7.94	7.00	117	170	7.07	7.94	7.00	169
119	7.47	7.94	7.00	118	171	7.04	7.94	7.00	170
120	7.47	7.94	7.00	119	172	7.04	7.94	7.00	171
121	7.46	7.94	7.00	120	173	7.04	7.94	7.00	172
122	7.45	7.94	7.00	121	174	7.02	7.94	7.00	173
123	7.42	7.94	7.00	122	175	7.02	7.94	7.00	174
124	7.42	7.94	7.00	123	176	6.97	7.94	7.00	175
125	7.43	7.94	7.00	124	177	6.97	7.94	7.00	176
126	7.40	7.94	7.00	125	178	6.97	7.94	7.00	177
127	7.40	7.94	7.00	126	179	6.96	7.94	7.00	178
128	7.41	7.94	7.00	127	180	6.96	7.94	7.00	179
129	7.41	7.94	7.00	128	181	6.96	7.94	7.00	180
130	7.40	7.94	7.00	129	182	6.99	7.94	7.00	181
131	7.38	7.94	7.00	130	183	6.99	7.94	7.00	182
132	7.39	7.94	7.00	131	184	6.99	7.94	7.00	183
133	7.35	7.94	7.00	132	185	6.99	7.94	7.00	184
134	7.36	7.94	7.00	133	186	6.99	7.94	7.00	185
135	7.33	7.94	7.00	134	187	6.99	7.94	7.00	186
136	7.33	7.94	7.00	135	188	7.01	7.94	7.00	187
137	7.32	7.94	7.00	136	189	7.01	7.94	7.00	188
138	7.33	7.94	7.00	137	190	7.01	7.94	7.00	189
139	7.31	7.94	7.00	138	191	7.01	7.94	7.00	190
140	7.29	7.94	7.00	139	192	7.01	7.94	7.00	191
141	7.28	7.94	7.00	140	193	7.01	7.94	7.00	192
142	7.29	7.94	7.00	141	194	7.01	7.94	7.00	193
143	7.29	7.94	7.00	142	195	7.01	7.94	7.00	194
144	7.26	7.94	7.00	143	196	7.01	7.94	7.00	195
145	7.25	7.94	7.00	144	197	7.01	7.94	7.00	196
146	7.22	7.94	7.00	145	198	7.01	7.94	7.00	197
147	7.24	7.94	7.00	146	199	7.01	7.94	7.00	198
148	7.25	7.94	7.00	147	200	7.01	7.94	7.00	199

201	7.01	7.94	7.00	200	253	7.01	7.94	7.00	252
202	7.01	7.94	7.00	201	254	7.01	7.94	7.00	253
203	7.00	7.94	7.00	202	255	7.01	7.94	7.00	254
204	7.00	7.94	7.00	203	256	7.01	7.94	7.00	255
205	7.00	7.94	7.00	204	257	7.01	7.94	7.00	256
206	7.00	7.94	7.00	205	258	7.01	7.94	7.00	257
207	7.00	7.94	7.00	206	259	7.01	7.94	7.00	258
208	7.01	7.94	7.00	207	260	7.01	7.94	7.00	259
209	7.01	7.94	7.00	208					
210	7.01	7.94	7.00	209					
211	6.99	7.94	7.00	210					
212	6.99	7.94	7.00	211					
213	6.98	7.94	7.00	212					
214	6.98	7.94	7.00	213					
215	6.98	7.94	7.00	214					
216	6.98	7.94	7.00	215					
217	6.98	7.94	7.00	216					
218	7.00	7.94	7.00	217					
219	7.00	7.94	7.00	218					
220	7.00	7.94	7.00	219					
221	7.00	7.94	7.00	220					
222	7.00	7.94	7.00	221					
223	7.00	7.94	7.00	222					
224	7.00	7.94	7.00	223					
225	7.00	7.94	7.00	224					
226	7.00	7.94	7.00	225					
227	7.01	7.94	7.00	226					
228	7.01	7.94	7.00	227					
229	7.01	7.94	7.00	228					
230	7.01	7.94	7.00	229					
231	7.01	7.94	7.00	230					
232	7.01	7.94	7.00	231					
233	7.01	7.94	7.00	232					
234	7.01	7.94	7.00	233					
235	7.01	7.94	7.00	234					
236	7.01	7.94	7.00	235					
237	7.01	7.94	7.00	236					
238	7.01	7.94	7.00	237					
239	7.01	7.94	7.00	238					
240	7.01	7.94	7.00	239					
241	7.01	7.94	7.00	240					
242	7.01	7.94	7.00	241					
243	7.01	7.94	7.00	242					
244	7.01	7.94	7.00	243					
245	7.01	7.94	7.00	244					
246	7.01	7.94	7.00	245					
247	7.01	7.94	7.00	246					
248	7.01	7.94	7.00	247					
249	7.01	7.94	7.00	248					
250	7.01	7.94	7.00	249					
251	7.01	7.94	7.00	250					
252	7.01	7.94	7.00	251					

2. Tabel Respon Sistem Kendali PID

No	pH	Set Point	Waktu (s)
1	8.03	7.00	0
2	8.03	7.00	1
3	8.03	7.00	2
4	8.03	7.00	3
5	8.02	7.00	4
6	8.00	7.00	5
7	7.98	7.00	6
8	7.96	7.00	7
9	7.95	7.00	8
10	7.94	7.00	9
11	7.93	7.00	10
12	7.92	7.00	11
13	7.90	7.00	12
14	7.88	7.00	13
15	7.87	7.00	14
16	7.87	7.00	15
17	7.86	7.00	16
18	7.87	7.00	17
19	7.88	7.00	18
20	7.89	7.00	19
21	7.90	7.00	20
22	7.91	7.00	21
23	7.91	7.00	22
24	7.91	7.00	23
25	7.91	7.00	24
26	7.89	7.00	25
27	7.88	7.00	26
28	7.86	7.00	27
29	7.84	7.00	28
30	7.82	7.00	29
31	7.79	7.00	30
32	7.74	7.00	31
33	7.68	7.00	32
34	7.63	7.00	33
35	7.58	7.00	34
36	7.54	7.00	35
37	7.53	7.00	36
38	7.53	7.00	37
39	7.55	7.00	38
40	7.54	7.00	39
41	7.47	7.00	40
42	7.23	7.00	41
43	7.23	7.00	42
44	7.23	7.00	43
45	7.21	7.00	44
46	7.22	7.00	45
47	7.20	7.00	46
48	7.20	7.00	47
49	7.19	7.00	48

50	7.18	7.00	49
51	7.15	7.00	50
52	7.10	7.00	51
53	7.09	7.00	52
54	7.09	7.00	53
55	7.05	7.00	54
56	7.05	7.00	55
57	7.05	7.00	56
58	7.00	7.00	57
59	6.97	7.00	58
60	6.99	7.00	59
61	7.00	7.00	60
62	7.01	7.00	61
63	7.01	7.00	62
64	7.00	7.00	63
65	7.00	7.00	64
66	7.02	7.00	65
67	7.02	7.00	66
68	7.01	7.00	67
69	7.02	7.00	68
70	7.00	7.00	69
71	7.00	7.00	70
72	7.00	7.00	71
73	7.00	7.00	72
74	7.00	7.00	73
75	7.00	7.00	74
76	7.01	7.00	75
77	7.03	7.00	76
78	7.03	7.00	77
79	7.03	7.00	78
80	7.03	7.00	79
81	7.03	7.00	80
82	7.03	7.00	81
83	7.03	7.00	82
84	7.03	7.00	83
85	7.04	7.00	84
86	7.04	7.00	85
87	7.01	7.00	86
88	7.01	7.00	87
89	7.01	7.00	88
90	7.01	7.00	89
91	7.01	7.00	90
92	7.01	7.00	91
93	7.01	7.00	92
94	7.00	7.00	93
95	7.00	7.00	94
96	7.00	7.00	95
97	7.00	7.00	96
98	7.01	7.00	97
99	7.01	7.00	98

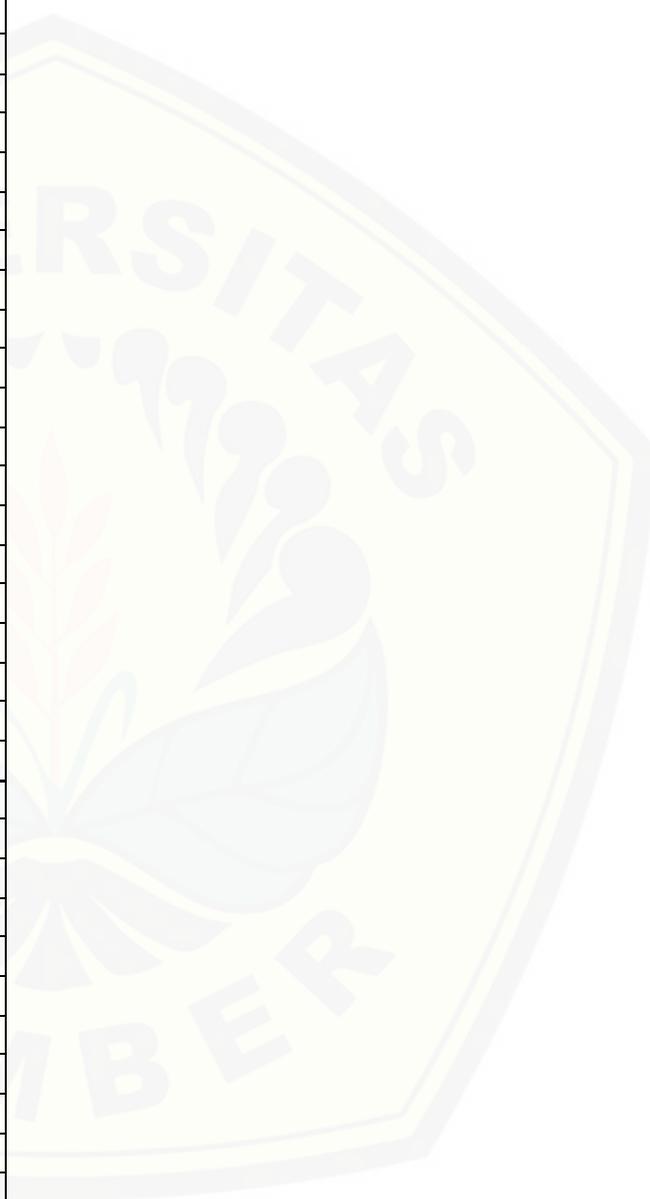
100	7.00	7.00	99
101	7.00	7.00	100

### 3. Tabel Respon Tanpa Kendali PID

No	pH	waktu	Set Point
1	8.01	0	7.00
2	8.01	1	7.00
3	8.02	2	7.00
4	8.00	3	7.00
5	7.97	4	7.00
6	7.93	5	7.00
7	7.89	6	7.00
8	7.89	7	7.00
9	7.89	8	7.00
10	7.89	9	7.00
11	7.89	10	7.00
12	7.89	11	7.00
13	7.88	12	7.00
14	7.89	13	7.00
15	7.89	14	7.00
16	7.89	15	7.00
17	7.89	16	7.00
18	7.89	17	7.00
19	7.89	18	7.00
20	7.89	19	7.00
21	7.88	20	7.00
22	7.85	21	7.00
23	7.82	22	7.00
24	7.77	23	7.00
25	7.74	24	7.00
26	7.73	25	7.00
27	7.73	26	7.00
28	7.73	27	7.00
29	7.72	28	7.00
30	7.71	29	7.00
31	7.71	30	7.00
32	7.70	31	7.00
33	7.71	32	7.00
34	7.71	33	7.00
35	7.72	34	7.00
36	7.73	35	7.00
37	7.73	36	7.00
38	7.73	37	7.00
39	7.72	38	7.00
40	7.73	39	7.00

41	7.73	40	7.00
42	7.73	41	7.00
43	7.72	42	7.00
44	7.71	43	7.00
45	7.70	44	7.00
46	7.70	45	7.00
47	7.68	46	7.00
48	7.67	47	7.00
49	7.66	48	7.00
50	7.65	49	7.00
51	7.63	50	7.00
52	7.60	51	7.00
53	7.56	52	7.00
54	7.50	53	7.00
55	7.43	54	7.00
56	7.36	55	7.00
57	7.30	56	7.00
58	7.23	57	7.00
59	7.18	58	7.00
60	7.13	59	7.00
61	7.09	60	7.00
62	7.06	61	7.00
63	7.02	62	7.00
64	7.00	63	7.00
65	6.76	64	7.00
66	6.76	65	7.00
67	6.76	66	7.00
68	6.68	67	7.00
69	6.81	68	7.00
70	6.94	69	7.00
71	7.18	70	7.00
72	7.13	71	7.00
73	7.09	72	7.00
74	7.06	73	7.00
75	7.02	74	7.00
76	7.00	75	7.00
77	7.02	76	7.00
78	6.58	77	7.00
79	6.57	78	7.00
80	6.60	79	7.00
81	6.72	80	7.00
82	6.74	81	7.00

83	6.96	82	7.00
84	6.90	83	7.00
85	6.89	84	7.00
86	6.87	85	7.00
87	6.85	86	7.00
88	7.01	87	7.00
89	7.02	88	7.00
90	7.00	89	7.00
91	7.00	90	7.00
92	7.00	91	7.00
93	7.00	92	7.00
94	7.00	93	7.00
95	7.00	94	7.00
96	7.02	95	7.00
97	7.05	96	7.00
98	7.05	97	7.00
99	7.04	98	7.00
100	7.04	99	7.00
101	7.05	100	7.00
102	7.04	101	7.00
103	7.04	102	7.00
104	7.05	103	7.00
105	7.05	104	7.00
106	7.05	105	7.00
107	7.01	106	7.00
108	7.00	107	7.00
109	7.00	108	7.00
110	7.00	109	7.00
111	7.01	110	7.00
112	7.00	111	7.00
113	7.00	112	7.00
114	7.00	113	7.00
115	7.00	114	7.00
116	7.02	115	7.00
117	7.00	116	7.00
118	7.00	117	7.00
119	7.00	118	7.00
120	7.00	119	7.00
121	7.00	120	7.00



**4. Tabel Perbandingan Sistem Tanpa Kontrol PID Terhadap Kontrol PID**

No	Kontrol PID	Tanpa Kontrol	Set Point	Waktu (s)
1	8.03	8.01	7.00	0
2	8.03	8.01	7.00	1
3	8.03	8.02	7.00	2
4	8.03	8.00	7.00	3
5	8.02	7.97	7.00	4
6	8.00	7.93	7.00	5
7	7.98	7.89	7.00	6
8	7.96	7.89	7.00	7
9	7.95	7.89	7.00	8
10	7.94	7.89	7.00	9
11	7.93	7.89	7.00	10
12	7.92	7.89	7.00	11
13	7.90	7.88	7.00	12
14	7.88	7.89	7.00	13
15	7.87	7.89	7.00	14
16	7.87	7.89	7.00	15
17	7.86	7.89	7.00	16
18	7.87	7.89	7.00	17
19	7.88	7.89	7.00	18
20	7.89	7.89	7.00	19
21	7.90	7.88	7.00	20
22	7.91	7.85	7.00	21
23	7.91	7.82	7.00	22
24	7.91	7.77	7.00	23
25	7.91	7.74	7.00	24
26	7.89	7.73	7.00	25
27	7.88	7.73	7.00	26
28	7.86	7.73	7.00	27
29	7.84	7.72	7.00	28
30	7.82	7.71	7.00	29
31	7.79	7.71	7.00	30
32	7.74	7.70	7.00	31
33	7.68	7.71	7.00	32
34	7.63	7.71	7.00	33
35	7.58	7.72	7.00	34
36	7.54	7.73	7.00	35
37	7.53	7.73	7.00	36
38	7.53	7.73	7.00	37
39	7.55	7.72	7.00	38
40	7.54	7.73	7.00	39
41	7.47	7.73	7.00	40
42	7.23	7.73	7.00	41
43	7.23	7.72	7.00	42
44	7.23	7.71	7.00	43
45	7.21	7.70	7.00	44
46	7.22	7.70	7.00	45
47	7.20	7.68	7.00	46
48	7.20	7.67	7.00	47
49	7.19	7.66	7.00	48
50	7.18	7.65	7.00	49
51	7.15	7.63	7.00	50
52	7.10	7.60	7.00	51
53	7.09	7.56	7.00	52
54	7.09	7.50	7.00	53
55	7.05	7.43	7.00	54
56	7.05	7.36	7.00	55
57	7.05	7.30	7.00	56
58	7.00	7.23	7.00	57
59	6.97	7.18	7.00	58
60	6.99	7.13	7.00	59
61	7.00	7.09	7.00	60
62	7.01	7.06	7.00	61
63	7.01	7.02	7.00	62
64	7.00	7.00	7.00	63
65	7.00	6.76	7.00	64
66	7.02	6.76	7.00	65
67	7.02	6.76	7.00	66
68	7.01	6.68	7.00	67
69	7.02	6.81	7.00	68
70	7.00	6.94	7.00	69
71	7.00	7.18	7.00	70
72	7.00	7.13	7.00	71
73	7.00	7.09	7.00	72
74	7.00	7.06	7.00	73

75	7.00	7.02	7.00	74
76	7.01	7.00	7.00	75
77	7.03	7.02	7.00	76
78	7.03	6.58	7.00	77
79	7.03	6.57	7.00	78
80	7.03	6.60	7.00	79
81	7.03	6.72	7.00	80
82	7.03	6.74	7.00	81
83	7.03	6.96	7.00	82
84	7.03	6.90	7.00	83
85	7.04	6.89	7.00	84
86	7.04	6.87	7.00	85
87	7.01	6.85	7.00	86
88	7.01	7.01	7.00	87
89	7.01	7.02	7.00	88
90	7.01	7.00	7.00	89
91	7.01	7.00	7.00	90
92	7.01	7.00	7.00	91
93	7.01	7.00	7.00	92
94	7.00	7.00	7.00	93
95	7.00	7.00	7.00	94
96	7.00	7.02	7.00	95
97	7.00	7.05	7.00	96
98	7.01	7.05	7.00	97
99	7.01	7.04	7.00	98
100	7.00	7.04	7.00	99
101	7.00	7.05	7.00	100

## C. Listing Program

```
#define SensorPin A1 //pH meter Analog output to
Arduino Analog Input 2
#define Offset 0.00
#define LED 13
#define samplingInterval 100
#define printInterval 1000
#define ArrayLenth 40
#include <LiquidCrystal.h>
#define RELAY1 9
#define RELAY2 8

//-----PID SET-----//
float Lasterror,error,I,OutputPID ;
float KP=3.02,Ti=92,Td=23;

int pHArray[ArrayLenth]; //Store the average value of the
sensor feedback
int pHArrayIndex=0;
int pH = 0;
int row = 0;
int Tanah;
int in1 = 6;
int in2 = 7;
int in3 = 4;
int in4 = 5;

byte lembab[8] =
{
    B00100,
    B00100,
    B01010,
    B01010,
    B10001,
```

```
B10001,  
B10001,  
B01110,  
};  
  
LiquidCrystal lcd(23,25,27,29,31,33);  
  
void setup(void){  
  Serial.begin(9600);  
  Serial.println("pH meter experiment!");  
  Serial.println("CLEARDATA");  
  Serial.println("LABEL,Time,pH,Tegangan");  
  pinMode(LED,OUTPUT);  
  pinMode(in1, OUTPUT);  
  pinMode(in2, OUTPUT);  
  pinMode(in3, OUTPUT);  
  pinMode(in4, OUTPUT);  
  pinMode(RELAY1, OUTPUT);  
  
  pinMode(RELAY2, OUTPUT);  
  lcd.begin(16, 2);  
  lcd.createChar(1,lembab);  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print("AKUAPONIK SYSTEM");  
}  
  
void loop(void)  
{  
  int Tanah,sensorTanah,pH;  
  sensorTanah = (analogRead,A5);  
  Tanah = (abs(analogRead(sensorTanah)-1023)/10.23);  
  
  if ( Tanah <= 60 ){digitalWrite(RELAY1,LOW);}  
  else{digitalWrite(RELAY1,HIGH);}  
}
```

```
static unsigned long samplingTime = millis();
static unsigned long printTime = millis();
static float pHValue,voltage;
if(millis()-samplingTime > samplingInterval)
{
    pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(SensorPin);
    if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
    voltage = avergearray(pHArray, ArrayLenth);
    pHValue = (voltage*0.0167)-0.2483;;
    samplingTime=millis();

//----PID PROCESS----//
Lasterror=error;
error=6-pHValue;
I=I+error;
OutputPID=(KP*error)+(Ti*I)+(Td*(error-Lasterror));

analogWrite(in1,(76+OutputPID));
analogWrite(in2,0);
analogWrite(in3,55);
analogWrite(in4,0);

}
if(millis() - printTime > printInterval) //Every 800
milliseconds, print a numerical, convert the state of the LED
indicator
{
    Serial.print("DATA,TIME,");
    Serial.print(pHValue,2);
    Serial.print(",");
    Serial.println(voltage,2);
    digitalWrite(LED,digitalRead(LED)^1);
    printTime=millis();
}
```

```
}

lcd.setCursor(0,1);
lcd.write(1);
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print(Tanah);
lcd.print(" %");
lcd.setCursor(8,1);
lcd.print("pH= ");
lcd.print(pHValue);
}
double avergearray(int* arr, int number){
    int i;
    int max,min;
    double avg;
    long amount=0;
    if(number<=0){
        Serial.println("Error number for the array to avraging!/n");
        return 0;
    }
    if(number<5){ //less than 5, calculated directly statistics
        for(i=0;i<number;i++){
            amount+=arr[i];
        }
        avg = amount/number;
        return avg;
    }else{
        if(arr[0]<arr[1]){
            min = arr[0];max=arr[1];
        }
        else{
            min=arr[1];max=arr[0];
        }
        for(i=2;i<number;i++){
```

```
if(arr[i]<min) {
    amount+=min;          //arr<min
    min=arr[i];
}else {
    if(arr[i]>max) {
        amount+=max;     //arr>max
        max=arr[i];
    }else{
        amount+=arr[i]; //min<=arr<=max
    }
} //if
} //for
avg = (double) amount / (number-2);
} //if
return avg;
delay (1000);
}
```



**DAFTAR PUSTAKA**

- Asror, Mustaghfiri, 2013. Skripsi : *Pengendalian pH dalam Bejana Defecator pada Proses Pemurnian Nira (gula) dengan Kontrol Proporsional-Integral*, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro: Semarang.
- Gunterus, Frans. 1997. *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*, PT Elex Media Komputindo: Jakarta.
- Lazuardi, M. Skripsi: *Aplikasi mikrokontroler AT89S51 sebagai kontroler Proporsional pada pengaturan PH*, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro: Semarang.
- Andrian Kristanto. Skripsi : *Pengendalian pH air dengan metode PID pada model tambak udang*. Teknik Elektro, Universitas Diponegoro: Semarang
- Ogata, Katsuhiko, 1994. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*, diterjemahkan oleh Edi Leksono, Erlangga: Jakarta.
- Ogata, Katsuhiko, 1994. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2*, diterjemahkan oleh Edi Leksono, Erlangga : Jakarta.
- Catur, Bayu Pamungkas, 2013. *Pengendalian pH air pada water threatment plant system menggunakan metode kontrol PID*, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro : Semarang.
- Welander, Peter, 2010. *“Understanding Derivative in PID Control”*. *Control Engineering*
- Widodo Thomas, L, *Elektronika Dasar*, Salemba Teknika: Jakarta.
- Malvino. 1996. *Prinsip – Prinsip Elektronika*. Erlangga: Jakarta.