



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR -TE 141599**

**SISTEM KONTROL OTOMATIS PEMBERIAN NUTRISI  
PADA TEKNIK BUDIDAYA HIDROPONIK UNTUK  
APLIKASI DI DALAM RUANGAN**

Kurniawan Khaeruddin Nur  
NRP 2212105004

Dosen Pembimbing  
Rachmad Setiawan, ST, MT.  
Ir. Tasripan, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**FINAL PROJECT -TE 141599**

**AUTOMATIC NUTRITION DOSING SYSTEM FOR  
INDOOR NFT HYDROPONICS TECHNIQUE**

Kurniawan Khaeruddin Nur  
NRP 2212105004

Advisor  
Rachmad Setiawan, ST, MT.  
Ir. Tasripan, MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

**SISTEM KONTROL OTOMATIS PEMBERIAN  
NUTRISI PADA TEKNIK BUDIDAYA HIDROPONIK  
UNTUK APLIKASI DI DALAM RUANGAN**

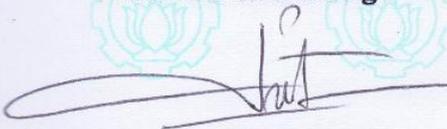
**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada**

**Bidang Studi Elektronika  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

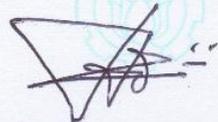
**Menyetujui:**

**Dosen Pembimbing I**



**Rachmad Setiawan, ST., MT.  
NIP. 196905291995121001**

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. Tasripan, MT.  
NIP. 196204181990031004**



# **SISTEM KONTROL OTOMATIS PEMBERIAN DOSIS NUTRISI PADA TEKNIK BUDIDAYA HIDROPONIK UNTUK APLIKASI DI DALAM RUANGAN**

**Nama** : Kurniawan Khaeruddin Nur  
**Pembimbing** : 1. Rachmad Setiawan, ST, MT.  
2. Ir. Tasripan, MT.

## **ABSTRAK**

Penerapan teknik budidaya tanaman dengan sistem hidroponik sudah banyak dikembangkan di Indonesia. Tetapi sebagian besar budidaya hidroponik tersebut masih dilakukan secara konvensional. Pada prototype ini dibuat sebuah sistem kontrol otomatis pemberian nutrisi pada teknik budidaya hidroponik untuk aplikasi di dalam ruangan (indoor). Variabel yang dikontrol secara otomatis adalah pemberian dosis nutrisi yang dibutuhkan oleh masing-masing tanaman sesuai dengan database nutrisi pada fase pertumbuhan yang berbeda-beda. Dosis nutrisi yang dimaksud adalah nilai EC (Electrical Conductivity) pada air sebagai media tanam hidroponik, serta pemberian intensitas cahaya yang tepat.

Ada beberapa teknik hidroponik yang umum digunakan. Prototype ini menggunakan teknik hidroponik NFT (Nutrient Film Technique), yaitu menggunakan aliran air (nutrient) sebagai medianya. Nilai EC dari nutrient reservoir dikontrol secara otomatis sesuai dengan nilai set point yang diberikan. Grow Light tipe LED digunakan untuk menjaga intensitas cahaya sistem pada nilai tertentu karena akan berpengaruh pada proses fotosintesis dan pembentukan klorofil pada tumbuhan. Pada nutrient reservoir dipasang sensor EC dan sensor suhu. Data hasil bacaan dari sensor EC tersebut selanjutnya diolah secara software untuk mendapatkan respon kerja kontroler PID dari 2 buah servo valve pupuk A dan pupuk B. Pupuk A dan pupuk B merupakan nutrisi yang bisa diukur secara besaran listrik menjadi nilai EC dari reservoir nutrisi.

Dari proses pengujian terhadap kontroler PID servo valve nutrisi pada sistem, didapatkan nilai  $K_p = 18$ ,  $K_d = 18$ , dan  $K_i = 4.5$ .

**Kata kunci** : Electrical conductivity, Nutrient Film Technique, Grow Light

# **AUTOMATIC NUTRITION DOSING SYSTEM FOR INDOOR NFT HYDROPONICS TECHNIQUE**

**Name : Kurniawan Khaeruddin Nur**  
**Advisor : 1. Rachmad Setiawan, ST, MT.**  
**2. Ir. Tasripan, MT.**

## ***ABSTRACT***

The application of farming with hydroponic systems are now widely developed in Indonesia. However, the hydroponic system is still largely done conventionally. This prototype created an automatic dosing nutrition control system for the hydroponic of indoor applications. In this system, the variable which will be automatically controlled is the dosing nutrition according to the database of nutrients needed for each plant. The nutrition in this case are EC (Electrical Conductivity) value of water as hydroponic growing media, and also the intensity of the grow light LED as q component of photosynthesis for the plant.

There are several commonly hydroponic techniques system used. This prototype uses NFT (Nutrient Film Technique), which uses the flow of thin film water (nutrients) as a medium. EC value of the nutrient reservoir is controlled automatically according to a given set point value. Grow Light of LED are used to keep the light intensity at a particular value, because it will affect to the growing of the plant. EC sensor and temperature sensor are mounted on the bucket of nutrient reservoir. The data from sensor readings are then processed in software to get the response of the working two servo valve that will drain nutrients to the nutrient reservoir to reach a value. The process in software based on the PID controller theory.

From the testing process to the PID controller on the system , we get the value of  $K_p = 18$  ,  $K_d = 18$  , and  $K_i = 4.5$ .

***Keywords:*** *Electrical conductivity, Nutrient Film Technique, Grow Light*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	1
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Metodologi .....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
1.7 Relevansi.....	4
BAB II.....	5
LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Hidroponik .....	5
2.2 Outdoor dan Indoor Hidroponik .....	8
2.3 Sensor EC.....	10
2.4 Sensor Intensitas Cahaya.....	11
2.4.1 Sensor Cahaya Tipe Fotovoltaic .....	11
2.4.2 Sensor Cahaya Tipe Fotokonduktif.....	12

2.4.3	<i>LDR</i> .....	13
2.4.4	<i>Photo Transistor</i> .....	13
2.4.5	<i>Photo Dioda</i> .....	14
2.5	Motor Servo .....	14
2.6	<i>Grow Light</i> .....	16
2.6.1	<i>LED (Light Emitting Diode)</i> .....	17
2.6.2	<i>HID (High Intensity Discharge)</i> .....	18
2.6.3	<i>CFL (Compact Fluorescent Light)</i> .....	19
2.6.4	Lampu Pijar ( <i>Incandescent</i> ) .....	20
2.7	Sensor Suhu.....	22
2.8	Tabel Kebutuhan Nutrisi Tanaman .....	22
2.9	Mikrokontroler .....	23
2.10	Kontroler PID.....	24
BAB III	.....	27
PERANCANGAN SISTEM	.....	27
3.1	Blok Diagram Sistem .....	27
3.2	Flow Chart Cara Kerja Sistem .....	28
3.3	Perancangan Hardware Sistem.....	29
3.4	Cara Kerja Sub Sistem .....	33
3.4.1	Sensor EC.....	33
3.4.2	Sensor Intensitas Cahaya.....	35
3.4.3	<i>Grow Light LED</i> .....	37
3.4.4	Pompa DC 12V .....	40
3.4.5	Sensor Suhu DS18B20 .....	43
3.4.6	Servo Valve Nutrisi Pupuk A dan Pupuk B .....	44
3.4.7	Mikrokontroler Arduino Uno .....	45
3.5	Perancangan HMI .....	51
BAB IV	.....	53
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA	.....	53
4.1	Pengujian dan Analisa Sensor EC .....	53
4.2	Pengujian dan Analisa Sensor Intensitas Cahaya .....	55
4.3	Pengujian dan Analisa Pompa DC 12V .....	58
4.4	Pengujian dan Analisa sensor Suhu DS18B20.....	58

4.5	Pengujian dan Analisa Servo Valve Nutrisi .....	60
4.6	Pengujian dan Analisa Sistem Terhadap Tanaman Bayam Merah .....	64
BAB V	.....	69
PENUTUP	.....	69
5.1	Kesimpulan .....	69
5.2	Saran .....	70
DAFTAR PUSTAKA	.....	71
LAMPIRAN	.....	73
BIOGRAFI PENULIS	.....	81

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> <i>Wick System</i> .....	5
<b>Gambar 2. 2</b> <i>Ebb Flow System</i> .....	6
<b>Gambar 2. 3</b> <i>NFT System</i> .....	6
<b>Gambar 2. 4</b> <i>Aeroponic System</i> .....	7
<b>Gambar 2. 5</b> <i>Drip System</i> .....	7
<b>Gambar 2. 6</b> <i>Water Culture System</i> .....	8
<b>Gambar 2. 7</b> Outdoor Hidroponik.....	9
<b>Gambar 2. 8</b> Indoor Hidroponik .....	9
<b>Gambar 2. 9</b> Prinsip Kerja Sensor EC .....	11
<b>Gambar 2. 10</b> <i>Solar Cell</i> .....	11
<b>Gambar 2. 11</b> Skema Sensor Cahaya Tipe Fotovoltaic .....	12
<b>Gambar 2. 12</b> <i>LDR</i> .....	13
<b>Gambar 2. 13</b> <i>Photo Transistor</i> .....	13
<b>Gambar 2. 14</b> <i>Photo Dioda</i> .....	14
<b>Gambar 2. 15</b> Komponen di dalam Servo .....	15
<b>Gambar 2. 16</b> Penentuan Posisi Servo .....	16
<b>Gambar 2. 17</b> Penentuan Arah Putar Servo .....	16
<b>Gambar 2. 18</b> Panjang Gelombang LED .....	18
<b>Gambar 2. 19</b> <i>Grow Light LED</i> .....	19
<b>Gambar 2. 20</b> <i>Grow Light HID</i> .....	20
<b>Gambar 2. 21</b> <i>Grow Light CFL</i> .....	20
<b>Gambar 2. 22</b> Grow Light Lampu Pijar.....	21
<b>Gambar 2. 23</b> Blok Diagram PID .....	25

<b>Gambar 3. 1</b>	Blok Diagram Sistem .....	27
<b>Gambar 3. 2</b>	Flow Chart Indoor Hidroponik NFT .....	28
<b>Gambar 3. 3</b>	Desain Indoor NFT Hidroponik.....	29
<b>Gambar 3. 4</b>	Hardware Indoor Hidroponik NFT .....	31
<b>Gambar 3. 5</b>	Valve Nutrisi Pupuk A dan Pupuk B .....	32
<b>Gambar 3. 6</b>	Box Kontrol Instrumentasi.....	32
<b>Gambar 3. 7</b>	Sensor EC .....	33
<b>Gambar 3. 8</b>	Rangkaian Penguat Sensor EC .....	34
<b>Gambar 3. 9</b>	Penempatan Sensor EC untuk Satu Sub Sistem.....	35
<b>Gambar 3. 10</b>	Rangkaian LDR .....	35
<b>Gambar 3. 11</b>	(a) LDR, (b) Lux Meter .....	36
<b>Gambar 3. 12</b>	Rangkaian LDR dengan Arduino.....	36
<b>Gambar 3. 13</b>	Grow Light LED .....	37
<b>Gambar 3. 14</b>	Modul Driver L298N .....	38
<b>Gambar 3. 15</b>	Program Set Intensitas LED .....	39
<b>Gambar 3. 16</b>	Pompa DC 12V Weima .....	40
<b>Gambar 3. 17</b>	Driver IBT-2 .....	40
<b>Gambar 3. 18</b>	Program Set Debit Pompa.....	41
<b>Gambar 3. 19</b>	Rangkaian Driver IBT-2 dengan Arduino .....	42
<b>Gambar 3. 20</b>	Input Port Driver IBT-2 .....	42
<b>Gambar 3. 21</b>	Sensor Suhu DS18B20 .....	43
<b>Gambar 3. 22</b>	Rangkaian Sensor Suhu DS18B20 dengan Arduino .....	43
<b>Gambar 3. 23</b>	Servo Valve Nutrisi .....	44
<b>Gambar 3. 24</b>	Arduino Uno R3 Atmega328 .....	45
<b>Gambar 3. 25</b>	Spesifikasi Arduino Uno.....	47

<b>Gambar 3. 26</b>	Power Supply Arduino Port .....	48
<b>Gambar 3. 27</b>	Arduino Uno dan Kabel USBnya .....	51
<b>Gambar 3. 28</b>	Tampilan HMI .....	51
<b>Gambar 4. 1</b>	Grafik Nilai EC terhadap Tegangan Output. ....	54
<b>Gambar 4. 2</b>	Grafik Nilai EC terhadap Tegangan Output dengan Metode Polynomial Regression .....	55
<b>Gambar 4. 3</b>	Rangkaian LDR ke Arduino Uno .....	56
<b>Gambar 4. 4</b>	Grafik Nilai Lumens terhadap Tegangan Output LDR... ..	57
<b>Gambar 4. 5</b>	Grafik Nilai Lumens terhadap Tegangan Output LDR dengan Metode Polynomial Regression .....	57
<b>Gambar 4. 6</b>	Verifikasi Sensor Suhu DS18B20 Menggunakan Fluke. ..	59
<b>Gambar 4. 7</b>	Servo Valve Nutrisi .....	60
<b>Gambar 4. 8</b>	Grafik Pengujian PID Servo Valve Nutrisi.....	61
<b>Gambar 4. 9</b>	Bibit Bayam Merah dari Proses Penyemaian.....	64
<b>Gambar 4. 10</b>	Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-1 .....	64
<b>Gambar 4. 11</b>	Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-3 .....	65
<b>Gambar 4. 12</b>	Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-7 .....	65
<b>Gambar 4. 13</b>	Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-10 .....	66
<b>Gambar 4. 14</b>	Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-12 .....	66
<b>Gambar 4. 15</b>	Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-14 .....	67
<b>Gambar 4. 16</b>	Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-16 .....	67
<b>Gambar 4. 17</b>	Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-18 .....	68

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Nutrisi Kebutuhan Tanaman.....	22
<b>Tabel 4. 1</b> Bacaan Sensor EC .....	53
<b>Tabel 4. 2</b> Bacaan Tegangan Output LDR .....	56
<b>Tabel 4. 3</b> Bacaan Verifikasi Sensor Suhu DS18B20.....	59
<b>Tabel 4. 4</b> Formula Pengujian Servo Valve Pupuk A dan B .....	60
<b>Tabel 4. 5</b> Rumus Ziegler Nichols untuk Pengujian Kontroler PID .....	61
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil Perhitungan dengan Rumus Ziegler Nichols untuk Pengujian Kontroler PID.....	61
<b>Tabel 4. 7</b> Performa PID Kontroler pada Servo Valve Nutrisi .....	62

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dengan bertambahnya populasi jumlah penduduk di bumi ini, maka kebutuhan akan lahan untuk tempat tinggal dan infrastruktur yang lainnya secara otomatis juga meningkat. Hal ini berdampak langsung terhadap berkurangnya luas lahan yang bisa digunakan sebagai lahan pertanian. Teknik bertanam hidroponik merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah tidak adanya lahan untuk bercocok tanam. Hidroponik merupakan teknik budidaya tanaman dengan memanfaatkan air dan tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam. Untuk skala kecil, teknik hidroponik sangat cocok untuk dikembangkan di perumahan di daerah perkotaan yang padat penduduk. Hal ini dikarenakan hidroponik juga bisa membantu dalam menyediakan suplai oksigen yang masih sangat kurang apabila hanya mengandalkan dari tanaman paru-paru kota. Untuk skala industri, bercocok tanam dengan teknik hidroponik memiliki beberapa kelebihan, lahan yang dibutuhkan lebih efisien, kualitas dan kuantitas produksi lebih tinggi dan lebih bersih, penggunaan pupuk dan air lebih efisien, dan pengendalian hama dan penyakit lebih mudah. Agar mendapatkan hasil tanaman yang maksimal, pemenuhan kebutuhan nutrisi pada teknik hidroponik merupakan variabel yang sangat menentukan. Setiap tanaman membutuhkan nutrisi yang berbeda-beda pada setiap fase pertumbuhan tanaman tersebut. Pembuatan *hardware prototype* ini diharapkan bisa meningkatkan efektifitas pemberian nutrisi pada teknik bercocok tanam hidroponik, sehingga dapat menghasilkan tanaman siap panen yang paling berkualitas dengan kebutuhan waktu tumbuh yang paling efisien.

### 1.2 Perumusan Masalah

Batasan sehubungan dengan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat beberapa masalah yang akan dibahas antara lain sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat sistem pengaturan otomatis pemberian nutrisi pada budidaya hidroponik NFT.

2. Bagaimana mengolah data dari sensor EC pada *nutrient reservoir*, yang berpengaruh terhadap kerja dari 2 buah servo valve nutrisi pupuk A dan pupuk B sebagai input *nutrient reservoir*.
3. Bagaimana mengembangkan hardware prototype sistem kontrol otomatis pada budidaya hidroponik dengan pengaturan level intensitas cahaya menggunakan grow light.

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam tugas akhir ini meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Mengolah data dari sensor EC.
2. Mengatur kerja dari dua buah servo valve nutrisi pupuk A dan pupuk B.
3. Mengatur level intensitas cahaya pada sistem.
4. Membuat prototype sistem control otomatis pada budidaya hidroponik untuk aplikasi di dalam ruangan.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan yang hendak dicapai pada tugas akhir ini adalah:

1. Merancang hardware dan instrumentasi sistem hidroponik NFT untuk aplikasi di dalam ruangan.
2. Merancang software sistem hidroponik NFT yang disesuaikan dengan perancangan hardware dan instrumentasi sistem.
3. Menggabungkan perancangan hardware dan software sampai terbentuk sistem hidroponik NFT indoor yang reliabel.

### **1.5 Metodologi**

Dalam penyelesaian tugas akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut:

1. Studi Literatur  
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan referensi-referensi yang berkaitan dalam penulisan tugas akhir. Referensi dapat diambil dari buku-buku, jurnal, dan artikel – artikel dari internet.
2. Perancangan dan Pengembangan Hardware

Merancang dan mengembangkan *hardware* untuk sistem kontrol otomatis pemberian nutrisi pada teknik budidaya hidroponik untuk aplikasi di dalam ruangan.

3. Perancangan Software

Merancang *software* untuk sistem kontrol otomatis pemberian nutrisi pada teknik budidaya hidroponik untuk aplikasi di dalam ruangan.

4. Eksperimen

Melakukan ujicoba *software* dengan berbagai nilai input set parameter EC yang berbeda-beda, pada level intensitas cahaya yang ditentukan.

5. Analisa Data

Melakukan analisa data dari alat hasil eksperimen yang telah diujikan.

6. Penulisan Laporan Tugas Akhir

Penulisan laporan merupakan tahap akhir dari proses pengerjaan tugas akhir. Laporan berisi hal yang berkaitan dengan tugas akhir yang dikerjakan, mulai dari pendahuluan, teori penunjang, perancangan sistem, pengujian, dan penutup.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk pembahasan lebih lanjut, laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi pendahuluan yang membahas latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika pembahasan, dan relevansi.

### **BAB II TEORI PENUNJANG**

Bab ini berisi teori penunjang dan literatur yang berguna bagi pembuatan tugas akhir ini. Teori penunjang yang diberikan antara lain teori mengenai hidroponik NFT, sensor EC, sensor intensitas cahaya, *data sheet* modul dan komponen yang digunakan untuk pengerjaan instrumentasi sistem.

### **BAB III PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini berisi perancangan hardware dan software yang sesuai dengan sistem hidroponik NFT untuk aplikasi di dalam ruangan.

## **BAB IV    PENGUJIAN DAN ANALISA**

Bab ini berisi hasil pengujian dalam tugas akhir ini, dan disertai beberapa analisa yang berkaitan dengan pengujian yang dilakukan.

## **BAB V    PENUTUP**

Penutup berisi kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan tugas akhir ini, serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

### **1.7 Relevansi**

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan yang lebih lanjut dalam hal penerapan budidaya bercocok tanam secara hidroponik NFT, baik untuk skala rumah maupun untuk skala industri.

## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Hidroponik

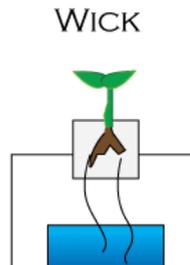
Hidroponik adalah budidaya menanam dengan memanfaatkan air tanpa menggunakan tanah dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi pada tanaman. Kebutuhan air pada hidroponik lebih sedikit daripada kebutuhan air pada budidaya dengan tanah. Hidroponik menggunakan air yang lebih efisien, jadi cocok diterapkan pada daerah yang memiliki pasokan air yang terbatas.

Hidroponik berasal dari kata Latin yaitu *hydro* yang berarti air dan *ponos* yang artinya kerja. Hidroponik juga dikenal sebagai *soilless sculture*, atau budidaya tanaman tanpa tanah. Jadi hidroponik berarti budidaya tanaman yang memanfaatkan air dan tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam atau *soilless*.

Ada enam teknik penanaman yang dapat digunakan dalam berkebun hidroponik. Keenam teknik ini memiliki keunggulan dan kekurangannya masing-masing. Berikut ini penjelasan mengenai keenam teknik berkebun hidroponik.

#### 1. Wick System

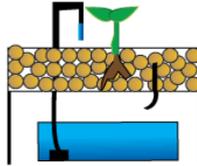
*Wick system* merupakan teknik yang paling sederhana dan populer digunakan oleh para pemula. Sistem ini termasuk pasif dan nutrisi mengalir ke dalam media pertumbuhan dari dalam wadah menggunakan sejenis sumbu. *Wick* sistem hidroponik bekerja dengan baik untuk tanaman dan tumbuhan kecil. Sistem hidroponik ini tidak bekerja dengan baik untuk tanaman yang membutuhkan banyak air.



Gambar 2.1 Wick System [1]

## 2. Ebb dan Flow System

### EBB & FLOW



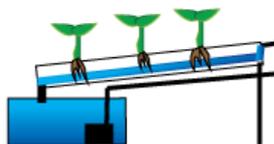
**Gambar 2.2** Ebb Flow System [1]

Sebuah media tumbuh ditempatkan di dalam sebuah wadah yang kemudian diisi oleh larutan nutrisi. Kemudian nutrisi dikembalikan ke dalam penampungan, dan begitu seterusnya. Sistem ini memerlukan pompa yang dikoneksikan ke timer. Pastikan Anda menggunakan wadah yang cukup besar dan atur jarak antar tanaman agar pertumbuhan tanaman tidak saling mengganggu.

## 3. NFT (Nutrient Film Technique) System

Sistem ini merupakan cara yang paling populer dalam istilah hidroponik. Konsepnya sederhana dengan menempatkan tanaman dalam sebuah wadah atau tabung dimana akarnya dibiarkan menggantung dalam larutan nutrisi. Sistem ini dapat terus menerus mengalirkan nutrisi yang terlarut dalam air sehingga tidak memerlukan timer untuk pompanya. NFT cocok diterapkan pada jenis tanaman berdaun seperti selada.

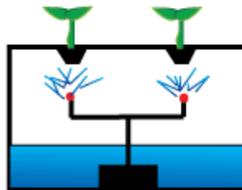
### NFT



**Gambar 2.3** NFT (Nutrient Film Technique) System [1]

#### 4. Aeroponik System

### AEROPONIC



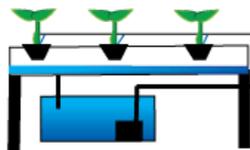
**Gambar 2.4** Aeroponic System [1]

Kecanggihannya sistem ini memungkinkan kita memperoleh hasil yang baik dan tercepat dibandingkan sistem hidroponik lainnya. Hal ini disebabkan oleh larutan nutrisi yang diberikan berbentuk kabut langsung masuk ke akar, sehingga tanaman lebih mudah menyerap nutrisi yang banyak mengandung oksigen.

#### 5. Drip System

Selain *wick system*, sistem tetes (*drip system*) merupakan cara yang populer yang digunakan dalam berkebun hidroponik. Sistem ini menggunakan *timer* untuk mengontrol pompa, sehingga pada saat pompa dihidupkan, pompa akan meneteskan nutrisi ke masing-masing tanaman.

### DRIP



**Gambar 2.5** Drip System [1]

## 6. Water Culture System

### WATER CULTURE



**Gambar 2.6** Water Culture System [1]

Dalam sistem hidroponik ini, akar tanaman yang tersuspensi dalam air yang kaya nutrisi dan udara diberikan langsung ke akar. Tanaman dapat ditempatkan di rakit dan mengapung di air nutrisi juga. Dengan sistem hidroponik ini, akar tanaman terendam dalam air dan udara diberikan kepada akar tanaman melalui pompa akuarium dan diffuser udara. Semakin gelembung yang lebih baik, tanaman akar akan tumbuh dengan cepat untuk mengambil air nutrisi.

### **2.2 Outdoor dan Indoor Hidroponik**

Hidroponik dapat dilakukan di dalam dan di luar ruangan. Perbedaan yang berpengaruh terhadap cara kerja sistem terletak pada sistem pencahayaannya. Hidroponik indoor menggunakan sistem pencahayaan khusus untuk menggantikan tidak adanya sinar matahari. Sistem pencahayaan tersebut bisa menggunakan berbagai jenis lampu yang mempunyai spesifikasi memiliki spektrum warna yang sesuai dengan sinar ultraviolet untuk pertumbuhan tanaman.



**Gambar 2.7** Outdoor Hidroponik [2]



**Gambar 2.8** Indoor Hidroponik [3]

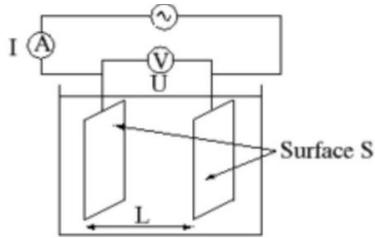
### 2.3 Sensor EC

Electrical conductivity adalah kemampuan sebuah bahan atau material untuk menghantarkan arus listrik. Electrical conductivity merupakan kebalikan dari resistansi. Electrical konduktivitas pada sebuah larutan bergantung pada banyaknya ion pada larutan tersebut. Semakin banyak ion mineral yang terlarut, maka akan semakin besar kemampuan larutan tersebut untuk menghantarkan arus listrik.

Electrical conductivity (EC) meter digunakan untuk mengukur konduktivitas listrik dalam larutan, dinyatakan dalam micro siemens per centimeter ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Unsur-unsur hara yang terlarut dalam air berupa ion bermuatan positif (kation) dan ion bermuatan negative (anion). Pada sistem hidroponik ini, nilai dari EC air yang digunakan sebagai media tanam sangat berpengaruh terhadap kesuburan tanaman. Karena setiap tanaman pada fase pertumbuhannya memiliki karakteristik nilai EC yang ideal yang berbeda-beda, oleh karena itu harus dipantau secara terus-menerus nilai EC air pada sistem hidroponik tersebut.

Konsentrasi ion di dalam larutan berbanding lurus dengan daya hantar listriknya. Semakin banyak ion mineral yang terlarut, maka akan semakin besar kemampuan larutan tersebut untuk menghantarkan listrik. Sifat kimia inilah yang digunakan sebagai prinsip kerja *electrical conductivity* meter.

Sebuah sistem EC meter tersusun atas dua elektroda, yang dirangkaikan dengan sumber tegangan serta sebuah ampere meter. Elektrode-elektrode tersebut diatur sehingga memiliki jarak tertentu antara keduanya (biasanya 1 cm). Pada saat pengukuran, kedua elektrode ini dicelupkan ke dalam sampel larutan dan diberi tegangan dengan besar tertentu. Nilai arus listrik yang dibaca oleh ampere meter, digunakan lebih lanjut untuk menghitung nilai konduktivitas listrik larutan. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan perbandingan arus yang terbaca pada berbagai macam cairan yang nilai EC nya sudah diketahui pada berbagai macam cairan tersebut.



**Gambar 2.9** Prinsip Kerja Sensor EC [4]

## 2.4 Sensor Intensitas Cahaya

Sensor cahaya adalah komponen elektronika yang dapat memberikan perubahan besaran elektrik pada saat terjadi perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh sensor cahaya tersebut. Sensor cahaya dalam kehidupan sehari-hari dapat kita temui pada penerima remote televisi dan pada lampu penerangan jalan otomatis.

Dilihat dari perubahan output sensor cahaya maka sensor cahaya dapat dibedakan ke dalam 2 tipe yaitu :

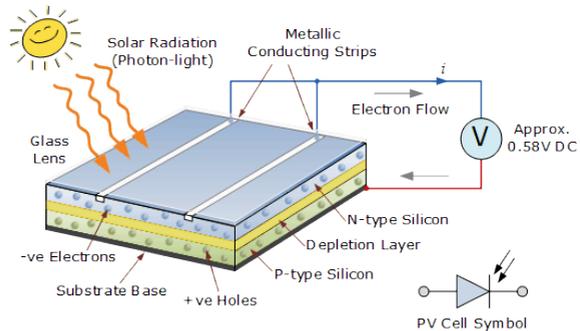
- Sensor cahaya tipe fotovoltaik
- Sensor cahaya tipe fotokonduktif

### 2.4.1 Sensor Cahaya Tipe Fotovoltaik

Sensor cahaya tipe fotovolataik adalah sensor cahaya yang dapat memberikan perubahan tegangan pada output sensor cahaya tersebut apabila sensor tersebut menerima intensitas cahaya. Salah satu contoh sensor cahaya tipe fotovoltaik adalah solar cell atau sel surya.



**Gambar 2.10** Solar Cell [5]



**Gambar 2.11** Skema Sensor Cahaya Tipe Fotovoltaik [5]

Sensor cahaya tipe Photovoltaic adalah alat sensor sinar yang mengubah energi sinar langsung menjadi energi listrik. Sel solar silikon yang modern pada dasarnya adalah sambungan PN dengan lapisan P yang transparan. Jika ada cahaya pada lapisan P akan menyebabkan gerakan elektron antara bagian P dan N, jadi menghasilkan tegangan DC yang kecil sekitar 0,5 volt per sel pada sinar matahari penuh. Berikut konstruksi dari sensor cahaya tipe fotovoltaik.

#### 2.4.2 Sensor Cahaya Tipe Fotokonduktif

Sensor cahaya tipe fotokonduktif akan memberikan perubahan resistansi pada terminal outputnya sesuai dengan perubahan intensitas cahaya yang diterimanya. Sensor cahaya tipe fotovoltaik ini ada beberapa jenis diantaranya adalah :

- LDR (Light Depending Resistor)
- Photo Transistor
- Photo Dioda

### 2.4.3 LDR (Light Depending Resistor)



**Gambar 2.12** LDR (*Light Depending Resistor*) [4]

LDR adalah sensor cahaya yang memiliki 2 terminal output, dimana kedua terminal output tersebut memiliki resistansi yang dapat berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang diterimanya. Dimana nilai resistansi kedua terminal output LDR akan semakin rendah apabila intensitas cahaya yang diterima oleh LDR semakin tinggi.

### 2.4.4 Photo Transistor

Photo transistor adalah suatu transistor yang memiliki resistansi antara kaki kolektor dan emitor dapat berubah sesuai intensitas cahaya yang diterimanya. Photo transistor memiliki 2 terminal output dengan nama emitor dan kolektor, dimana nilai resistansi emitor dan kolektor tersebut akan semakin rendah apabila intensitas cahaya yang diterima Photo transistor semakin tinggi.



**Gambar 2.13** Photo Transistor [4]

### 2.4.5 Photo Dioda



**Gambar 2.14** Photo Dioda [4]

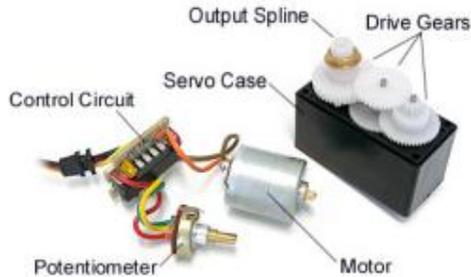
Photo dioda adalah suatu dioda yang akan mengalami perubahan resistansi pada terminal anoda dan katoda apabila terkena cahaya. Nilai resistansi anoda dan katoda pada Photo dioda akan semakin rendah apabila intensitas cahaya yang diterima Photo dioda semakin tinggi.

Alat yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya disebut Lux meter.

### 2.5 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.

Karena motor DC servo merupakan alat untuk mengubah energi listrik menjadi energy mekanik, maka magnet permanent motor DC servolah yang mengubah energi listrik ke dalam energi mekanik melalui interaksi dari dua medan magnet.

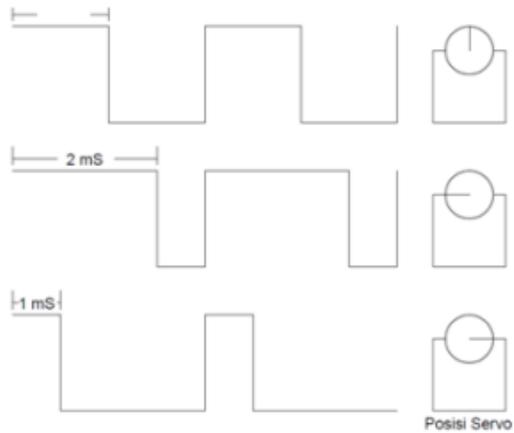


**Gambar 2.15** Komponen di dalam Servo [5]

Salah satu medan dihasilkan oleh magnet permanen dan yang satunya dihasilkan oleh arus yang mengalir dalam kumparan motor. Resultan dari dua medan magnet tersebut menghasilkan torsi yang membangkitkan putaran motor tersebut. Saat motor berputar, arus pada kumparan motor menghasilkan torsi yang nilainya konstan.

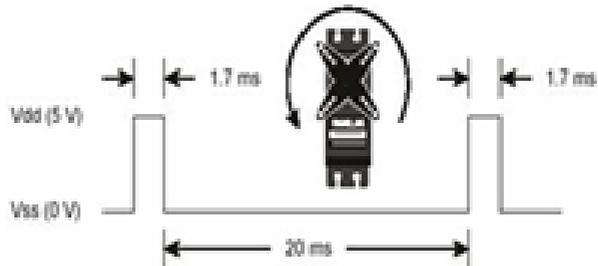
Secara umum terdapat 2 jenis motor servo. Yaitu motor servo standart dan motor servo continous. Servo motor tipe standart hanya mampu berputar 180 derajat. Motor servo standart sering dipakai pada sistim robotika misalnya untuk membuat “ Robot Arm” ( Robot Lengan ). Sedangkan servo motor continuous dapat berputar sebesar 360 derajat. Motor servo continous sering dipakai untuk mobile robot. Pada badan servo tertulis tipe servo yang bersangkutan.

Pengendalian gerakan batang motor servo dapat dilakukan dengan menggunakan metode PWM. (Pulse Width Modulation). Teknik ini menggunakan sistem lebar pulsa untuk mengemudikan putaran motor. Sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Tampak pada gambar dengan pulsa 1.5 mS pada periode selebar 2 mS maka sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah searah jarum jam dan semakin kecil pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan arah jarum jam.



**Gambar 2.16** Penentuan Posisi Servo [5]

Untuk menggerakkan motor servo ke kanan atau ke kiri, tergantung dari nilai delay yang kita berikan. Untuk membuat servo pada posisi center, berikan pulsa 1.5ms. Untuk memutar servo ke kanan, berikan pulsa  $\leq 1.3\text{ms}$ , dan pulsa  $\geq 1.7\text{ms}$  untuk berputar ke kiri dengan delay 20ms, seperti ilustrasi berikut:



**Gambar 2.17** Penentuan Arah Putar Servo [5]

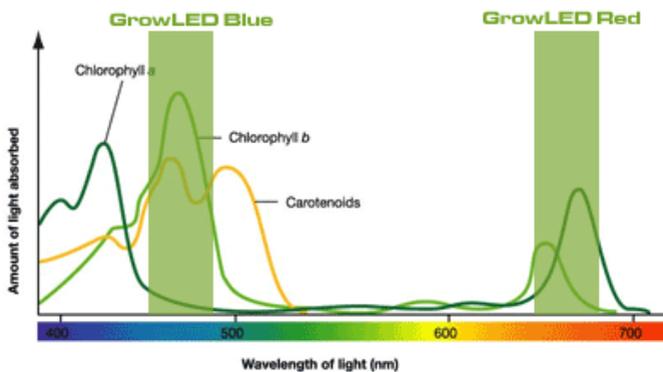
## 2.6 Grow Light

Cahaya merupakan salah satu faktor yang diperlukan tanaman untuk berkembang dan melakukan proses fotosintesis sehingga penting untuk memperhatikan kebutuhannya dalam bercocok tanam, baik secara hidroponik ataupun secara konvensional sekalipun. Pencahayaan yang tepat bisa disesuaikan dengan jenis tanaman, salah satunya dengan mengetahui kondisi habitat aslinya. Jika intensitas cahaya dan lama penyinaran sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman, maka tentu akan memberikan hasil yang baik, namun jika tidak sesuai maka akan berdampak buruk terhadap pertumbuhan tanaman tersebut.

Jika tanaman kekurangan pencahayaan maka dapat mengakibatkan jaringan palisade (tiang) dan jaringan bunga karang menjadi sedikit, ruang interseluler menjadi lebih besar dan urat-urat daun banyak mengandung air. Kondisi ini disebut dengan etiolasi, dimana pertumbuhan tanaman menjadi sangat cepat pada tempat yang gelap/kurang pencahayaan. Ciri-cirinya terlihat dari kondisi batang yang tinggi namun tidak kokoh karena mengandung banyak air, terlihat pucat dan daun kecil. Jika terus berada di kondisi ini, tanaman bisa mati karena organ perbanyakannya pada tanaman mengerut akibat tidak mendapatkan sumber makanan dari hasil fotosintesis. Sedangkan untuk tanaman yang kelebihan cahaya atau dengan intensitas cahaya yang terlalu besar, dapat memberikan efek laju fotosintesis yang meningkat, respirasi yang rendah dan berpengaruh terhadap melimpahnya cadangan sakarida. Hal ini dapat mengakibatkan tanaman tampak menguning karena sel-selnya rusak dan terbakar serta membuat tanaman tumbuh terlalu cepat sehingga pertumbuhannya dapat terhenti sebelum mencapai ukuran normal.

Sumber pencahayaan dapat diperoleh dari sinar matahari, namun jika kondisi cuaca tidak memungkinkan ataupun ingin bertanam di dalam ruangan, penggunaan grow light bisa menjadi solusinya. Berikut adalah beberapa tipe dari grow light

### 2.6.1 Light Emitting Diode (LED)



**Gambar 2.18** Panjang Gelombang LED [6]

Lampu LED cocok digunakan bagi pemula untuk mengembangkan hobi hidroponik. Kita dapat memilih spektrum warna yang cocok, sesuai dari jenis tanaman, fase tumbuh ataupun faktor lainnya. Contohnya, kita bisa menggunakan spektrum warna biru untuk tanaman dalam fase pertumbuhan vegetatif daun dan batang atau menggunakan spektrum warna merah/orange untuk membantu pertumbuhan bunga dan biji. Lampu LED ini juga bisa dikombinasikan agar bisa digunakan dalam semua siklus pertumbuhan tanaman. Kelebihan lain dari LED adalah tidak menyebabkan ruangan menjadi panas, sehingga baik untuk kelembaban tanaman dan hanya membutuhkan sedikit energi yang membuat lampu LED lebih tahan lama.



**Gambar 2.19** Grow Light LED [6]

### **2.6.2 High Intensity Discharge (HID)**

Lampu HID sering digunakan pada negara yang beriklim dingin karena jenis lampu ini dapat menghasilkan panas dalam ruangan. Grow light HID sendiri memiliki dua jenis utama, yaitu Metal Halide (MH), yang menghasilkan spektrum warna biru dan High Pressure Sodium (HPS), yang menghasilkan spektrum warna merah. Lampu HID juga semakin berkembang dengan adanya jenis HID Dual Arc, yaitu kombinasi antara MH dan HPS, sehingga menghasilkan dua spektrum warna dalam 1 bola lampu. Jenis HID ini mampu menjadi solusi pertumbuhan pada keseluruhan siklus tanaman, mulai dari fase pertumbuhan vegetatif hingga fase berbunga atau berbuah.

Penggunaan HID dapat membuat udara disekitarnya menjadi kering sehingga harus ada pengaturan kelembaban, khususnya jika digunakan pada lingkungan tropis seperti Indonesia. Jenis baru dari HID adalah Ceramic Metal Halide (CMH), yang memiliki spektrum layaknya sinar matahari di dalam ruangan. Kelebihan jenis ini yaitu walaupun memiliki panas yang serupa dengan HPS namun tidak membuang panas ke tanaman sebanyak HPS.



**Gambar 2.20** Grow Light HID [6]

### **2.6.3 Compact Fluorescent Light (CFL)**

Lampu CFL bisa dijumpai sebagai penerangan di dalam rumah. Namun, beberapa diantaranya bisa digunakan untuk pertumbuhan tanaman yang lebih besar, khususnya sayuran dan tanaman herbal. CFL juga tersedia dalam beberapa pilihan, seperti spektrum warna merah (temperatur 2700 K), spektrum penuh atau terang siang hari (5000 K) dan spektrum biru (6500 K).



**Gambar 2.21** Grow Light CFL [6]

### 2.6.4 Lampu Pijar (*Incandescent*)

Lampu pijar juga sering digunakan sebagai grow light, meskipun tidak benar-benar memberikan hasil yang baik. Lampu pijar yang dijual sebagai grow light bisaanya dilapisi dengan filter biru untuk mengurangi cahaya merah yang dihasilkan oleh bola lampu. Jenis lampu ini kurang tahan lama sehingga kurang efisien dan juga menghasilkan panas yang lebih banyak dari pada jumlah panas yang diperlukan tanaman. Kedua jenis sumber pencahayaan tersebut tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing sehingga penggunaannya dapat anda tentukan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Penggunaan sinar matahari memang lebih hemat listrik, namun sangat terpengaruh pada cuaca dan juga waktu penyinaran yang terbatas hingga sore hari saja. Sedangkan penggunaan grow light tidak terpengaruh keadaan cuaca serta mudah dalam pengaturannya, baik dalam mengatur waktu penyinaran maupun pemilihan spektrum warna yang diperlukan. Namun tentunya membutuhkan biaya modal yang lebih besar, baik untuk membeli grow light hingga biaya listrik yang dikeluarkan.



**Gambar 2.22** Grow Light Lampu Pijar [6]

## 2.7 Sensor Suhu

Sensor suhu adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran panas menjadi besaran listrik yang dapat dianalisa besarnya. Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat sensor ini, salah satunya adalah dengan cara menggunakan material yang berubah hambatannya terhadap arus listrik sesuai dengan suhunya.

- Menggunakan bahan logam.  
Logam akan bertambah besar hambatannya terhadap arus listrik jika panasnya bertambah. Hal ini dapat dijelaskan dari sisi komponen penyusun logam. Logam dapat dikatakan sebagai muatan positif yang berada di dalam elektron yang bergerak bebas. Jika suhu bertambah, elektron-elektron tersebut akan bergetar dan getarannya semakin besar seiring dengan naiknya suhu. Dengan besarnya getaran tersebut, maka gerakan elektron akan terhambat dan menyebabkan nilai hambatan dari logam tersebut bertambah.
- Menggunakan bahan semikonduktor  
Bahan semikonduktor mempunyai sifat terbalik dari logam, semakin besar suhu, nilai hambatan akan semakin turun. Hal ini dikarenakan pada suhu yang semakin tinggi, elektron dari semikonduktor akan berpindah ke tingkat yang paling atas dan dapat bergerak dengan bebas. Seiring dengan kenaikan suhu, semakin banyak elektron dari semikonduktor tersebut yang bergerak bebas, sehingga nilai hambatan tersebut berkurang.

## 2.8 Tabel Kebutuhan Nutrisi Tanaman

Tabel 2.1 merupakan tabel kebutuhan nutrisi tanaman berdasarkan waktu tumbuh tiap satuan minggu.

**Tabel 2.1** Nutrisi Kebutuhan Tanaman

No	Tanaman	Range EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	PH	Masa Panen (hari)	TAHAPAN PEMBERIAN NUTRISI PER MINGGU SETELAH PINDAH TANAM (EC)												
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	Bayam	1800-2300	6.0-7.0	25	850	1300	1700	2000	→								
2	Kangkung	1500-2000	5.5-6.5	28	700	1100	1700	→									
3	Sawi	1500-2000	5.5-6.5	40-60	700	1000	1300	1700	→								
4	Pakcoy	1500-2000	7	40-60	700	1000	1300	1700	→								
5	Selada	800-1200	6.0-7.0	65-90	700	1000	1000	1200	→								
6	Seledri	1800-2400	6.5	120-150	700	1000	1000	1200	1700	1700	2000	→					
7	Brokoli	1500-2000	6.5-7.0	75	700	1000	1300	1700	→								
8	Kailan	1500-2000	5.5-6.5	40-70	700	1000	1200	1700	→								

Isi dari contoh diatas didapatkan dari tabel yang dikeluarkan oleh IPB (Institut Pertanian Bogor). Ada banyak contoh tabel kebutuhan nutrisi tanaman yang ada, tetapi yang paling diakui kebenarannya adalah tabel kebutuhan nutrisi tanaman yang dikeluarkan oleh IPB.

## **2.9 Mikrokontroler**

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (Integrated Circuit) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler bisa berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur Input/Output (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

Meskipun kecepatan pengolahan data dan kapasitas memori pada mikrokontroler jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan komputer personal, namun kemampuan mikrokontroler sudah cukup untuk dapat digunakan pada banyak aplikasi terutama karena ukurannya yang kompak. Mikrokontroler sering digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak memerlukan kemampuan komputasi yang tinggi.

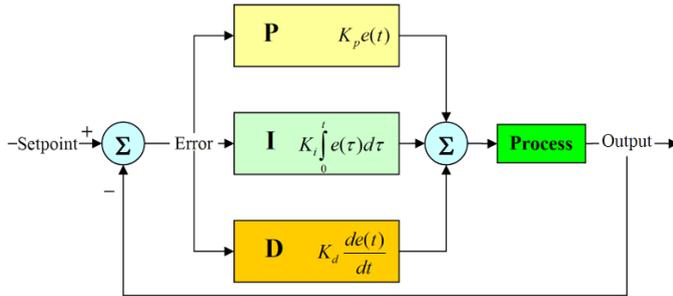
Sistem yang menggunakan mikrokontroler sering disebut sebagai embedded system atau dedicated system. Embedded system adalah sistem pengendali yang tertanam pada suatu produk, sedangkan dedicated system adalah sistem pengendali yang dimaksudkan hanya untuk suatu fungsi tertentu. Sebagai contoh printer adalah suatu embedded system karena di dalamnya terdapat mikrokontroler sebagai pengendali dan juga dedicated system karena fungsi pengendali tersebut berfungsi hanya untuk menerima data dan mencetaknya. Hal ini berbeda dengan suatu PC yang dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, sehingga mikroprosesor pada PC sering disebut sebagai general purpose microprocessor (mikroprosesor serba guna). Pada PC berbagai macam software yang disimpan pada media penyimpanan dapat dijalankan, tidak seperti mikrokontroler hanya terdapat satu software aplikasi.

## **2.10 Kontroler PID**

Instrumentasi dan kontrol industri tentu tidak lepas dari sistem instrumentasi sebagai pengontrol yang digunakan dalam keperluan pabrik. Sistem kontrol pada pabrik tidak lagi manual seperti dahulu, tetapi saat sekarang ini telah dibantu dengan perangkat kontroler sehingga dalam proses produksinya suatu pabrik bisa lebih efisien dan efektif. Kontroler juga berfungsi untuk memastikan bahwa setiap proses produksi terjadi dengan baik.

PID (Proportional–Integral–Derivative controller) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Pengontrol PID adalah pengontrol konvensional yang banyak dipakai dalam dunia industri. Pengontrol PID akan memberikan aksi kepada Control Valve berdasarkan besar error yang diperoleh. Control valve akan menjadi aktuator yang mengatur aliran fluida dalam proses industri yang terjadi Level air yang diinginkan disebut dengan Set Point. Error adalah perbedaan dari Set Point dengan level air aktual.

Blok Diagram PID dapat dilihat pada gambar 2.23 di bawah ini



Gambar 2.23 Blok Diagram PID [7]

Persamaan kontrol PID diatas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$mv(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.1)$$

dengan :

$$K_i = K_p \times \frac{1}{T_i} \text{ dan } K_d = K_p \times T_d \quad (2.2)$$

Keterangan :

- $mv$  : *Manipulated Variable* (output PID)
- $K_p$  : konstanta Proporsional
- $K_i$  : konstanta Integral
- $K_d$  : konstanta Detivatif
- $e(t)$  : error (selisih antara set point dengan level aktual)

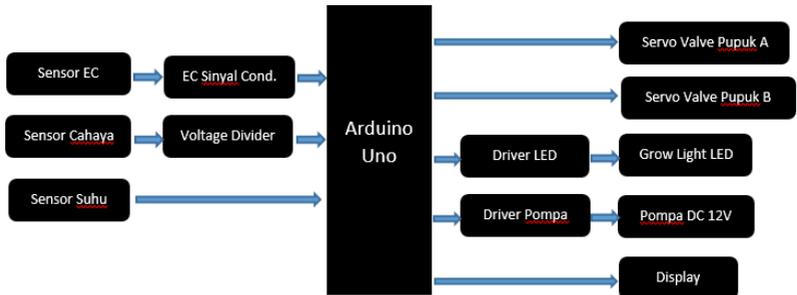
- $P$  bertanggung jawab untuk nilai kesalahan saat ini. Contohnya, jika nilai kesalahan besar dan positif, maka keluaran kontrol juga besar dan positif.
- $I$  bertanggung jawab untuk nilai kesalahan sebelumnya. Contoh, jika keluaran saat ini kurang besar, maka kesalahan akan

terakumulasi terus menerus, dan kontroler akan merespon dengan keluaran lebih tinggi.

- *D* bertanggung jawab untuk kemungkinan nilai kesalahan mendatang, berdasarkan pada rate perubahan tiap waktu

## BAB III PERANCANGAN SISTEM

### 3.1 Blok Diagram Sistem

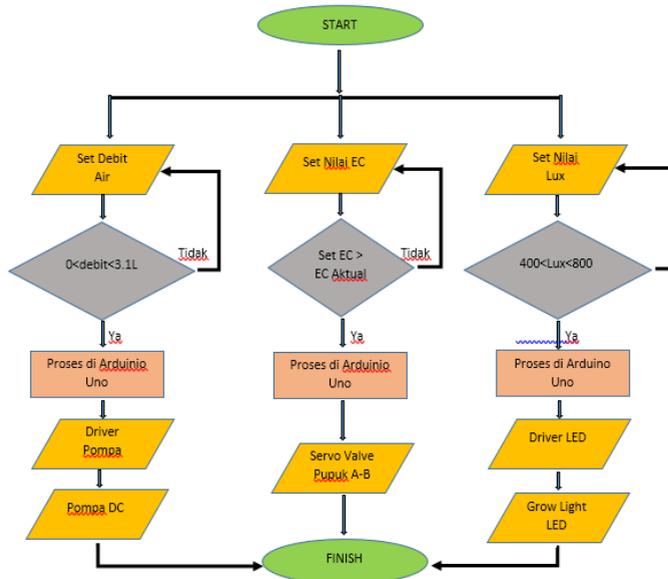


**Gambar 3.1** Blok Diagram Sistem

Diagram blok di atas menjelaskan secara garis besar sistem indoor hidroponik dengan teknik NFT(Nutrient Film Tecgnique).

Input sistem terdiri dari 3 buah bacaan sensor dan output sistem terdiri dari 4 buah aktuator, yaitu 2 buah servo valve nutrisi pupuk A dan pupuk B, grow light LED dan pompa DC 12V. Hasil dari bacaan sensor EC digunakan untuk mengatur kerja dari 2 buah servo valve nutrisi. Sensor cahaya digunakan untuk memberikan informasi nilai berapa lumens intensitas cahaya yang ada pada sistem, dan sensor suhu menghasilkan data bacaan suhu aktual pada sistem. Displai HMI digunakan untuk menampilkan semua data yang sedang terjadi pada sistem.

### 3.2 Flow Chart Cara Kerja Sistem



Gambar 3.2 Flow Chart Indoor Hidroponik NF1

Flow chart cara kerja sistem dijelaskan oleh bagan di atas. Ketika sistem dijalankan, kita bisa set nilai debit air. Pompa DC yang dipilih memiliki spesifikasi maksimal mampu memompa air dengan debit 3.1 L/menit. Mikrokontroler Arduino uno memproses nilai perintah ini ke output PWM (Pulse Width Modulation untuk dilanjutkan ke driver pompa. Driver pompa melanjutkan perintah PWM ke nilai tegangan ke pompa sesuai dengan yang ditentukan.

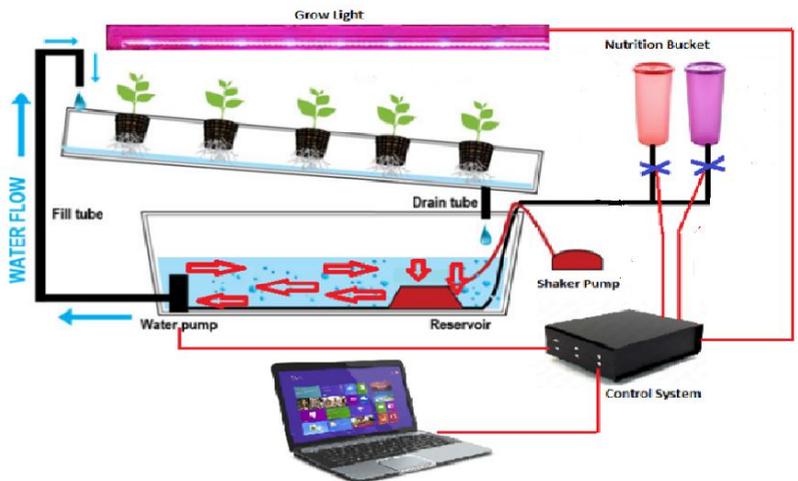
Sama dengan yang terjadi dengan perintah kerja grow light LED. Grow light LED mampu menghasilkan intensitas cahaya matahari sampai dengan 800 lumens. Driver grow light LED menunggu perintah PWM dari Arduino untuk kemudian diolah menjadi output tegangan untuk menyalakan berapa terang intensitas cahaya dari LED.

Hal yang berbeda terjadi pada perintah set nilai EC. Nilai EC maksimum yang bisa diberikan adalah 3000 mikro siemens.

Ketika diberikan perintah nilai set EC tertentu, di Arduino uno terjadi proses perhitungan dengan metode PID. Kontroler PID berfungsi untuk menentukan seberapa besar servo valve harus membuka untuk merespon perbedaan nilai set point dengan nilai aktual EC nya, sampai pada nilai set point yang ditentukan.

### 3.3 Perancangan Hardware Sistem

Pada tugas akhir ini, penulis membuat sebuah hardware untuk sistem hidroponik NFT untuk aplikasi di dalam ruangan.



Gambar 3.3 Desain Indoor NFT Hidroponik

Keterangan :

- a. Air dipompa dari reservoir ke tanaman dengan water pump DC 12V yang bisa diatur debit output pompanya. Di dalam reservoir tersebut terdapat sensor EC yang membaca kondisi aktual nutrisi yang ada pada reservoir. Juga terdapat sensor suhu sebagai kompensasi bacaan sensor terhadap perubahan temperatur.
- b. Bucket nutrisi berfungsi untuk menyuplai nutrisi ke reservoir ketika nutrisi di reservoir sudah tidak sesuai dengan nilai set input nutrisi yang di berikan. Nutrisi tersebut terdiri dari larutan pupuk A dan larutan pupuk B. Kedua bucket nutrisi tersebut masing-masing diatur untuk buka tutup valve nya dengan motor servo yang kerjanya juga sudah ditentukan dengan program di softwarena.
- c. Shaker pump berfungsi sebagai pengaduk larutan di reservoir supaya larutan selalu dalam keadaan homogen. Ketika ada penambahan nutris larutan pupuk A dan pupuk B, maka di reservoir perlu adanya proses pengadukan, supaya nilai parameter yang dibaca sensor EC di reservoir tersebut selalu benar sesuai dengan nilai kandungan larutan yang sebenarnya.
- d. Grow light berfungsi sebagai penyuplai cahaya matahari buatan. Hardware hidroponik ini dibuat untuk aplikasi di dalam ruangan, artinya tidak akan ada cahaya matahari alami yang akan membantu tanaman untuk proses fotosintesis. Oleh karena itu grow light yang dipilih harus disesuaikan dengan spektrum warna yang dihasilkan oleh cahaya matahari. Sensor intensitas cahaya dipasang tepat di bawah grow light untuk memonitor berapa nilai aktual intensitas cahaya yang mengenai tanaman.
- e. Kotak rangkaian kontrol berisi semua rangkaian kontrol yang ada pada sistem indoor hidroponik NFT. Mulai dari power supply 220 VAC, power supply 12 VDC, power supply 5 VDC, rangkaian driver motor DC, rangkaian driver grow light, rangkaian driver untuk servo valve nutrisi, dan sebuah mikrokontroler untuk mengintegrasikan semua komponen yang ada dalam sistem. Semua koneksi kabel pada kotak rangkaian kontrol ini disusun rapi memanfaatkan konektor TRS 3.5mm, kabel USB dan kabel power 220 VAC.

- f. Laptop berfungsi sebagai HMI (Human Machine Interface) yang menghubungkan kita dengan hardware sistem indoor hidroponik NFT ini. Semua perintah kita untuk seting jenis tanaman, seting debit pompa dan seting intensitas cahaya dilakukan melalui laptop ini. Laptop ini juga yang memberitahu kita informasi update untuk semua proses yang sedang berlangsung dalam sistem.

Hardware indoor NFT hidroponik ini dirancang menggunakan material plat besi hollow ukuran 20mm x 20mm sebagai rangka dasarnya, talang air PVC, pipa PVC, dan beberapa selang dengan berbagai ukuran.



**Gambar 3.4** Hardware Indoor Hidroponik NFT



**Gambar 3.5** Valve Nutrisi Pupuk A dan Pupuk B

Papan kayu digunakan sebagai atap dan sebagai lantai dasar untuk meletakkan penampung reservoir beserta sensor EC nya, pompa 12 VDC, box kontrol untuk keseluruhan sistem. Dua buah bucket nutrisi untuk pupuk A dan pupuk B dipasang tepat diatas bucket reservoir.

Semua rangkaian instrumentasi pada sistem ini ditempatkan pada dua buah box kontrol rangkaian. Karena terletak di papan kayu bagian bawah, maka box kontrol ini harus mempunyai sistem seal yang bagus. Pada box kontrol terdapat switching power supply 12 VDC, modul driver pompa, modul driver grow light LED, rangkaian amplifier sinyal dari sensor EC, dan modul Arduino uno sebagai mikrokontrolernya.



**Gambar 3.6** Box Kontrol Instrumentasi

### 3.4 Cara Kerja Sub Sistem

#### 3.4.1 Sensor EC

Pengukuran electrical conductivity pada sistem ini menggunakan sensor konduktivitas/TDS/kadar garam yang dikeluarkan oleh depoinovasi.com, yaitu supplier robotic dan sistem otomasi dari kota Malang.

Spesifikasi sensor tersebut :

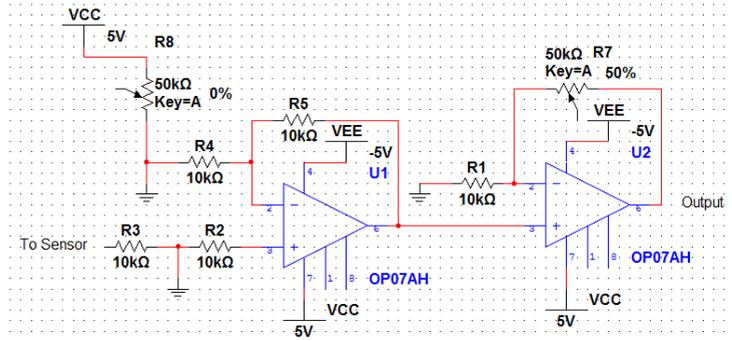
- Power supply : 5VDC
- Menggunakan elektroda stainless steel
- Output analog : 0-5 VDC
- Sensor berada dalam pipa PVC ½”
- Dimensi : panjang pipa 18 cm x dia ½”
- Berat : 150 gram

Sinyal yang diukur dari range nilai EC pada tanaman hanya sebesar 0.6 V, sehingga pada proses pemakaiannya ke modul Arduino, sensor ini membutuhkan rangkaian amplifier untuk menguatkan sinyalnya. Nilai range data yang akan diukur dalam sistem ini adalah antara (600 – 3000) $\mu$ S. Range data tersebut merupakan data nilai EC nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman sayur hidroponik.



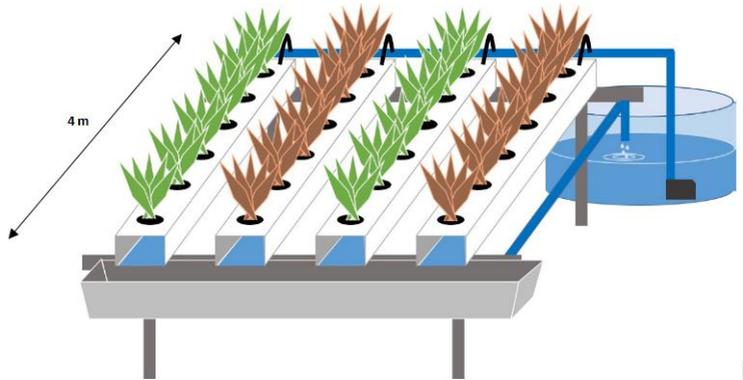
**Gambar 3.7** Sensor EC

Rangkaian penguatan sensor EC ditunjukkan oleh gambar 3.8 berikut.



**Gambar 3.8** Rangkaian Penguat Sensor EC

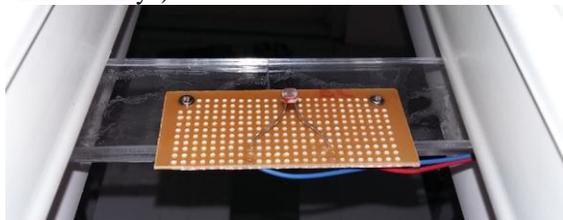
Pada sistem indoor hidroponik NFT ini, sensor EC ditempatkan di bucket reservoir nutrisi. Tepatnya diposisikan sedekat mungkin dengan saluran input pompa DC ke sistem. Dengan begitu diharapkan nilai EC larutan nutrisi yang dialirkan ke sistem akan tepat sesuai dengan nilai yang dibaca oleh sensor EC. Untuk skala industri, penempatan sensor EC ini tidak bisa hanya ditempatkan sebuah sensor EC di reservoir nutrisi utamanya saja, karena nilai nutrisi yang diterima tanaman yang lokasinya di awal sistem dengan nutrisi yang diterima tanaman yang lokasinya di akhir sistem akan berbeda. Akan jauh lebih akurat dalam pemerataan nutrisi dalam porsi yang sama ke semua tanaman apabila dibuat sub-sub reservoir nutrisi. Tiap sub reservoir nutrisi tersebut dipasang sebuah sensor EC yang bertanggung jawab terhadap pemantauan ke satu sub reservoir nutrisi saja. Panjang lajur tanam maksimal yang bisa menjamin tanaman masih menerima nilai nutrisi yang sama adalah 4 m. Oleh karena itu perlu perencanaan perancangan penempatan sensor EC yang sangat matang apabila sistem ini akan dibuat untuk skala industri.



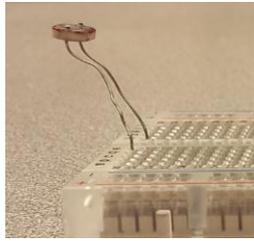
**Gambar 3.9** Penempatan Sensor EC untuk Satu Sub Sistem [12]

### 3.4.2 Sensor Intensitas Cahaya

Sensor intensitas cahaya tipe LDR digunakan untuk mengukur intensitas cahaya dari grow light LED pada sistem ini. Sensor cahaya menggunakan LDR ini dirangkai dengan dengan prinsip pembagi tegangan. Nilai tegangan yang di dapat pada setiap nilai-nilai intensitas matahari dikalibrasi dulu dengan Lux meter (alat mengukur intensitas cahaya).



**Gambar 3.10** Rangkaian LDR



(a)

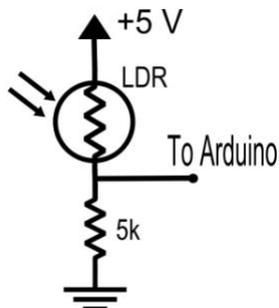


(b)

**Gambar 3.11** (a) LDR, (b) Lux Meter

Pada sistem ini, LDR ditempatkan didekat lajur tanam pada pipa PVC indoor hidroponik NFT. Usahakan jarak LDR tepat sesuai dengan jarak antara LED grow light dengan tanaman. Hal ini berguna untuk memastikan nilai intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman relatif sama dengan nilai intensitas cahaya yang terbaca oleh sensor LDR ini. Untuk skala industri sensor LDR bisa di tempatkan masing-masing sebuah sensor LDR di beberapa sub sistem yang berbeda. Hal ini berguna untuk memastikan nilai intensitas cahaya pada sistem terpantau sama dan merata di semua sub sistem pada skala industri tersebut.

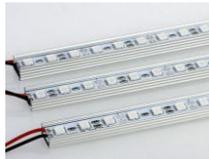
Rangkaiannya ditunjukkan oleh gambar 3.12 berikut.



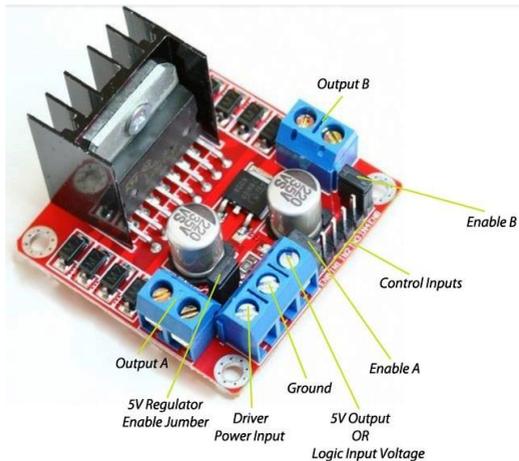
**Gambar 3.12** Rangkaian LDR dengan Arduino

### 3.4.3 Grow Light LED

Hardware ini terdiri dari 2 tingkat tempat menanam hidroponik. Tiap tingkat terdiri dari 2 lajur tanam, dan tiap lajur tanam terdiri dari 5 buah net pot tanaman. Karena hardware ini untuk aplikasi hidroponik di dalam ruangan, maka ditambahkan grow light LED di tiap lajur tanam untuk menggantikan cahaya matahari yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis.



**Gambar 3.13** Grow Light LED



**Gambar 3.14** Modul Driver L298N [10]

Grow light LED membutuhkan sumber tegangan 12 VDC. Untuk mengatur intensitas cahaya dari grow light LED ini menggunakan rangkaian driver LED yang bekerja berdasarkan prinsip PWM. Rangkaian driver tersebut menggunakan modul driver L298N.

Feature yang ada pada driver L298N :

- Operating voltage up to 46V
- Total DC current up to 4A
- On board 5V regulator, 78M05 able to provide current 500 mA
- Maximum power : 24W
- On board filter capacitor
- On board protection diodes
- Over temperature protection

Spesifikasi driver L298N adalah :

- Peak non repetitive output current ( $t=100\mu\text{S}$ ) : 3A
- Peak repetitive output current (80% ON, 20% OFF,  $t_{\text{ON}}=10\text{mS}$ ) : 2.5A
- Peak continuous output current : 2A
- Typical logic supply voltage :5V
- Maximum supply voltage : 46V

Driver L298N ini kompatibel dengan modul mikrokontroler Arduino uno. Seting nilai PWM untuk mengatur intensitas cahaya dilakukan dengan merubah nilai parameter set LED di dalam program Arduino uno nya. Data 0 pada program berarti PWM 0%, dan data 255 berarti PWM 100%.

```
while (Serial.available() > 0) {  
  Setpoint = Serial.parseInt();  
  while (Serial.available() > 0) { Serial.read(); }  
}  
Set_LED(200); //0-255  
Pompa_Speed(200); //0-255  
}
```

**Gambar 3.15** Program Set Intensitas LED

### 3.4.4 Pompa DC 12V



**Gambar 3.16** Pompa DC 12V Weima

Pompa DC 12V ini diatur menggunakan rangkaian driver yang hampir sama prinsip kerjanya dengan rangkaian driver untuk grow light LED. Perbedaannya terletak pada arus maksimal yang bisa di lewatkan ke rangkaian driver tersebut. Modul driver yang digunakan untuk pompa 12VDC adalah IBT-2.



**Gambar 3.17** Driver IBT-2 [11]

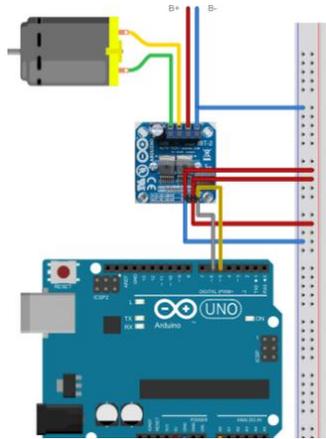
Spesifikasi :

- Input vantage 6-27V
- Maximum current 43A
- Input level : 3.3-5V

Driver IBT-2 ini juga kompatibel dengan modul mikrokontroler Arduino uno. Sama dengan driver untuk grow light LED, seting nilai PWM untuk mengatur kecepatan dari pompa 12VDC dilakukan dengan merubah nilai parameter debit air di dalam program Arduino uno nya. Jadi pengontrolan debit pompa bisa dilakukan dengan merubah nilai PWM dari Arduino uno ke modul driver pompa dengan merubah parameter speed pompa pada program. Data 0 pada program berarti PWM 0%, dan data 255 berarti PWM 100%.

```
while (Serial.available() > 0) {  
    Setpoint = Serial.parseInt();  
    while (Serial.available() > 0) { Serial.read(); }  
}  
Set_LED(200);//0-255  
Pompa_Speed(200);//0-255  
}
```

**Gambar 3.18** Program Set Debit Pompa

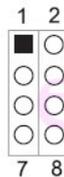


**Gambar 3.19** Rangkaian Driver IBT-2 dengan Arduino [11]

Cara menghubungkan driver IBT-2 ini dengan modul Arduino uno bisa dilihat pada gambar 3.19. B+ dan B- adalah sumber power supply 12VDC.

Input port :

1. RPWM
2. LPWM
3. R\_EN
4. L\_EN
5. R\_IS
6. L\_IS
7. VCC : 5V
8. GND



**Gambar 3.20** Input Port Driver IBT-2 [11]

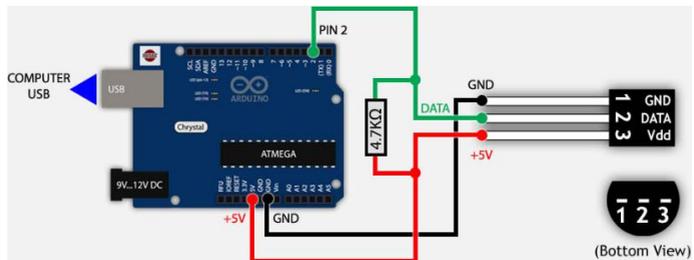
### 3.4.5 Sensor Suhu DS18B20



**Gambar 3.21** Sensor Suhu DS18B20 [9]

Sensor suhu dibutuhkan pada sistem ini sebagai kompensasi bacaan sensor PH dan sensor EC terhadap perubahan temperature yang ada pada reservoir nutrisi. Tipe sensor yang dipakai adalah temperature probe DS18B20.

Temperature probe ini terdiri dari 3 buah kabel, merah untuk VCC 5V, hitam untuk ground, dan kuning untuk output data nya. Cara memakai sensor ini dilakukan dengan menghubungkan ketiga buah kabel sensor ke board Arduino dengan konfigurasi seperti gambar 3.22 berikut.



**Gambar 3.22** Rangkaian Sensor Suhu DS18B20 dengan Arduino [9]

Pada sistem ini sensor suhu ditempatkan di bucket reservoir. Sensor ini digunakan untuk membaca nilai suhu dari larutan nutrisi di bucket tersebut.

#### 3.4.6 Servo Valve Nutrisi Pupuk A dan Pupuk B

Perancangan hardware servo valve untuk 2 bucket nutrisi pupuk A dan pupuk B menggunakan valve manual yang dimodifikasi dengan cara dikombinasikan dengan motor servo tipe futaba S3003 sehingga menghasilkan servo valve. Servo valve nutrisi pupuk A dan pupuk B ini bekerja berdasarkan logika kontroler PID pada program arduinonya. Kontroler PID membandingkan nilai set point nutrisi EC yang diinputkan terhadap nilai nutrisi EC aktual pada saat itu.

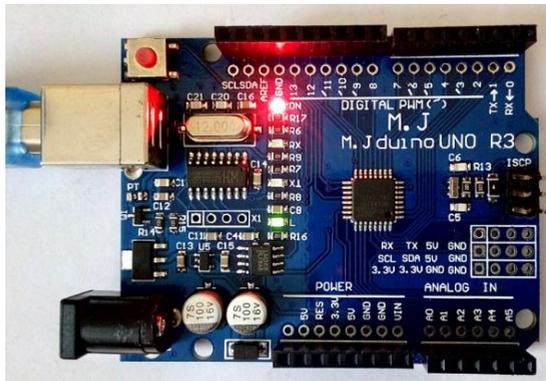


**Gambar 3.23** Servo Valve Nutrisi

Perbedaan antara nilai EC set point dengan nilai EC actual itu yang disebut dengan eror. Besarnya eror menentukan berapa derajat servo valve harus membuka. Bukan maksimal dari valve dibatasi pada nilai 40 derajat. Hal ini berhubungan dengan berapa besar kepekatan pupuk dan perbandingannya dengan volume air dalam reservoir nutrisi. Nilai 40 derajat didapatkan dari proses eksperimen.

### 3.4.7 Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino Uno adalah board sirkuit berbasis mikrokontroler ATmega328. IC (integrated circuit) ini memiliki 14 input/output digital (6 output untuk PWM), 6 analog input, resonator kristal keramik 16 MHz, koneksi USB, soket adaptor, pin header ICSP, dan tombol reset. Hal inilah yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler secara mudah terhubung dengan kabel power USB, kabel power supply adaptor AC ke DC, dan juga battery.



Gambar 3.24 Arduino UNO R3 ATmega328 [8]

Arduino Uno berbeda dari semua board mikrokontroler generasinya sebelumnya yang tidak menggunakan chip khusus driver FTDI USB-to-serial. Sebagai penggantinya penerapan USB-to-serial adalah ATmega16U2 versi R2 (versi sebelumnya ATmega8U2). Versi Arduino Uno Rev.2 dilengkapi resistor ke 8U2 ke garis ground yang lebih mudah diberikan ke mode DFU.

Untuk keunggulan board Arduino Uno Revision 3 antara lain:

1. 1.0 pinout ditambahkan pin SDA dan SCL di dekat pin AREF dan dua pin lainnya diletakkan dekat tombol RESET, fungsi IOREF melindungi kelebihan tegangan pada board rangkaian. Keunggulan perlindungan ini akan kompatibel juga dengan dua jenis board yang menggunakan jenis AVR yang beroperasi pada tegangan kerja 5V dan Arduino Due tegangan operasi 3.3V.
2. Rangkaian RESET yang lebih reliabel.
3. Penerapan ATmega 16U2 pengganti 8U2.

Bahasa "UNO" berasal dari bahasa Italia yang artinya SATU, ditandai dengan peluncuran pertama Arduino 1.0, Uno pada versi 1.0 sebagai referensi untuk Arduino yang selanjutnya, seri Uno versi terbaru dilengkapi USB.

## Spesifikasi Arduino uno

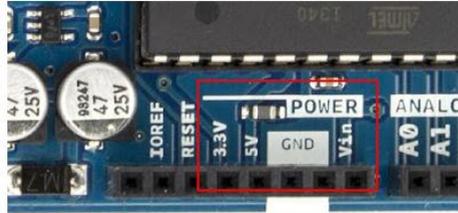
Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

**Gambar 3.25** Spesifikasi Arduino uno [8]

### A. Power

Arduino Uno dapat disuplai langsung ke USB atau power supply tambahan yang pilihan powernya secara otomatis berfungsi tanpa saklar.

Kabel external (non-USB) seperti menggunakan adaptor AC ke DC atau baterai dengan konektor plug ukuran 2,1mm polaritas positif di tengah ke jack power di board. Jika menggunakan baterai dapat disematkan pada pin GND dan Vin di bagian power konektor.



**Gambar 3.26** Power Supply Arduino Port [8]

Penjelasan Power PIN:

- VIN - Input voltase board saat anda menggunakan sumber catu daya luar (adaptor USB 5 Volt atau adaptor yang lainnya 7-12 volt), kita bisa menghubungkannya dengan pin VIN ini atau langsung ke jack power 5Volt, DC power jack (7-12V), kabel konektor USB (5V) atau catu daya lainnya (7-12V). Menghubungkan secara langsung power supply luar (7-12V) ke pin 5V atau pin 3.3V dapat merusak rangkaian Arduino ini.
- 3V3 - Pin tegangan 3.3 volt catu daya umum langsung ke board. Maksimal arus yang diperbolehkan adalah 50 mA.
- GND - Pin Ground.
- IOREF - Pin ini penyedia referensi tegangan agar mikrokontroler beroperasi dengan baik.

## **B. Input and Output**

Masing-masing dari 14 pin UNO dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan perintah fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()` yang menggunakan tegangan operasi 5 volt. Tiap pin dapat menerima arus maksimal hingga 40mA dan resistor internal pull-up antara 20-50kohm, beberapa pin memiliki fungsi kekhususan antara lain:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Sebagai penerima (RX) dan pemancar (TX) TTL serial data. Pin ini terkoneksi untuk pin korespondensi chip ATmega8U2 USB to TTL Serial.
- External Interrupts: 2 dan 3. Pin ini berfungsi sebagai konfigurasi trigger saat interupsi value low, naik, dan tepi, atau nilai value yang berubah-ubah.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Melayani output 8-bit PWM dengan fungsi analogWrite().
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin yang support komunikasi SPI menggunakan SPI library.
- LED: 13. Terdapat LED indikator bawaan (built-in) dihubungkan ke digital pin 13, ketika nilai value HIGH led akan ON, saat value LOW led akan OFF.
- Uno memiliki 6 analog input tertulis di label A0 hingga A5, masing-masingnya memberikan 10 bit resolusi (1024). Secara asal input analog tersebut terukur dari 0 (ground) sampai 5 volt, itupun memungkinkan perubahan teratas dari jarak yang digunakan oleh pin AREF dengan fungsi analog reference.

### C. Communication

Arduino Uno memiliki fasilitas nomer untuk komunikasi dengan komputer atau hardware Arduino lainnya, atau dengan mikrokontroler. Pada ATmega328 menerjemahkan serial komunikasi UART TTL (5V) pada pin 0 (RX) dan 1 (TX). Pada ATmega16U2 serial komunikasinya dengan USB dan port virtual pada software di komputer. Perangkat lunak (firmware) 16U2 menggunakan driver standart USB COM dan tidak membutuhkan driver luar lainnya. Bagaimanapun pada OS Windows file ekstensi .inf sangat diperlukan. Software arduino bawaan telah menyertakan serial monitor yang sangat mudah membaca dan mengirim data dari dan ke arduino. LED indikator TX dan RX

akan berkedip ketika data telah terkirim via koneksi USB-to-serial dengan USB pada komputer (tetapi tidak pada serial com di pin 0 dan pin 1).

Software Serial library membolehkan banyak pin serial communication pada Uno. ATmega328 juga support I2C (TWI) dan SPI communication. Software Arduino terdapat di dalamnya Wire library untuk memudahkan penggunaan bus I2C.

#### **D. Programming**

Arduino UNO dapat di program dengan software Arduino. Pilih "Arduino Uno dari Tools > Board menu (akan terlacak microcontroller pada board). Microcontroller ATmega328 pada Arduino Uno dapat *preburned* dengan bootloader yang dapat kita upload kode baru tanpa menggunakan programmer perangkat lainnya. Komunikasi menggunakan protokol original STK500. Anda dapat pula langsung bootloader dan program pada microcontroller melalui ICSP (In-Circuit Serial Programming) menggunakan Arduino ISP atau yang semisalnya.

#### **E. USB Overcurrent Protection**

Arduino Uno memiliki fungsi resettable polyfuse untuk memproteksi dari port USB komputer akibat hubung singkat atau kelebihan arus. Jika arus yang melebihi 500mA dari port USB maka fuse secara otomatis memutuskan koneksi hingga short atau overload dilepaskan dari board ini.

## F. Karakteristik Fisik

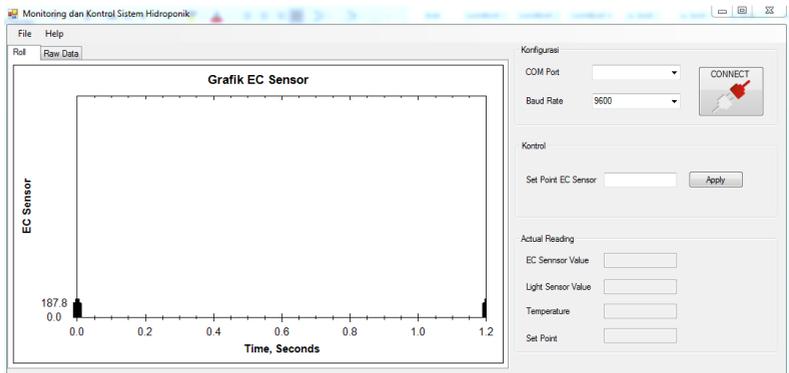


**Gambar 3.27** Arduino Uno dan Kabel USBnya [8]

Panjang PCB Uno 2.7 dan lebar maksimal 2.1 inchi dengan konektor USB dan power jack diluar hitungan. Lengkap dengan empat lubang screw di setiap sudut untuk proses pemasangan.

### 3.5 Perancangan HMI

HMI (Human Machine Interface) untuk sistem indoor NFT Hidroponik ini menggunakan tampilan dengan program Visual Studio 2015.



**Gambar 3.28** Tampilan HMI

Tombol set input EC digunakan untuk memasukkan nilai set input nilai EC yang akan dituju oleh sistem. Tampilan yang lain merupakan monitoring secara real time untuk data nilai EC, nilai intensitas cahaya, dan nilai suhu secara aktual. Grafik digunakan untuk membaca nilai EC sistem secara berkelanjutan.

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN DAN ANALISA**

#### **4.1 Pengujian dan Analisa Sensor EC**

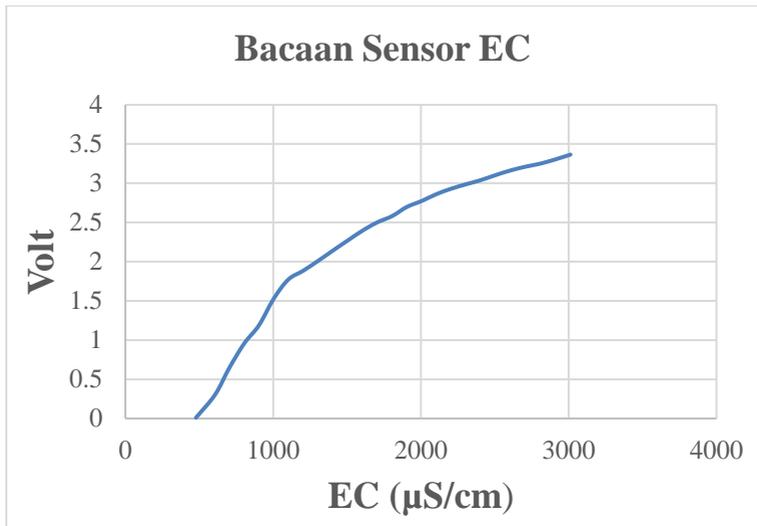
Dari percobaan yang dilakukan menggunakan sensor EC yang dibandingkan dengan EC meter yang sudah dikalibrasi terhadap beberapa larutan air dengan nilai EC yang berbeda-beda, maka didapatkan hasil sesuai tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1** Bacaan Sensor EC

<b>No</b>	<b>EC (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	<b>Volt</b>
1	478	0.01
2	608	0.306
3	704	0.647
4	806	0.961
5	904	1.188
6	1004	1.528
7	1102	1.771
8	1202	1.883
9	1302	2.007
10	1408	2.146
11	1508	2.274
12	1600	2.39
13	1700	2.497
14	1808	2.584
15	1904	2.697
16	2008	2.776
17	2106	2.862
18	2208	2.932

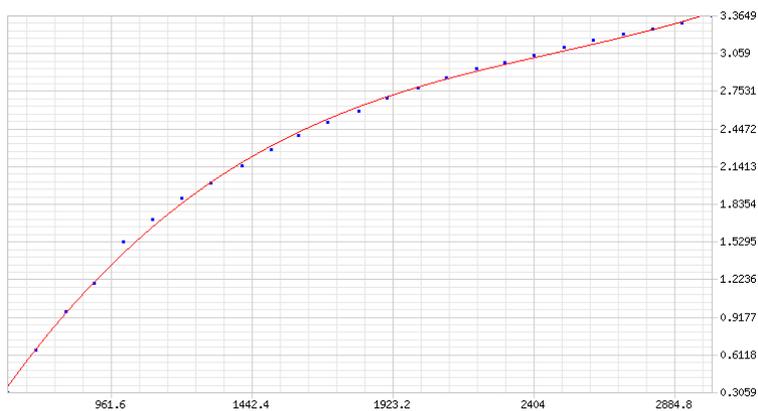
19	2304	2.986
20	2404	3.039
21	2506	3.104
22	2606	3.163
23	2710	3.212
24	2808	3.25
25	2908	3.303
26	3012	3.365

Grafik nilai EC terhadap tegangan output sensor sesuai data pada tabel 4.1 di atas.



**Gambar 4.1** Grafik Nilai EC terhadap Tegangan Output

Dengan menggunakan metode polynomial regression untuk grafik di atas, maka rumus dapat diturunkan seperti pada gambar 4.2 berikut.



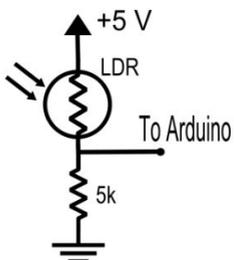
**Gambar 4.2** Grafik Nilai EC terhadap Tegangan Output dengan Metode Polynomial Regression

$$F(x) = -2.253531229102439 + 0.005385991892109253x - 0.00000196483547571226x^2 + 2.6530904495e-10x^3 \quad (4.1)$$

Bacaan sensor EC ini bernilai eksponensial pada pengukuran nilai EC yang berbeda-beda.

## 4.2 Pengujian dan Analisa Sensor Intensitas Cahaya

Dari percobaan yang dilakukan menggunakan sensor intensitas cahaya (LDR) yang dibandingkan dengan lux meter yang sudah dikalibrasi terhadap beberapa kondisi dengan nilai intensitas cahaya yang dihasilkan oleh grow light LED.



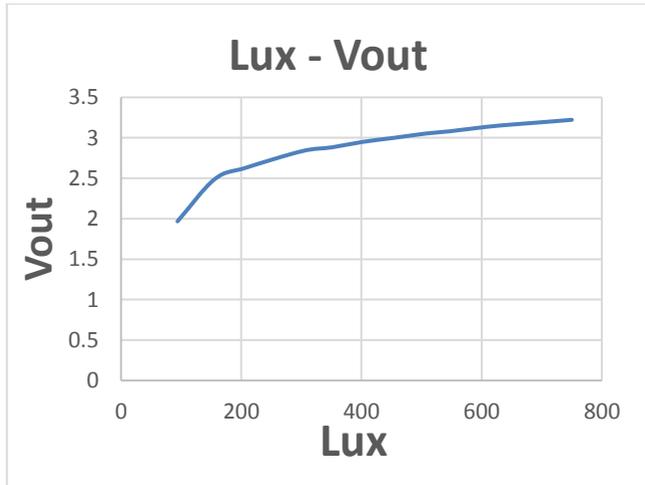
**Gambar 4.3** Rangkaian LDR ke Arduino Uno

Hasil pengambilan data tegangan output LDR (Volt) terhadap intensitas cahaya (Lux) dengan rangkaian seperti di atas ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut.

**Tabel 4.2** Bacaan Tegangan Output LDR

No	Lux	Vout
1	94	1.968
2	156	2.49
3	208	2.631
4	301	2.835
5	351	2.883
6	402	2.95
7	450	2.996
8	508	3.054
9	547	3.081
10	608	3.136
11	653	3.166
12	702	3.194
13	750	3.223

Grafik nilai lumens terhadap tegangan output LDR sesuai data pada tabel 4.2 di atas ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut.



**Gambar 4.4** Grafik Nilai Lumens terhadap Tegangan Output LDR

Dengan menggunakan metode polynomial regression untuk grafik di atas, maka grafik selanjutnya ditunjukkan pada gambar 4.5 berikut.



**Gambar 4.5** Grafik Nilai Lumens terhadap Tegangan Output LDR dengan Metode Polynomial Regression

$$F(x) = 1.351537906872881 + 0.008834045081287916x - 0.00001587092293816755x^2 + 9.98353108909e-9x^3 \quad (4.2)$$

Bacaan nilai tegangan output sensor LDR ini bernilai eksponensial pada pengukuran nilai intensitas cahaya grow light LED yang berbeda-beda.

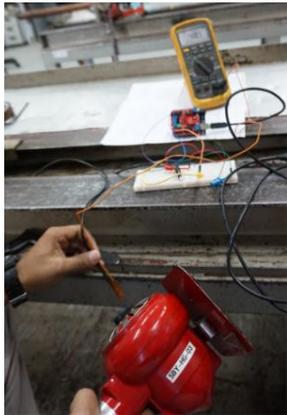
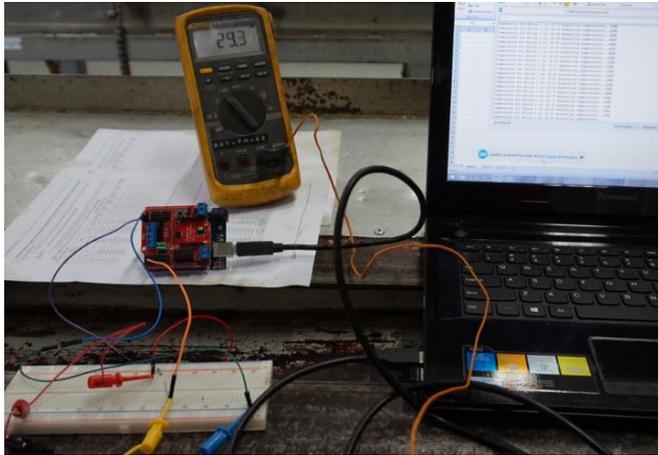
### 4.3 Pengujian dan Analisa Pompa DC 12V

Dari perancangan pompa DC 12V menggunakan driver pompa modul IBT-2 yang diatur oleh arduino, kecepatan pompa bisa diatur di dalam program dengan mengubah parameter kecepatan pompa, data 0 berarti pompa mati (PWM 0%), data 255 berarti pompa bekerja maksimal (PWM 100%). Dari proses peksperimen terhadap kecepatan pompa didapatkan data debit air yang di sirkulasi ke dalam sistem adalah sebagai berikut :

Data 0	: 0	L/menit
Data 50	: 0,480	L/menit
Data 100	: 1,260	L/menit
Data 150	: 1,840	L/menit
Data 200	: 2,600	L/menit
Data 255	: 3,000	L/menit

### 4.4 Pengujian dan Analisa Sensor Suhu DS18B20

Untuk memastikan temperature probe DS18B20 menghasilkan bacaan temperatur yang akurat, perlu dilakukan verifikasi bacaan sensor menggunakan alat ukur yang terkalibrasi. Untuk itu dilakukan verifikasi menggunakan alat ukur fluke 87 yang masih valid kalibrasinya.



**Gambar 4.6** Verifikasi Sensor Suhu DS18B20 Menggunakan Fluke 87

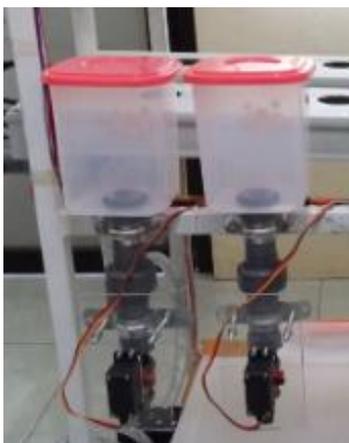
**Tabel 4.3** Bacaan Verifikasi Sensor Suhu DS18B20.

No	DS18B20 (°C)	FLUKE (°C)
1	25.6	25.3
2	30.3	30.1
3	35.6	35.2
4	40.5	40.4
5	45.3	45.2
6	50.3	50.1

Bacaan temperature probe DS18B20 akurat berdasarkan hasil verifikasi menggunakan fluke 87.

#### **4.5 Pengujian dan Analisa Servo Valve Nutrisi**

Bucket nutrisi terdiri dari 2 bucket, 1 bucket untuk pupuk A, dan 1 bucket lainnya untuk Pupuk B. Pupuk A dan B digunakan untuk mendapatkan nilai EC sesuai kebutuhan tanaman.



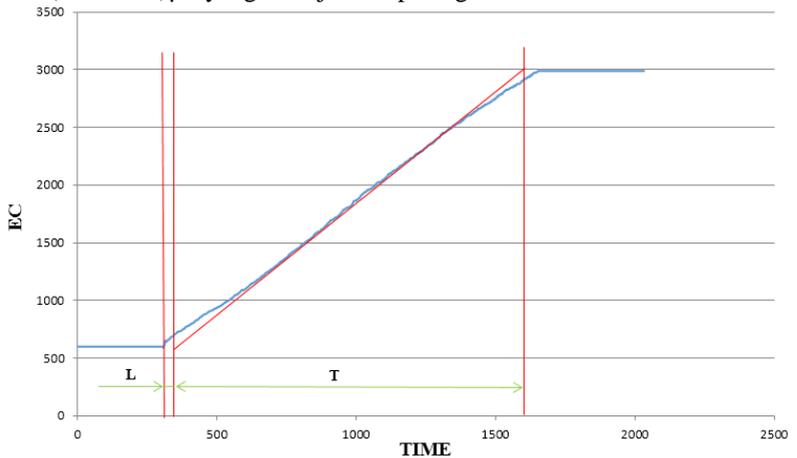
**Gambar 4.7** Servo Valve Nutrisi

Pengujian servo valve pupuk A dan B terhadap perubahan nilai EC.

**Tabel 4.4** Formula Pengujian Servo Valve Pupuk A dan B

Volume air reservoir	Pupuk A : air	Pupuk B : air	Open Valve
5 Liter	1:1	1:1	40°

Dari formula tabel 4.4 diatas, didapatkan grafik perubahan nilai EC dari (600-3000) $\mu$ S yang ditunjukkan pada gambar 4.8 berikut.



**Gambar 4.8** Grafik Pengujian PID Servo Valve Nutrisi

Formula kontroler PID untuk EC menggunakan metode Ziegler Nichols ditunjukkan pada tabel 4.5 berikut.

**Tabel 4.5** Rumus Ziegler Nichols pada Pengujian Kontroler PID [13]

Type of 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	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Maka dengan nilai  $L = 0.5$  dan nilai  $T = 7.5$  didapatkan hasil perhitungan pada tabel 4.6 berikut.

**Tabel 4.6** Hasil Perhitungan dengan Rumus Ziegler Nichols untuk Kontroler PID

Kontroler	$K_p$	$T_i$	$T_d$	$K_i$ ( $K_p/T_i$ )	$K_d$ ( $K_p * T_d$ )
P	15	$\infty$	0	$\infty$	0
PI	13.5	1.67	0	8	0
PID	18	1	0.25	18	4.5

Dari proses eksperimen terhadap kerja dari servo valve nutrisi pupuk A dan pupuk B, didapatkan performa kontroler PID yang ditunjukkan oleh tabel 4.7 berikut.

**Tabel 4.7** Performa PID Kontroler pada Servo Valve Nutrisi

No	Pengujian	Aktual EC	Set Point EC	Settling Time	Standar Deviasi
		( $\mu\text{S/cm}$ )	( $\mu\text{S/cm}$ )	(Sekon)	
1	Kontrol EC1	600	900	34.6	1.02
2	Kontrol EC2	900	1200	37.8	1.17
3	Kontrol EC3	1200	1500	42.2	1.47
4	Kontrol EC4	1500	1800	51.8	1.72
5	Kontrol EC5	1800	2100	66.6	1.86

Dengan selisih nilai set point yang sama yaitu 300, settling time selalu bertambah untuk percobaan ke-2 dan seterusnya dikarenakan adanya pengaruh gravitasi. Dengan semakin berkurangnya larutan nutrisi di bucket nutrisi pupuk A dan pupuk B, maka daya dorong ke bawah saat valve nutrisi membuka juga berkurang. Oleh karena itu waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai set point menjadi bertambah.

#### **4.6 Pengujian dan Analisa Sistem Terhadap Tanaman Bayam Merah**

Indoor hidroponik ini dicobakan terhadap tanaman bayam merah. Bayam merah mulai di tanam pada tanggal 2 Juni 2016. Hasil percobaan berupa tahapan pertumbuhan tanaman bayam merah tersebut dapat dilihat pada urutan gambar-gambar berikut.



**Gambar 4.9** Bibit Bayam Merah dari Proses Penyemaian



**Gambar 4.10** Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-1



**Gambar 4.11** Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-3



**Gambar 4.12** Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-7



**Gambar 4.13** Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-10



**Gambar 4.14** Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-12



**Gambar 4.15** Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-14



**Gambar 4.16** Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-16



**Gambar 4.17** Pertumbuhan Bayam Merah Hari Ke-18

Dari hasil pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman bayam merah, didapatkan hasil bahwa sistem kontrol otomatis ini dapat berfungsi dengan baik. Grow light LED dapat berfungsi optimal untuk menggantikan sinar matahari. Pemberian dosis nutrisi pupuk yang tepat dan terpantau secara aktual menjamin pertumbuhan tanaman bayam merah ini lebih berkualitas, seperti terlihat pada gambar 4.9 sampai dengan gambar 4.17 di atas.

## LAMPIRAN

Rumus mencari nilai standar deviasi :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum x^2}{N}}$$

*SD* : standar deviasi

*x* : nilai deviasi dari rata-rata

*N* : jumlah data yang dicobakan

Hasil percobaan untuk mendapatkan respon kontroler PID untuk servo valve utrisi pupuk A dan pupuk B.

Tabel Percobaan 1

No	Pengujian	Aktual EC	Set Point EC	Settling Time (X)	Rata- rata X	X - Rata- rata (x)	(X-Rata- rata(x)) <sup>2</sup>	Standar Deviasi
1	Peng. 1	600	900	34	34.6	-0.6	0.36	SD = 1.02
2	Peng. 2	600	900	35	34.6	0.4	0.16	
3	Peng. 3	600	900	33	34.6	-1.6	2.56	
4	Peng. 4	600	900	36	34.6	1.4	1.96	
5	Peng. 5	600	900	35	34.6	0.4	0.16	
Total				173		0	5.2	

Tabel Percobaan 2

No	Pengujian	Aktual EC	Set Point EC	Settling Time (X)	Rata- rata X	X- Rata- rata (x)	(X-Rata- rata(x)) <sup>2</sup>	Standar Deviasi
1	Peng. 1	900	1200	36	37.8	-1.8	3.24	SD = 1.17
2	Peng. 2	900	1200	38	37.8	0.2	0.04	
3	Peng. 3	900	1200	37	37.8	-0.8	0.64	
4	Peng. 4	900	1200	39	37.8	1.2	1.44	
5	Peng. 5	900	1200	39	37.8	1.2	1.44	
Total				189		0	6.8	

Tabel Percobaan 3

No	Pengujian	Aktual EC	Set Point EC	Settling Time (X)	Rata- rata X	X- Rata- rata (x)	(X- Rata- rata(x)) <sup>2</sup>	Standar Deviasi
1	Peng. 1	1200	1500	43	42.2	0.8	0.64	SD = 1.47
2	Peng. 2	1200	1500	41	42.2	-1.2	1.44	
3	Peng. 3	1200	1500	40	42.2	-2.2	4.84	
4	Peng. 4	1200	1500	44	42.2	1.8	3.24	
5	Peng. 5	1200	1500	43	42.2	0.8	0.64	
Total				211		0	10.8	

Tabel Percobaan 4

No	Pengujian	Aktual EC	Set Point EC	Settling Time (X)	Rata- rata X	X- Rata- rata (x)	(X- Rata- rata(x)) <sup>2</sup>	Standar Deviasi
1	Peng. 1	1500	1800	49	51.8	-2.8	7.84	SD = 1.72
2	Peng. 2	1500	1800	51	51.8	-0.8	0.64	
3	Peng. 3	1500	1800	54	51.8	2.2	4.84	
4	Peng. 4	1500	1800	53	51.8	1.2	1.44	
5	Peng. 5	1500	1800	52	51.8	0.2	0.04	
Total				259		0	14.8	

Tabel Percobaan 5

No	Pengujian	Aktual EC	Set Point EC	Settling Time (X)	Rata- rata X	X- Rata- rata (x)	(X- Rata- rata(x)) <sup>2</sup>	Standar Deviasi
1	Peng. 1	1800	2100	65	66.6	-1.6	2.56	SD = 1.86
2	Peng. 2	1800	2100	68	66.6	1.4	1.96	
3	Peng. 3	1800	2100	64	66.6	-2.6	6.76	
4	Peng. 4	1800	2100	67	66.6	0.4	0.16	
5	Peng. 5	1800	2100	69	66.6	2.4	5.76	
Total				333		0	17.2	

Listing program Arduino uno :

```
#include <Servo.h>
#include <math.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Data wire is plugged into pin 8 on the Arduino
#define ONE_WIRE_BUS 8

// Setup a oneWire instance to communicate with any OneWire devices
// (not just Maxim/Dallas temperature ICs)
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

// Pass our oneWire reference to Dallas Temperature.
DallasTemperature sensors(&oneWire);

#define LED_PIN 13
#define SERVO1_PIN 11
#define SERVO2_PIN 6
#define EC_SENSOR A3
#define LUX_SENSOR A2

#define PWM_MOTOR_PIN 3
#define MOTOR_PIN2 7

#define PWM_LED_PIN 5
#define dir2PinB 4
#define dir1PinB 2

#define PWM_MOTOR OCR1A //pin 9
#define PWM_LED OCR1B //pin 10

float dt, dl, EC, CHY;
float nilai;

Servo servo1;
Servo servo2;

//Specify the links and initial tuning parameters
float Kp = 15, Ki = 0, Kd = 0.00;float Setpoint = 900;

float Sensor_EC;
```

```

void Init_Timer(void) {
    // Timer/Counter 1 initialization
    // Clock source: System Clock
    // Clock value: 62,500 kHz
    // Mode: Fast PWM top=0x00FF
    // OC1A output: Non-Inverted PWM
    // OC1B output: Non-Inverted PWM
    // Noise Canceler: Off
    // Input Capture on Falling Edge
    // Timer Period: 4,096 ms
    // Output Pulse(s):
    // OC1A Period: 4,096 ms Width: 0 us
    // OC1B Period: 4,096 ms Width: 0 us
    // Timer1 Overflow Interrupt: Off
    // Input Capture Interrupt: Off
    // Compare A Match Interrupt: Off
    // Compare B Match Interrupt: Off
    TCCR1A = (1 << COM1A1) | (0 << COM1A0) | (1 << COM1B1) | (0
<< COM1B0) | (0 << WGM11) | (1 << WGM10);
    TCCR1B = (0 << ICNC1) | (0 << ICES1) | (0 << WGM13) | (1 <<
WGM12) | (1 << CS12) | (0 << CS11) | (0 << CS10);
    TCNT1H = 0x00;
    TCNT1L = 0x00;
    ICR1H = 0x00;
    ICR1L = 0x00;
    OCR1AH = 0x00;
    OCR1AL = 0x00;
    OCR1BH = 0x00;
    OCR1BL = 0x00;
}

void Pompa_Speed(int Speed) {
    analogWrite(PWM_MOTOR_PIN, Speed);
    digitalWrite(MOTOR_PIN2, LOW);
}

void Set_LED(int PWM) {
    analogWrite(PWM_LED_PIN, PWM) ;
    digitalWrite(dir1PinB, LOW);
    digitalWrite(dir2PinB, HIGH);
}

void Lux(){

```

```

int ADC_DATA1 = 0;
float voltage1 = 0;
for (int i = 0; i < 10; i++) {
    ADC_DATA1 += analogRead(LUX_SENSOR);
}
ADC_DATA1 = (ADC_DATA1 / 10);
voltage1 = ADC_DATA1 * (5.0 / 1023.0);

//if ((teg1 >= 1.869) && (teg1 < 2.788)) {
CHY = (-4991.2 + (6839.9 * voltage1) - (3092.04 * pow(voltage1,2)) +
(472.2 * pow(voltage1,3)));
//}
//Serial.print(" Lux= ");
//Serial.print(CHY, 4);
}

float Get_EC(void) {
int ADC_DATA = 0;
float voltage = 0;
for (int i = 0; i < 10; i++) {
    ADC_DATA += analogRead(EC_SENSOR);
}
ADC_DATA = (ADC_DATA / 10);
voltage = ADC_DATA * (5.0 / 1023.0);
return (float)(280 + (595.6 * voltage) - (267.5 * pow(voltage,2)) + (90.4
* pow(voltage, 3)));
}

void PID(void) {
static float last_error, error;
static unsigned long lastTime;
static float PID_Output;
static int errSum;

/*How long since we last calculated*/
unsigned long now = millis();
unsigned long timeChange = now - lastTime;

Sensor_EC = Get_EC();
error = Setpoint - Sensor_EC;

errSum = errSum + (error * timeChange);
float dErr = (error - last_error);

```

```

/*Compute PID Output*/
PID_Output = (Kp * error) + (Ki * errSum) + (Kd * dErr);

int data_output = 180 - (int)PID_Output;

if (data_output > 180) {
    data_output = 180;
}
if (data_output < 140) {
    data_output = 140;
}

//Serial.print("EC=");
//Serial.print(Sensor_EC);
//Serial.print("\t");
//Serial.print("Error=");
//Serial.print(error);
//Serial.print("\t");
//Serial.print("PID=");
//Serial.print(PID_Output);
//Serial.print("\t");
//Serial.print("data=");
//Serial.println(data_output);
servo1.write(data_output);
servo2.write(data_output);

/*Remember some variables for next time*/
last_error = error;
lastTime = millis();

}

void setup()
{
    /* add setup code here */
    Serial.begin(9600);
    pinMode(LUX_SENSOR, INPUT);
    pinMode(EC_SENSOR, INPUT);
}

```

```

pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
pinMode(SERVO1_PIN, OUTPUT);
pinMode(SERVO2_PIN, OUTPUT);
servo1.attach(SERVO1_PIN);
servo2.attach(SERVO2_PIN);

//inisialisasi driver pompa motor
pinMode(PWM_MOTOR_PIN, OUTPUT);      //OCR1A
pinMode(MOTOR_PIN2, OUTPUT);

//Inisialisasi L298N Dual H-Bridge Motor Controller Pin
pinMode(dir1PinB, OUTPUT);
pinMode(dir2PinB, OUTPUT);
pinMode(PWM_LED_PIN, OUTPUT); //OCR1B
//inisialisasi timer1 untuk PWM
//Init_Timer();
digitalWrite(PWM_MOTOR_PIN, HIGH);
digitalWrite(MOTOR_PIN2, HIGH);

// Start up the library sensor temperatur
sensors.begin();

}

void loop()
{
  /* add main program code here */
  PID();
  Lux();
  sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get
  temperatures

```

```
float Temperature = sensors.getTempCByIndex(0);

Serial.write(0x02);
Serial.write(',');
Serial.print(Sensor_EC);
Serial.write(',');
Serial.print(CHY);
Serial.write(',');
Serial.print(Temperature);
Serial.write(',');
Serial.print(Setpoint);
Serial.write(',');
Serial.write(0x03);

while (Serial.available() > 0) {
    Setpoint = Serial.parseInt();
    while (Serial.available() > 0) { Serial.read(); }
}
Set_LED(300);//0-255
Pompa_Speed(200);//0-255
}
```

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan pengujian dari keseluruhan sistem, dan berdasarkan data yang telah didapat adalah sensor-sensor yang ada tidak semuanya memberikan respon yang linier. Grafik antara perubahan nilai EC terhadap tegangan output sensor EC tidak linier. Grafik antara perubahan nilai intensitas cahaya dengan perubahan nilai hambatan pada LDR juga tidak linier. Sedangkan grafik hasil pembacaan sensor suhu memberikan nilai perubahan output yang linier.

Pada sistem indoor hidroponik NFT ini, kemiringan lajur tanam dibuat sebesar 2% dari panjang maksimal lajur tanam, dan jarak net pot dengan grow light LED adalah 40 cm. Sensor EC dan sensor suhu ditempatkan di bucket larutan nutrisi, sedangkan sensor intensitas cahaya ditempatkan sejajar dengan lajur tanam. Debit pompa DC untuk mengalirkan larutan nutrisi bisa diatur sampai debit maksimal 3 Liter/menit. Sedangkan untuk intensitas cahaya grow light LED bisa diatur sampai intensitas cahaya maksimal sebesar 800 lumens. Servo valve nutrisi pupuk A dan pupuk B bekerja berdasarkan prinsip kontroler PID dan ditempatkan tepat diatas bucket larutan nutrisi.

Percobaan pada sistem indoor hidroponik NFT ini dilakukan terhadap tanaman bayam merah, intensitas cahaya grow light diseting pada nilai 600 lumens, nilai nutrisi diseting sesuai dengan tabel kebutuhan nutrisi, untuk minggu pertama di seting di nilai EC 850. Pada saat memasuki minggu kedua, nilai EC di seting ke nilai 1300 sesuai dengan tabel, respon servo valve bekerja dengan benar sesuai dengan logika kontroler PID nya. Begitu seterusnya sampai proses panen.

Nilai  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  pada kontroler PID untuk kerja dari servo valve didapatkan dengan tuning menggunakan metode Ziegler Nichols.

## **5.2 Saran**

Saran-saran yang dapat diberikan untuk pengembangan tugas akhir ini untuk kedepannya adalah pada alat yang telah dirancang bisa ditambahkan dengan device HMI yang modular, tidak harus selalu dengan laptop sebagai HMI nya. Dengan demikian kontrol indoor NFT hidroponik otomatis ini bisa lebih mudah untuk proses mobilisasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://majalahasri.com/macam-macam-teknik-hidroponik/>
- [2] <http://kaltim.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php>
- [3] <http://gizmodo.com/the-worlds-largest-led-hydroponic-farm-used>
- [4] <http://artikel-teknologi.com/prinsip-kerja-conductivity-meter/>
- [5] <https://akbarulhuda.wordpress.com/2010/04/01/mengenal-motor-servo/>
- [6] <http://griyahidroponikjogjakarta.blogspot.co.id/2015/11/yang-perlu-anda-tahu-tentang-hidroponik.html>
- [7] [https://en.wikipedia.org/wiki/PID\\_controller](https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller)
- [8] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [9] <http://www.arduino.web.id/2016/04/cara-menampilkan-suhu-dengan-arduino.html>
- [10] <http://www.instructables.com/id/How-to-use-the-L298-Motor-Driver-Module-Arduino-Tu/>
- [11] <http://www.hessmer.org/blog/2013/12/28/ibt-2-h-bridge-with-arduino/>
- [12] <http://petanitop.blogspot.co.id/2016/01/tutorial-lengkap-prinsip-pembuatan.html>
- [13] <https://ikkholis27.wordpress.com/2013/02/01/ziegler-nichols/>
- [14] Sutyoso, Yos. 2009. *Hidroponik Ala Yos*. Jakarta. Penebar Swadaya

## RIWAYAT PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Kurniawan Khaeruddin Nur. Lahir di Kebumen pada tanggal 10 Januari 1988. Penulis memulai pendidikan formal di SDN Salaman 04 pada tahun 1994 - 2000. Melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 1 Salaman hingga tahun 2003, dan melanjutkan pendidikan ke SMA N 1 Purworejo hingga tahun 2006. Lulus SMA penulis melanjutkan jenjang pendidikannya di Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta, Program Studi Mekatronika. Setelah lulus Diploma III Teknik Mekatronika Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta pada tahun 2009, penulis bekerja di perusahaan minyak dan gas asal Amerika yaitu PT. Halliburton. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan untuk meraih Strata-1 di jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember program Lintas Jalur, Bidang Studi Elektronika.

Email :

*[Kurniawan\\_kn@yahoo.com](mailto:Kurniawan_kn@yahoo.com)*